

**T.C
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEFENNİ (BURDUR) OVASI HİDROJEOLOJİSİ VE
HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN TIBBİ JEOLJİ
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Simge VAROL

Danışman: Doç. Dr. Ayşen DAVRAZ

**DOKTORA TEZİ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA-2011**

TEZ ONAYI

Simge VAROL tarafından hazırlanan “**Tefenni (Burdur) Ovası Hidrojeolojisi ve Hidrojeokimyasal Özelliklerinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Ayşen DAVRAZ (İmza)
Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri :
Prof. Dr. Fuzuli YAĞMURLU (İmza)
Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Prof. Dr. Muhittin GÖRMÜŞ (İmza)
Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Doç. Dr. Mesut ÇİMEN (İmza)
Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Doç. Dr. Celalettin ŞİMŞEK (İmza)
Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksek Okulu Sondaj Teknolojisi Prog.

Doç.Dr. Mehmet Cengiz KAYACAN

Enstitü Müdür V.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
FORMÜLLER DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	2
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	8
3.1. İnceleme alanının tanıtılması	8
3.2. Çalışma Yöntemleri	9
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	12
4.1. Stratigrafi.....	12
4.1.1. Otokton birimler.....	12
4.1.1.1. Çameli formasyonu (Plç)	12
4.1.1.2. Alüvyon (Qal)	16
4.1.1.3. Yamaç molozu ve birikinti konileri (Qym)	16
4.1.1.4. Eski akarsu taraça dolguları (Qt)	17
4.1.2. Allohton birimler.....	17
4.1.2.1. Elmalı formasyonu (Te)	17
4.1.2.2. Yavuz formasyonu (Tey)	18
4.1.2.3. Karaböğürtlen formasyonu (Kka)	19
4.1.2.4. Marmaris peridotiti (Kmo)	19
4.1.2.5. Kızılcadağ melanj ve olistostromu (Kkzm)	21
4.1.2.6. Orhaniye formasyonu (JKo)	22
4.1.2.7. Karanasıflar formasyonu (Kkn)	23
4.1.2.8. Kayalıserti birimi (JKks)	24
4.1.2.9. Söbüce Yayla formasyonu (Ksö)	25

4.1.2.10. Dutedere kireçtaşı (TrJd)	25
4.1.2.11. Mamatlar formasyonu (Tpm)	27
4.1.2.12. Varsakyayla formasyonu (Tev)	28
4.2.Yapısal jeoloji	29
4.2.1.Faylar	30
4.3. Ekonomik Jeoloji	31
4.4. Hidroloji	32
4.4.1. Yağış	33
4.4.2.Buharlaştırma.....	41
4.4.3. Akış	43
4.4.4. Su Bütçesi	47
4.5. Hidrojeoloji	49
4.5.1. Su Noktaları	49
4.5.1.1. Akarsular	49
4.5.1.2. Kaynaklar	54
4.5.1.3 Göller	59
4.5.1.4. Sondaj Kuyuları	61
4.5.2. Litolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri	67
4.5.2.1. Taneli ortam akiferi (Akf1).....	67
4.5.2.2. Erimele çatlaklı kaya ortam akiferi (Akf2).....	68
4.5.2.3. Akitard ortam-1 (Akt-1).....	70
4.5.2.4. Akitard ortam (Akt-2)	71
4.5.2.5. Akifüj ortam (Akj)	72
4.5.3. Akiferlerin hidrolik parametreleri	73
4.5.4. Yeraltısuyu dinamiği.....	74
4.6. Hidrojeokimya.....	80
4.6.1. Yeraltısularının kalitesini belirten iyon özellikleri	85
4.6.1.1. Sıcaklık.....	85
4.6.1.2. Elektriksel iletkenlik	90
4.6.1.3. Hidrojen iyonu konsantrasyonu	90
4.6.1.4. Sertlik	93
4.6.1.5. Sodyum adsorbsiyon oranı	96

4.6.1.6. Sodyum iyonu yüzdesi	99
4.6.2. Yeraltısularının kimyasal özellikleri	100
4.6.2.1. Kalsiyum (Ca^{+2})	100
4.6.2.2. Magnezyum (Mg^{+2}).....	101
4.6.2.3. Sodyum (Na^+).....	104
4.6.2.4. Potasyum (K^+).....	108
4.6.2.5. Karbonat (CO_3^{-2}) - Bikarbonat (HCO_3^-).....	111
4.6.2.6. Klorür (Cl^-).....	120
4.6.2.7. Sülfat (SO_4^-).....	123
4.6.2.8. Majör iyonlar arasındaki ilişkinin istatistiksel değerlendirmesi	124
4.6.3. Suların hidrojeokimyasal sınıflaması	130
4.6.3.1. Schoeller (1955)'e göre suların sınıflaması	130
4.6.3.2. Schoeller yarı logaritmik diyagram ile suların sınıflaması	131
4.6.3.3. Piper ve Chadha diyagramları ile suların sınıflaması	131
4.6.4. Suların kullanım özellikleri.....	139
4.6.4.1. Suların içilebilirlik özellikleri	139
4.6.4.2. Suların sulamada kullanım özellikleri.....	146
4.6.4.3. Suların endüstride kullanım özellikleri	153
4.6.5. Sıcak ve mineralli suların hidrojeokimyasal değerlendirmesi	158
4.6.6. Suların izotop jeokimyasal incelemesi.....	162
4.6.6.1. Hidrolojide kullanılan izotoplar	163
4.6.6.2. $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ ilişkisi	164
4.6.6.3. $\delta^{18}\text{O}$ - ^3H ilişkisi	168
4.6.6.4. $\delta^2\text{H}$ - ^3H ilişkisi.....	170
4.6.6.5. ^3H - Cl^- ilişkisi.....	172
4.6.7. Yeraltısularının dolaşım derinliğinin sıcaklık ile belirlenmesi	174
4.6.8. Yeraltısularında kirlilik araştırmaları	176
4.6.8.1. Azot ve türevleri (NH_3 , NO_2 ve NO_3).....	177
4.6.8.2. Pestisitler	179
4.6.8.3. Ağır Metaller	186
4.6.9. Yeraltısularında radyoaktivite	214
4.7. Tıbbi jeoloji	216

4.7.1. İnceleme alanındaki kaynakların tıbbi değerlendirmesi	217
4.7.1.1. Fiziksel ve kimyasal değerlendirmeler.....	217
4.7.1.2. Balneo-biyolojik değerlendirmeler	221
4.7.1.3. İncelenen kaynak sularının balneolojik tedavilerde kullanımı.....	223
4.7.1.4. İncelenen kaynak sularının tıbbi jeoloji açısından değerlendirilmesi	225
5.TARTIŞMA VE SONUÇ	227
6. KAYNAKLAR	234
EKLER.....	243
ÖZGEMIŐ	266

ÖZET

Doktora Tezi

TEFENNİ (BURDUR) OVASI HİDROJEOLOJİSİ ve HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN TIBBİ JEOLOJİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Simge VAROL

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman :Doç.Dr. Ayşen DAVRAZ

Bu çalışmada, yarı kapalı havza özelliğindeki Tefenni (Burdur) Ovası'nın jeoloji, hidroloji, hidrojeoloji ve hidrojeokimyasal incelemeleri yapılmış, inceleme alanı içerisinde yer alan farklı kimyasal özelliklere sahip su kaynaklarının tıbbi jeoloji açısından değerlendirilmiştir. İnceleme alanında allokton konumlu Yeşilbarak napı, Likya napları ile paraallokton ve Kuvaterner yaşlı birimleri de içeren neotokton kaya birimleri yüzeylemektedir. Bu birimlerden Kuvaterner alüvyon ve Dutedere kireçtaşı birimleri en önemli soğuk su akiferini oluşturmaktadır. Ayrıca, Dutedere kireçtaşı birimi, inceleme alanı içerisinde boşalan Pınarbaşı sıcak su kaynağı ile Barutlusu mineralli su kaynağının rezervuar kayacı özelliğini de taşımaktadır. İnceleme alanında yeraltısuyu akım yönünün ovanın kuzeyinde bulunan Burdur Gölü'ne doğru olduğu belirlenmiştir. Yeraltısuyu potansiyeli açısından sorun yaşanmayan ovada, emniyetli olarak kullanılacak yeraltısuyu miktarı 97.65×10^6 m³/yıl olarak belirlenmiştir.

Tefenni Ovası'nda hidrojeokimyasal değerlendirmeler için yeraltısuyunun kalite, köken ve kirlilik analizleri de yapılmıştır. Ovada yeraltısuyunun genel olarak Ca-Mg-HCO₃, Mg-Ca-HCO₃ ve Ca-HCO₃ hidrojeokimyasal fasiyeste olduğu belirlenmiştir. Yeraltısularının kökensel değerlendirmelerinin yapılabilmesi amacıyla izotop içerikleri belirlenmiştir. Bölgede soğuk ve sıcak yeraltısularının izotop değerleri meteorik kökenli suları temsil etmektedir. Trityum içerikleri soğuk su akiferinin genel olarak güncel yağışlardan etkilendiğini, sıcak ve mineralli su kaynaklarının ise derin dolaşımli sulardan da etkilendiğini göstermektedir. Yeraltısuyu akiferinin kirlilik araştırmalarının yapılması için de mikrobiyolojik, pestisit, azot türevleri ve ağır metal analizleri yapılmıştır. İnsan sağlığı açısından önemli bir kirliliğe rastlanmamıştır. Ayrıca, Pınarbaşı sıcak su kaynağı ve Barutlusu kaynağının balneolojik analiz sonuçları kaynak sularının koruma altına alınarak kullanılması durumunda belirli sağlık problemleri için tedavi amaçlı kullanılacağı göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Jeoloji, hidrojeoloji, Burdur-Tefenni, hidrojeokimya, tıbbi jeoloji

2011, 269 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

**HYROGEOCHEMICAL and HYDROGEOLOGICAL PROPERTIES of
TEFENNİ (BURDUR) PLAIN and EVALUATION for MEDICAL GEOLOGY**

Simge VAROL

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

Supervisor: Assoc.Prof.Dr. Ayşen DAVRAZ

In this study, it has been investigated as detailed geological, hydrological, hydrogeological and hydrochemical features of Tefenni Plain which has semi-closed basin properties and water sources which have different hydrochemical properties has been evaluated point of view medical geology. In the investigation area located in allochthonous Yeşilbarak nappe and Likya nappes and neo-autochthonous rock units which are also included Quaternary aged units. Quaternary alluvium and Dutdere limestone have formed as cold water aquifer. Furthermore, Dutdere limestone is reservoir rock of Pınarbaşı thermal water and Barutlusu mineral water resources. Groundwater map of the research area shows that direction of groundwater flow is towards Burdur Lake which is located in the north of the plain. There is no problem of groundwater potential in the investigation area. The safely usable groundwater potential is calculated as $96.57 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$.

In order to find out the hydrogeochemical features, groundwater quality and its origine, surface and groundwater samples taken from representative locations in the Tefenni plain were analysed. Groundwaters have determined the Ca-Mg-HCO₃, Mg-Ca-HCO₃ and Ca-HCO₃ facies in the plain. Groundwaters have evaluated heavy isotope content. Cold, thermal and mineral groundwaters are meteoric origin. Tritium content represented effect of current precipitations for cold aquifer and effect of deep circulation for thermal and mineral water sources. For pollution investigations of groundwater aquifer were made for the microbiological, pesticide, nutrients and heavy metal analyses. The significant pollution was not found for human health. According to balneological analyses results of Pınarbaşı thermal and Barutlusu mineral water, these resources can be used as therapeutic purposes for specific health problems if they will protect.

Key Words: Geology, hydrogeology, Burdur-Tefenni, hydrogeochemistry, medical geology

2011, 269 pages

TEŞEKKÜR

Öncelikle akademik hayatımın başından bu yana karşıma çıkan her sorunda doğru kararlar verip doğru tercihler yapmamı sağlayan, danışman hocam olması yanı sıra kendi özelimde sırdaşım, arkadaşım, ablam olarak gördüğüm ve ayrıca, her adımında kendisinin hassas ve dikkatli çalışma prensiplerinden etkilenerek, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Danışman Hocam Doç. Dr. Ayşen DAVRAZ'a teşekkürlerimi sunarım (Süleyman Demirel Üniversitesi).

Çalışmamın yürütülmesinde tez konusu olan arazim ile ilgili verilerin hazırlanmasında Devlet Su İşleri 18. Bölge Müdürlüğü imkanlarını bana sağlayan, Devlet Su İşleri 18. Bölge Müdürlüğü Yeraltısuları Şube Müdürü Dr. E. Birol ÖZGÜL'e çok teşekkür ederim.

Tez çalışmamın veri temininde, arazide gerçekleştirilen ölçüm ve örnekleme çalışmalarında bana daima yardımcı olan Devlet Su İşleri 18. Bölge Müdürlüğü Yeraltısuları Şubesi personeli Jeo. Müh. Hüdai MANGA'a ve Ahmet Ali ÇANKAYA'ya, laboratuvar analizlerinin yapımında emeği olan Devlet Su İşleri 18. Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şubesi Müdürü Bayram UYSAL'a ve Kimyager Emine BAĞCI'ya ve veri temininde yardımcı olan Yusuf YALÇIN'a önemli katkılarından dolayı çok teşekkür ederim.

1805-D-09 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na da ayrıca teşekkür etmek isterim.

Tez çalışmam sırasında haritalarımın hazırlanmasında vermiş olduğu destek ve yardımlarından dolayı arkadaşım Öğr. Gör. Erhan ŞENER'e teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatım boyunca beni destekleyen, karşılaştığım her zorluğu aşmamda bana sabırla yardımcı olan, tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan özellikle de manevi olarak beni destekleyen aileme, emeklerinden dolayı sevgi, saygı ve minnetlerimi sunarım.

Çalışma azmine her zaman hayran olduğum, kendisinin de çok başarılı bir akademisyen olması ve akademisyenliğin zorluklarını bilmesinin verdiği anlayışla tez çalışmamın her aşamasında yanımda olan ve manevi desteğini hiç eksik etmeyen sevgili hayat arkadaşım Ercan VAROL'a sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Son olarak bu tezi, çalışmam sırasında karşılaştığım sıkıntılı zamanlarda, güleryüzü ile tüm sıkıntılarımı dağıtmamı sağlayan, hayatımın anlamı olarak adlandırdığım canım oğlum Eren VAROL'a atfediyor ve hayatımda var olduğu için ona çok teşekkür ediyorum.

Simge VAROL
ISPARTA, 2011

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Çalışma alanının yerbulduru haritası	9
Şekil 4.1. İnceleme alanının tektono-stratigrafik sütun kesiti.....	13
Şekil 4.2. İnceleme alanında yer alan litolojik birimlerin tektono-stratigrafik şeması	14
Şekil 4.3. Elmacık köyü yakınlarında Çameli formasyonundan bir görünüm	15
Şekil 4.4. Tefenni Barutlusu kaynak çıkışı ve çevresinde gözlemlenen Kızılcadağ ofiyolitlerinden bir görünüm	22
Şekil 4.5. Kemer ilçesi Bozdağ sırtlarında Karanasıflar formasyonuna ait bir görünüm	24
Şekil 4.6. Mürseller köyü kuzeyinde yerleşmiş Dutdere kireçtaşlarına ait görünüm	26
Şekil 4.7. Fethiye Körfezi ile Burdur Gölü arasındaki bölgede Burdur fayını oluşturan segmentlerin konumları ve diğer fay sistemleri ile olan ilişkileri ...	32
Şekil 4.8. Tefenni yağış gözlem istasyonu için çift eklenik eğri analizi ve K değeri	35
Şekil 4.9. Burdur yağış gözlem istasyonu için çift eklenik eğri analizi ve K değeri	35
Şekil 4.10. Elmalı yağış gözlem istasyonu için çift eklenik eğri analizi ve K değeri	36
Şekil 4.11. Korkuteli yağış gözlem istasyonu için çift eklenik eğri analizi ve K değeri	36
Şekil 4.12. Acıpayam yağış gözlem istasyonu için çift eklenik eğri analizi ve K değeri	37
Şekil 4.13. Tefenni DMİ'e ait yağış verilerine göre hazırlanmış ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği	38
Şekil 4.14. Burdur DMİ'e ait yağış verilerine göre hazırlanmış ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği	38
Şekil 4.15. Elmalı DMİ'e ait yağış verilerine göre hazırlanmış ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği	39
Şekil 4.16. Korkuteli DMİ'e ait yağış verilerine göre hazırlanmış ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği	40
Şekil 4.17. Acıpayam DMİ'e ait yağış verilerine göre hazırlanmış ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği	40

Şekil 4.18. Tefenni ovası eş yağış haritası	42
Şekil 4.19. Tefenni DMİ'na ait yağış ve Etp'nin aylık değişim grafiği	45
Şekil 4.20. Drenaj ağı haritası	50
Şekil 4.21. Karamanlı Barajına ait bir görünüm (www.dsi.gov.tr)	51
Şekil 4.22. Belenli Göletine ait bir görünüm (www.dsi.gov.tr)	52
Şekil 4.23. Tefenni Göletine ait bir görünüm (www.dsi.gov.tr)	53
Şekil 4.24. Bademli Barajına ait bir görünüm (www.dsi.gov.tr)	54
Şekil 4.25. Barutlusu kaynağı ve çevresinin jeoloji haritası	56
Şekil 4.26. Barutlusu kaynağı ve çevresinin jeoloji enine kesiti.....	57
Şekil 4.27. Barutlu su kaynak çıkışından bir görünüm	57
Şekil 4.28. Pınarbaşı kaynağı ve çevresinin jeoloji haritası.....	58
Şekil 4.29. Pınarbaşı kaynağı ve çevresinin jeoloji enine kesiti	58
Şekil 4.30. Pınarbaşı sıcak su kaynağından bir görünüm.....	59
Şekil 4.31. Karataş Gölü uydu görüntüsü (google earth 2011).....	60
Şekil 4.32. Karataş Gölü, göl yüzeyinden izlenen sazlıklar ve gölde balıkçılık	61
Şekil 4.33. Tefenni ovası batısındaki (Karataş gölü kuzeyi – Mürseller köyü) sondaj kuyularına ait panel diyagram	68
Şekil 4.34. Tefenni ovası güneyindeki (Seydiler-Bayramlar köyleri) sondaj kuyularına ait panel diyagram	69
Şekil 4.35. Tefenni ovası doğusundaki (Kemer- Kozluca-Elmacık köyleri) sondaj kuyularına ait panel diyagram	70
Şekil 4.36. Mayıs-2010 Yeraltısuyu seviye haritası	78
Şekil 4.37. Ekim-2010 Yeraltısuyu seviye haritası.....	79
Şekil 4.38. Kurak dönem (Temmuz-2009) Sıcaklık (T) dağılım haritası	88
Şekil 4.39. Yağışlı dönem (Mayıs-2010) Sıcaklık (T) dağılım haritası.....	89
Şekil 4.40. Kurak dönem (Temmuz-2009) Elektriksel iletkenlik dağılım haritası	91
Şekil 4.41. Yağışlı dönem (Mayıs-2010)Elektriksel iletkenlik dağılım haritası.....	92
Şekil 4.42. Kurak dönem (Temmuz-2009)Hidrojen iyon konsantrasyonu dağılım haritası	94
Şekil 4.43. Yağışlı dönem (Mayıs-2010)Hidrojen iyon konsantrasyonu dağılım haritası	95
Şekil 4.44. Kurak dönem (Temmuz-2009) Sertlik dağılım haritası.....	97

Şekil 4.45. Yağışlı dönem (Mayıs-2010) Sertlik dağılım haritası	98
Şekil 4.46. Kurak dönem (Temmuz- 2009) Ca ⁺⁺ iyon dağılım haritası.....	102
Şekil 4.47. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) Ca ⁺⁺ iyon dağılım haritası	103
Şekil 4.48. Kurak dönem (Temmuz- 2009) Mg ⁺⁺ iyon dağılım haritası.....	106
Şekil 4.49. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) Mg ⁺⁺ iyon dağılım haritası	107
Şekil 4.50. Kurak dönem (Temmuz- 2009) Na ⁺ iyon dağılım haritası	109
Şekil 4.51. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) Na ⁺ iyon dağılım haritası.....	110
Şekil 4.52. Kurak dönem (Temmuz- 2009) K ⁺ iyon dağılım haritası	113
Şekil 4.53. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) K ⁺ iyon dağılım haritası.....	114
Şekil 4.54. Kurak dönem HCO ₃ +CO ₃ iyonları ve sertlik değerleri ilişkisi	115
Şekil 4.55. Yağışlı dönem HCO ₃ +CO ₃ iyonları ve sertlik değerleri ilişkisi	115
Şekil 4.56. Kurak dönem (Temmuz- 2009) CO ₃ iyon dağılım haritası	116
Şekil 4.57. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) CO ₃ iyon dağılım haritası	117
Şekil 4.58. Kurak dönem (Temmuz- 2009) HCO ₃ iyon dağılım haritası	118
Şekil 4.59. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) HCO ₃ iyon dağılım haritası	119
Şekil 4.60. Kurak dönem (Temmuz- 2009) Cl ⁻ iyon dağılım haritası	121
Şekil 4.61. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) Cl ⁻ iyon dağılım haritası.....	122
Şekil 4.62. Kurak dönem (Temmuz- 2009) SO ₄ ⁻ iyon dağılım haritası	125
Şekil 4.63. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) SO ₄ ⁻ iyon dağılım haritası	126
Şekil 4.64. Kurak dönem su örneklerinin Schoeller yarı logaritmik diyagramı ile sınıflaması	132
Şekil 4.65. Yağışlı dönem su örneklerinin Schoeller yarı logaritmik diyagramı ile sınıflaması	132
Şekil 4.66. Piper diyagramı (Temmuz-2009).....	134
Şekil 4.67. Piper diyagramı (Mayıs-2010).....	134
Şekil 4.68. Chadha diyagramı (Temmuz-2009).....	138
Şekil 4.69. Chadha diyagramı (Mayıs-2010)	139
Şekil 4.70. Schoeller içilebilirlik diyagramı (Temmuz- 2009).....	144
Şekil 4.71. Schoeller içilebilirlik diyagramı (Mayıs- 2010)	145
Şekil 4.72. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı (Temmuz- 2009)	148
Şekil 4.73. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı (Mayıs-2010).....	149
Şekil 4.74. Wilcox diyagramı (Temmuz- 2009)	150

Şekil 4.75. Wilcox diyagramı (Mayıs-2010).....	151
Şekil 4.76. Kalsiyum denge diyagramı (Temmuz- 2009).....	155
Şekil 4.77. Kalsiyum denge diyagramı (Mayıs-2010)	156
Şekil 4.78. Na- K- Mg diyagramı	162
Şekil 4.79. $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ grafiği (Temmuz- 2009)	165
Şekil 4.80. $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ grafiği (Mayıs-2010)	166
Şekil 4.81. ^3H - $\delta^{18}\text{O}$ grafiği (Temmuz- 2009).....	169
Şekil 4.82. ^3H - $\delta^{18}\text{O}$ grafiği (Mayıs-2010).....	170
Şekil 4.83. $\delta^2\text{H}$ - ^3H diyagramı (Temmuz-2009)	171
Şekil 4.84. $\delta^2\text{H}$ - ^3H diyagramı (Mayıs-2010).....	172
Şekil 4.85. ^3H - Cl ilişkisi (Temmuz-2009)	173
Şekil 4.86. ^3H - Cl ilişkisi (Mayıs-2010)	173
Şekil 4.87. Kurak dönem (Temmuz- 2009) amonyak (NH_3) dağılım haritası.....	180
Şekil 4.88. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) amonyak (NH_3) dağılım haritası.....	181
Şekil 4.89. Kurak dönem (Temmuz- 2009) nitrit (NO_2) dağılım haritası.....	182
Şekil 4.90. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) nitrit (NO_2) dağılım haritası.....	183
Şekil 4.91. Kurak dönem (Temmuz- 2009) nitrat (NO_3) dağılım haritası	184
Şekil 4.92. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) nitrat (NO_3) dağılım haritası	185
Şekil 4.93. Kurak dönem (Temmuz- 2009) Al konsantrasyonu dağılım haritası	189
Şekil 4.94. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) Al konsantrasyonu dağılım haritası	190
Şekil 4.95. Kurak dönem (Temmuz, 2009) Cu konsantrasyonu dağılım haritası	191
Şekil 4.96. Yağışlı dönem (Mayıs, 2010) Cu konsantrasyonu dağılım haritası.....	192
Şekil 4.97. Kurak dönem (Temmuz, 2009) Ba konsantrasyonu dağılım haritası	194
Şekil 4.98. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) Ba konsantrasyonu dağılım haritası	195
Şekil 4.99. Kurak dönem (Temmuz- 2009) B konsantrasyonu dağılım haritası.....	196
Şekil 4.100. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) B konsantrasyonu dağılım haritası	197
Şekil 4.101. Kurak dönem (Temmuz- 2009) Zn konsantrasyonu dağılım haritası ..	199
Şekil 4.102. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) Zn konsantrasyonu dağılım haritası	200
Şekil 4.103. Kurak dönem (Temmuz- 2009) Fe konsantrasyonu dağılım haritası .	202
Şekil 4.104. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) Fe konsantrasyonu dağılım haritası.....	203
Şekil 4.105. Kurak dönem (Temmuz- 2009) Cr konsantrasyonu dağılım haritası ..	204
Şekil 4.106. Yağışlı dönem (Mayıs-2010) Cr konsantrasyonu dağılım haritası.....	205

Şekil 4.107. Kurak dönem (Temmuz- 2009) Pb konsantrasyonu dağılım haritası ..	207
Şekil 4.108. Yağışlı dönem (Mayıs-2010) Pb konsantrasyonu dağılım haritası	208
Şekil 4.109. Kurak dönem (Temmuz- 2009) Mn konsantrasyonu dağılım haritası	209
Şekil 4.110. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) Mn konsantrasyonu dağılım haritası ...	210
Şekil 4.111. Kurak dönem (Temmuz- 2009) Ni konsantrasyonu dağılım haritası ..	212
Şekil 4.112. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) Ni konsantrasyonu dağılım haritası	213
Şekil 4.113. Barutlusu kaynağı ve çevresinden bir görünüm.....	222
Şekil 4.114. Pınarbaşı sıcak su kaynağının boşalım havuzu ve çevresi.....	223

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1. Tefenni Ovası ve çevresindeki DMI'lere ait yıllık ortalama yağış verileri	34
Çizelge 4.2. Tefenni Meteoroloji istasyonu için hazırlanan Thornthwaite yöntemi deneştirmeli su bilançosu	44
Çizelge 4.3. Akım rasat değerleri.....	46
Çizelge 4.4. Tefenni Ovası su bilançosu	48
Çizelge 4.5. Karamanlı Barajı'nın teknik özellikleri	51
Çizelge 4.6. Belenli Göleti teknik özellikleri.....	52
Çizelge 4.7. Tefenni Göleti teknik özellikleri	53
Çizelge 4.8. Bademli Barajı teknik özellikleri	54
Çizelge 4.9. Tefenni Ovası içerisinde DSİ 18. Bölge Müdürlüğü tarafından açılmış olan kuyuların teknik verileri.....	62
Çizelge 4.10. Akifer parametreleri.....	76
Çizelge 4.11. Tefenni Ovası'nda bulunan sondaj kuyularında mevsimlik yeraltısuyu statik seviye ölçümleri (2009-2010)	77
Çizelge 4.12. Kurak döneme ait majör iyon analiz sonuçları (Temmuz 2009)	82
Çizelge 4.13. Yağışlı döneme ait majör iyon analiz sonuçları (Mayıs 2010)	83
Çizelge 4.14. Çalışma alanındaki suların kurak ve yağışlı dönemde majör iyon dizilimi ve su tipleri	84
Çizelge 4.15. Kurak dönem yerinde ölçüm değerleri(Temmuz-2009)	86
Çizelge 4.16. Yağışlı dönem yerinde ölçüm değerleri(Mayıs-2010).....	87
Çizelge 4.17. Suların pH değerlerine göre sınıflandırılması.....	90
Çizelge 4.18. Fransız sertlik sınıflaması	93
Çizelge 4.19. Sulama sularının SAR değerine göre sınıflandırılması.....	96
Çizelge 4.20. Çalışma alanındaki örneklere ait Ca ⁺⁺ iyonu miktarları	100
Çizelge 4.21. Çalışma alanındaki örneklere ait Mg ⁺⁺ iyon miktarları	104
Çizelge 4.22. Çalışma alanındaki örneklere ait Na ⁺ iyon miktarları.....	105
Çizelge 4.23. Çalışma alanındaki örneklere ait K ⁺ iyon miktarları	108
Çizelge 4.24. Çalışma alanındaki örneklere ait HCO ₃ – CO ₃ iyon miktarları	112

Çizelge 4.25. Çalışma alanındaki örneklerle ait Cl ⁻ iyon miktarları	120
Çizelge 4.26. Çalışma alanındaki örneklerle ait SO ₄ ⁻ iyon miktarları	124
Çizelge 4.27. Yağışlı dönem su örneklerine ait major iyon içeriklerinin istatistiksel değerlendirilmesi	127
Çizelge 4.28. Kurak dönem su örneklerine ait iyon içeriklerinin major istatistiksel değerlendirilmesi	127
Çizelge 4.29. Kurak döneme ait su örneklerinin Pearson korelasyon analiz sonuçları	128
Çizelge 4.30. Yağışlı döneme ait su örneklerinin Pearson korelasyon analiz sonuçları	128
Çizelge 4.31. Pearson korelasyon analizinde değer aralıkları ve kavramsal ifadeleri	129
Çizelge 4.32. Schoeller (1955)'e göre su sınıflaması	131
Çizelge 4.33. İçme Suyu Standartı (TSE- 266, 2005; WHO, 2006)'a göre suların sınıflandırılması	140
Çizelge 4.34. İnceleme alanındaki sulara ait mikrobiyolojik analiz sonuçları (Mart 2010)	146
Çizelge 4.35. Suların tuzluluk ve sodyum miktarlarına göre sınıflaması	147
Çizelge 4.36. RSC (mek/l)' e göre sulama suyunun sınıflandırılması	152
Çizelge 4.37. İnceleme alanındaki yeraltı sularının RSC değerleri	153
Çizelge 4.38. Suların çürütme ve kireçlendirme özelliklerinin denge endeksine göre sınıflandırılması	154
Çizelge 4.39. Su örneklerinin pHs ve DI değerleri (Temmuz-2009)	154
Çizelge 4.40. Su örneklerinin pHs ve DI değerleri (Mayıs- 2010)	156
Çizelge 4.41. Suların köpürme özelliğine göre sınıflaması	157
Çizelge 4.42. İnceleme alanındaki suların köpürme özelliğinin belirlenmesinde kullanılan F değerleri (Temmuz- 2009)	157
Çizelge 4.43. Su içerisindeki SO ₄ (Sülfat) miktarına göre suların beton üzerine etki etme derecesi	158
Çizelge 4.44. Barutlusu ve Pınarbaşı kaynaklarına ait doygunluk indeksleri.....	159
Çizelge 4.45. Pınarbaşı kaynağı için çeşitli jeotermometre bağıntılarına göre hazne kaya sıcaklıkları.....	161
Çizelge 4.46. İnceleme alanındaki suların çevresel izotop analizleri	164

Çizelge 4.47. İnceleme alanındaki suların dolaşım derinlikleri.....	175
Çizelge 4.48. Azot bileşikleri analiz sonuçları (Temmuz 2009).....	177
Çizelge 4.49. Azot bileşikleri analiz sonuçları (Mayıs 2010).....	178
Çizelge 4.50. Mayıs 2010 pestisit kalıntı analizleri.	186
Çizelge 4.51. Kurak ve yağışlı dönemlerde ağır metal analizleri (mg/l).	186
Çizelge 4.52. Toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite analiz sonuçları	215
Çizelge 4.53. Barutlusu ve Pınarbaşı kaynaklarına ait Balneolojik analiz sonuçları	218
Çizelge 4.54. Alman Kaplıcalar Birliği'ne göre şifalı suların sınıflandırılması	219
Çizelge 4.55. Sınır değerini üzerindeki minerallere göre balneolojik olarak suların sınıflandırılması.....	219

FORMÜLLER DİZİNİ

Sayfa

4.1. Çift eklenik eğri analizinde K katsayısının hesaplanması	33
4.2. Anyon-Katyon denge formülü	81
4.3. Pearson korelasyon katsayısını hesaplama formülü	128
4.4. Artıksal sodyum karbonatı (RSC) hesaplama formülü	152
4.5. Denge indeksi (DI) hesaplama formülü	154
4.6. Suların köpürme özelliğinin belirlenmesinde kullanılan formül	157
4.7. Döteryum fazlası hesaplama formülü	167
4.8. Dolaşım derinliğini belirleme formülü	174

1. GİRİŞ

Su hayatın varlığı ve devamlılığı için vazgeçilemez bir unsur olduğu kadar toplumların ekonomik gelişme modelini etkileyen doğal ve sınırlı bir kaynaktır. Bu nedenle öncelikli olarak insanların ihtiyacı olan sağlıklı içme ve kullanma suyunun sürdürülebilirliği günümüzde en önemli konulardan birini oluşturmaktadır. Bilindiği gibi canlı yaşamının temel dayanağı olan ve yeryüzünün yaklaşık 3/4 ünü kaplayan su yerkürede, okyanuslar, akarsu ve göller, kar ve buzullar ile yeraltı suları gibi çok farklı ortam ve şekillerde bulunmaktadır. Çeşitli su kaynakları arasında yeraltı suları, dünya üzerindeki tatlı su kaynakları içerisinde % 30'luk bir paya sahiptir (UNESCO, 1978). Tatlı su kaynaklarının yaklaşık % 70'inin kutuplardaki buzullar ve karlar içerisinde bulunduğu göz önüne alınacak olursa, kullanıma hazır yeraltı sularının verimli şekilde yönetilmesinin önemi daha da artmaktadır.

Günümüzde hızlı nüfus artışı, şehirleşme ve sanayileşme ile bunlara ek olarak önüne geçemediğimiz küresel ısınma sebebiyle birçok ülkede içme-kullanma ve sanayi suyuna olan talep her geçen gün biraz daha artmaktadır. Suyun kısıtlı bir kaynak olması ülkelerin zenginliğinin de göstergesi haline gelmiştir. Türkiye de su zengini olmayan ülkeler arasındadır. Kişi başına düşen yıllık su miktarına göre ülkemiz günümüz koşullarında su sıkıntısı yaşayan bir ülke konumundadır. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı'nın verilerine göre, 2025 yılında ülke nüfusunun 80 milyon olacağına ve kişi başına düşen yıllık tatlı su miktarının % 37 oranında daha da azalacağına işaret edilmektedir. Türkiye'nin gelecek nesillere sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için kaynakların çok iyi korunup, akılcı kullanılması gerekmektedir. Gelecekteki kullanımlar için yeterli miktar ve kalitede suyun olup olmadığını belirlemek ve bu sırada karşılaşılabilecek havza problemlerini çözmek amacıyla hidrojeolojik havza etütlerinin yapılması büyük önem taşımaktadır.

Çalışma alanı olan Tefenni Ovası ile ilgili olarak DSİ 13. Bölge Müdürlüğü tarafından 1966 yılında hazırlanmış etüt raporu dışında kapsamlı bir hidrojeolojik çalışma bulunmamaktadır. Çalışma alanı yaygın olarak sulu tarım ve hayvancılığın yapıldığı bir bölge olmasına rağmen yeraltısuyu durumu, potansiyeli ve kalitesi ile

ovada bulunan soğuk ve sıcak su akiferlerinin hidrolojik ve hidrojeolojik özellikleri ile ilgili araştırmalar yapılmamıştır. Bu sebeple geniş alüvyon ovaya sahip olan araştırma alanı için ayrıntılı hidrojeoloji çalışmalarının yeniden değerlendirilmesi zorunlu olmuştur. Çalışmada ayrıca bölgede, böbrek taşı hastalıklarına iyi geldiği söylenen, Barutlu su olarak isimlendirilen mineralli su çıkışının ve Tefenni ilçesinin kuzeydoğusunda sıcak su boşalımının bulunması havzanın hidrojeokimyasal olarak da araştırılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bölgedeki mineralli ve sıcak sular insanlar tarafından şifai olarak kullanılmakta ancak, söz konusu kaynakların hidrojeolojik oluşum koşulları ve sağlık üzerine etkilerini ayrıntılı olarak inceleyen herhangi bir araştırma da yapılmamıştır. Günümüzde sağlık problemlerinin çözümü veya oluşumu ile ilgili olarak yapılan pek çok araştırmada jeoloji bilimi ile tıp biliminin ortak çalışmaları ile başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Söz konusu çalışma içerisinde araştırılması planlanan konulardan biri de yukarıda bahsedilen su kaynaklarının insan sağlığı üzerine etkilerinin gerçekleştirilebilirliğinin tartışılmasıdır. Bu nedenle, çalışma klasik hidrojeoloji araştırmalarının dışında tıbbi jeoloji açısından değerlendirmelerin de sunulacağı özgün bir araştırma olacaktır.

1.1. Çalışmanın amacı

Çalışmanın amacı; Tefenni (Burdur) Ovasının jeoloji, hidroloji, hidrojeoloji ve hidrojeokimyasal incelemelerinin yapılarak, inceleme alanı içerisinde yer alan farklı köken ve kimyasal özelliklere sahip su kaynaklarının tıbbi jeoloji açısından irdelenmesidir. Bu amaç doğrultusunda, Tefenni ovası beslenme havzası sınırı topoğrafik haritalar kullanılarak belirlenmiş ve bu alan içerisinde gerekli jeoloji, hidroloji ve hidrojeoloji araştırmaları yapılmıştır. Çalışma alanında yeraltısularının kullanılabilirliğinin araştırılması amacıyla, yeraltısuyu seviyesi, potansiyeli ve kalitesi belirlenmiş, buna ek olarak yeraltısuyu kirliliği konusu da irdelenmiştir. Ovada farklı özellikte kaynak sularının beslenme mekanizmalarının tespit edilebilmesi için izotop jeolojisi açısından da değerlendirilmeleri yapılmıştır. Ayrıca, çalışma alanında yer alan farklı fiziksel ve kimyasal karaktere sahip yeraltısularının sağlığa etkisine yönelik değerlendirmelere de yer verilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Çalışma alanı ve çevresinin jeolojisi ve hidrojeolojik özellikleri birçok araştırmacı tarafından incelenmiş olup, bunlardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Altınlı (1944), Bu çalışmada, Antalya- Burdur- Isparta civarındaki bölgenin fasiyes benzerlikleri nedeniyle stratigrafik birimlerin birbirinden ayrılmasındaki güçlükler belirtilerek kumtaşı, kireçtaşı, radyolarit, silisli şist ve kuvarsit topluluğuna filişimsi seri adı verilmiş ve yaşının Jura olduğu ileri sürülmüş; bu filişimsi seri üzerinde Senomaniyen yaşlı rudist ve acteonella'lı kireçtaşlarının yer aldığı belirtilmiştir.

Flugel (1954), Tefenni-Yeşilova-Korkuteli-Elmalı yöresinde 1/100 000 ölçekli bu çalışmada, Paleozoyik ile Kuvaterner arasında çökelen kaya birimleri ve yer yer bunlara katılan magmatik kayalar tek tek açıklanmış; bölge iki yapısal üniteye ayrılmış, tabandaki Korkuteli bölümünün otokton, tavandaki Tefenni bölümünün ise kuzeyden gelen kuvvetlerle otokton üzerine bindirmiş olduğu; her iki bölümün KD ekayları ile bölündüğü ve KD yönlü kıvrım eksenlerinin ana yapı çizgilerini oluşturduğu ifade edilmiştir.

Kuran (1958), Tefenni ovasında yapılacak araştırma sondajlarının yerini saptamak ve yeraltısuyunun durumunu belirleyebilmek amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada, bölgenin jeolojik yapısı, su ihtiyacı, yağış, sıcaklık, buharlaşma, nem miktarı, sulama yapılan arazilerdeki tarım türü, yüzeysel akışlar, kaynaklar, içme suyu temin edilen bölgeler, kuyu verileri yardımıyla Tefenni ovasının hidrojeolojisi ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Colin (1962), Teke Yarımadası'nın batısının jeolojisine yönelik bu çalışmada, Elmalı- Akdağ serisi olarak isimlendirilen Mesozoyik yaşlı karbonatlı kayaların, Üst Kretase- Tersiyer yaşlı Beydağları otoktonu üzerine KB'den itildiği belirtilmiş, bölgenin D kesiminin yeşil renkli çört, kuvarsit, kireçtaşı ve şist serisi ile Permokarbonifer-Mesozoyik yaşlı karbonatlardan oluştuğu ileri sürülmüştür.

Graciansky (1968), Yeşilova- Acıgöl çevresi ile bu bölgenin güneybatısında gerçekleştirilen bu çalışmada, bölgedeki üst üste gelmiş üç ana birimden; otokton birimlerin Üst Kretase- Lütésiyen yaşlı kireçtaşları ile başlayıp, bunların üzerine sırasıyla açısız uyumsuzlukla Akitanıyen yaşlı kireçtaşlarının ve Üst Burdigalıyen yaşlı filiş ve olistostromun yerleşmiş oldukları açıklanmıştır.

Işıganer (1972), Bu çalışmada, inceleme alanında ve Tefenni ilçesi civarındaki linyitlerin jeolojik durumu ve muhtemel kömür rezervi saptanmış; bölgedeki linyit damarlarının Üst Pliyosen yaşlı formasyonlar içerisinde yer aldıkları Alakova kesimi ve Bayır tepenin güneyinin jeolojik olarak kömür içeren sahalar oldukları belirtilmiştir.

Brunn vd. (1973), Bu çalışmada, Likya Naplarının iç kökenli oldukları ileri sürülmüş; Antalya ve Likya Naplarının köken olarak birbirine bağlanamayacağı belirtilmiş; Paleosen ve Eosen yaşlı kireçtaşlarının alttaki birimlerle uyumlu olduğu, bunların üzerine Burdigalıyen yaşlı kireçtaşlarının geldiği ve bu birimin giderek Üst Miyosen yaşlı kumtaşı, marn, çakıltası ardalanmasına geçtiği açıklanmıştır.

Erol (1974), Burdur havzasındaki plüviyal göllere ilişkin yapılan bu çalışmada, göl düzeyindeki oynamalar sonucu 950- 985 metreler arasında başlıca üç ana seki grubu belirlenmiştir. Burdur havzasındaki göl sekilerinin son plüviyale ilişkin olduğu, 935- 950 m arasında yer alanların “yüksek seki”, 930-935 m arasındakilerin “ikinci yüksek seki”, 875- 900 m arasındakilerin ise “alt seki” grupları oldukları belirtilmiştir. Çalışmada, yüksek iki seki seviyesinin Würm plüviyaline yani Pleyistosen’e, alçak seki grubunun ise post plüviyale veya Holosen’e ilişkin olduğu ileri sürülmüştür.

Kara (1976), Burdur ili Kemer nahiyesi civarındaki linyit damarlarının mostra verdiği kısımlarla ilgili yapmış olduğu çalışmada, bölgedeki kömür rezervi saptanmaya çalışılmış, kömürleşmenin Pliyosen formasyonunun P2 seviyesi içerisinde ve çok sayıdaki damarlardan oluştuklarını belirtmiştir.

Özgül (1976), Bu çalışmada, Menderes Masifi ile Beydağları otoktonu arasında bulunan Likya Napları, Bozkır Birliği içinde gösterilmiş, bunların üzerinde Aladağ Birliğine ait kliplerin varlığından söz edilmiştir.

Sarp (1976), Yeşilova- Salda Gölü civarındaki ofiyolitik kayaçların petrografi, petroloji ve jeokimyasının verildiği bu çalışmada, bölgede bulunan ofiyolitik kayaçların alttan üste doğru tektonitler, kümülatlar ve yer yer yastık lavlardan oluştuğu savunularak bunlar okyanus ortası malzemesi olarak kabul edilmiştir.

Atalay (1977), Burdur havzası ve çevresini kapsayan bu çalışmada, jeomorfoloji açısından havzanın evrimine ilişkin saptanmış beş devrenin “Neojen aşınma ve birikme, Üst Pliyosen tektonik hareketi, Üst Pliyosen-Alt Kuvaterner aşınma ve birikme, Alt Kuvaterner tektonik hareketi, sübsidans ve plüviyal- interplüviyal oldukları açıklanmıştır.

Poisson (1977), Aksu çayı ile Menderes Masifi arasında kalan ve Isparta’ya kadar uzanan bir kesimi içine alan bölgede yapılan bu çalışmada, formasyonlar Beydağları ve Susuzdağ, Likya Napları ve Antalya Napları olmak üzere üç bölüme ayrılmıştır.

Günay vd. (1979), Bu çalışmada, Antalya-Isparta-Burdur arasında yer alan otokton Beydağı ile allokton Antalya ve Elmalı birlikleri ayırt edilmiş; Elmalı naplarının Kretase-Tersiyer yaşlı karbonatlardan oluştuğunu belirtmişlerdir.

Şenel vd. (1986), Bu çalışmada, Teke Yarımadası’nın kuzeybatı iç kesimlerinde Beydağları otoktonu ile Likya Napları arasında yer alan Gömbe Akdağı’nda Beydağları otoktonu, arazon ve Akdağ Napı olmak üzere üç ana yapısal birliğin varlığından söz edilmiştir.

Karaman (1986), Bu çalışmada, bölgedeki en yaşlı birimlerin allokton konumlu İç Toros napının oluşturduğunu, daha sonra devam eden yatay sıkışma tektoniğine bağlı olarak melanjin genç birimler üzerine itildiğini ileri sürmüştür.

Yalçinkaya vd. (1986), Yapılan bu çalışmada, Teke Toroslarını oluşturan kaya birimlerinin ofiyolitik karmaşıkla birlikte batıdan doğuya doğru Beydağlarının üzerine bindirdiği, güneyde ise hakim olan sıkışma rejimine karşılık gelen çekme gerilimi sonucu günümüzde çökelinin sürmekte olduğu ve Burdur- Eğirdir- Beyşehir graben çanaklarının ortaya çıktığı belirtilmiştir.

Bölükbaşı (1987), Bu çalışmada, Batı Toroslarda görülen kaya stratigrafi birimleri dört büyük birlik altında toplanmıştır. En doğuda allokton Antalya birliği batıya doğru gidildikçe otokton Beydağları birliği, Allokton Elmalı birliği ve en batıda Menderes Metamorfitleri olarak ayırtlanmıştır. Teke Toroslarının KD bölümündeki nap dilimlerinin bir kısmının Menderes masifinin K-KB'sinde çökelmiş birimler olduğu, bunların ilksel ilişkilerinin Üst Kretase'de bozulmaya başladığı, bu devirden sonra da G-GD'ye doğru hareketlenerek, Alt Eosen sonunda Menderes Masifini üzerlediği; daha sonraki dönemlerde ise bu birimlerin, Menderes Masifi ile Beydağları arasındaki çökme havzasına ulaştığı, Langiyen'in hemen başında da buradaki Beydağları üzerine yerleşerek bugünkü konumlarını kazandıkları belirtilmiş ve Elmalı naplarının altında Beydağları birimlerinin yüzelediği tektonik pencerelerin varlığı savunulmuştur.

Karaman (1987), Yeşilova-Salda Gölü-Tefenni arasına yönelik bu çalışmada, bölgenin stratigrafisi yorumlanmış, Yeşilova ofiyolitik kayaçlarında levha dayk karmaşığının bulunmadığı belirtilerek, kesikli bir ofiyolitik diziden söz edilmiştir.

Döyen (1989), Yeşilova ofiyolitik kayaçları ve bu kayaçlar içerisindeki podiform tip kromit yataklarının incelendiği bu çalışmada, ofiyolitik kayaçların Tefenni (Burdur) batısındaki yayılımı, stratigrafisi, petrografisi ve yapısal özelliği araştırılmış; söz konusu kayaçların tektonik kesiminde yer alan kromit oluşumlarının jenetik ve dokusal özellikleri, kromit- yan kayaç ilişkileri, ofiyolitlerin alt bölümünün tektonik karakterli harzburjit, dunit ve dunitik kılıflı podiform kromit kütlelerinden oluştuğu; bazik dayklarla kesilen tektonitlerin üzerine, masif karakterli altere olmuş volkanitlerin geldiği belirtilmiş; Üst Kretase yaşlı Kızılcadağ melanji ile genç yamaç molozu ve alüvyondan söz edilmiştir.

Bilgin vd. (1990), Teke Toroslarının jeolojisi ile ilgili yapılmış bu çalışmada, Yeşilova- Acıgöl civarının jeolojik yapısı aydınlatılmış, ayrıca Beydağları otoktonu ile Menderes masifi arasında gelişen tektonik olaylara açıklık getirilmiştir.

Kurnaz (1992), Batı Toroslarda Yeşilova-Tefenni-Beyköy batısında Salda Gölü güneyinde yüzeyleyen ofiyolitlerin jeolojik- petrografik ve metallojenik incelemesine yönelik bu çalışmada, bölgedeki birimler otokton ve allokton olarak incelenmiş; kromit cevherleşmesinin dunitler içinde podiform tipte mercer, cep ve damarlar şeklinde yatakladığı, çoğunlukla saçınımlı, masif, bantlı ve karışık cevher yapılarının gelişmiş olduğu belirlenmiş; Yeşilova kromitlerinin metalurjiye uygun olduğu ve kroma olan talebin artması halinde ekonomik olabilecekleri saptanmıştır.

Kozan vd. (1993), Burdur ve Tefenni havzalarının jeomorfolojik ve tektonik yapılarından hareketle, oluşum ve evrimlerine yönelik yapılan bu çalışmada, oluşum süreçlerine göre farklı özelliklere sahip, Pliyosen ve Kuvaterner olmak üzere iki havza ayırtlanmış, genç tektonik olarak Burdur Kuvaterner havzasının gelişim ve gençleşmesinin güneydoğudan kuzeybatıya doğru olduğu ve bölgede yaşanan etkili depremlerden dolayı tektonizmanın günümüzde de sürdüğü ifade edilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

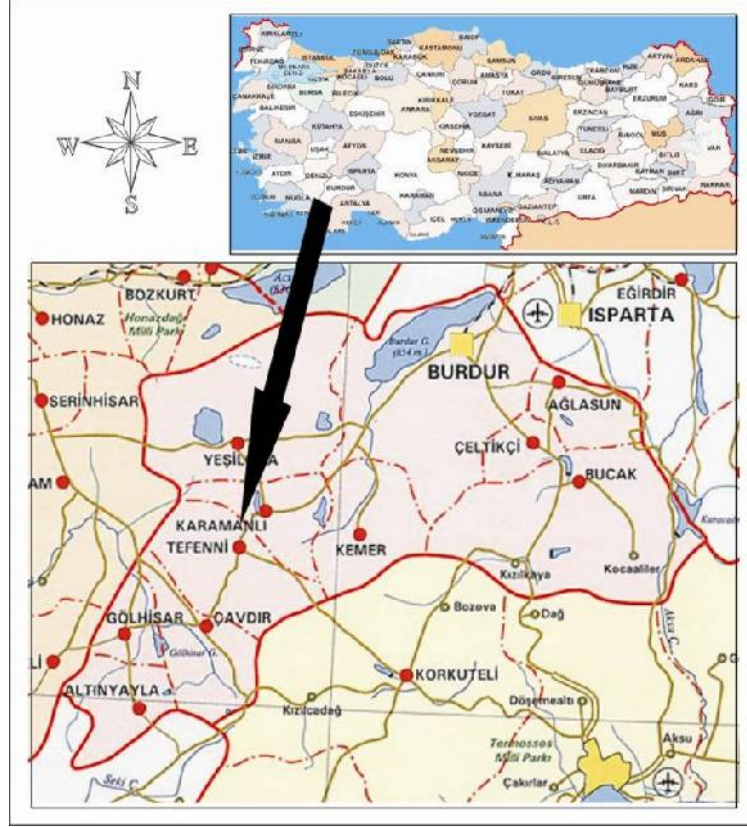
3.1. İnceleme alanının tanıtılması

İnceleme alanı Burdur ilinin güneybatısında yer almakta ve Burdur il sınırları içerisinde yer alan Tefenni, Karamanlı ve Kemer ilçelerini kapsamaktadır (Şekil 3.1.). İnceleme alanı Türkiye'nin önemli havzalarından Burdur Gölü Kapalı Havzası'nın güneybatısında uzanan yaklaşık 1527 km² alana sahip Tefenni Ovası'dır. Bölge içerisinde Tefenni, Karamanlı ve Kemer ilçe merkezlerinin yanısıra Tefenni'ye ait 12, Karamanlı'ya ait 8 ve Kemer ilçesine ait 7 adet köy bulunmaktadır.

İnceleme alanı içerisindeki başlıca yükseltiler ise Kestel dağı (2332 m), Bozdağ tepe (2269 m), Eşeler dağı (2268 m), Akkaya (2254 m), Rahat dağı (2149 m), İncebel tepe (2083 m), Yellik tepe (2078 m), Kırtası tepe (2040 m), Menekşeli tepe (1998 m), ve Bozdağ (Kağılcık Dağı 1850 m)'dir. Bölgede pek çok irili ufaklı dere ve çay bulunmakla beraber bunların büyük bir çoğunluğu yazın kurumakta, kışın ise yağışlara bağlı olarak akmaktadır. Bunların yanında Burdur gölünü besleyen sürekli akışa sahip Eren çayı (Bozçay) da inceleme alanından geçmektedir.

Havza ortasında yer alan denizden 1040 m yüksekliğindeki Karataş (Bahçeözü) Gölü, Karataş Tepesi ve Kağılcık Dağları önünde olup, DSİ Genel Müdürlüğü'nün kontrolünde sulamada kullanılmaktadır.

Çalışma alanı genelinde iklim, Akdeniz ve İç Anadolu Bölgeleri arasında bir geçit olduğundan her iki bölgenin iklimi etkisindedir. Bu nedenle, yazları sıcak ve kurak kış ayları ise soğuk ve yağışlı geçer. Ovanın batı ve doğu bölümü tamamen ormanlıktır. Bölgenin ekonomisi genel olarak tarım ve hayvancılığa dayanmaktadır. Tarıma elverişli arazisinin % 50'si sulak olup geriye kalanı kıraç ve verimsizdir. Bölgede çeşitli göletlerin sulamaya açılması ve yeraltısularının devreye girmesiyle sulu tarım yapılabilmektedir. Hayvancılık ise süt ürünlerinin değerlendirilmesiyle birlikte önem kazanmış ve yöre halkından hayvancılıkla uğraşan çiftçilerin sayısı artmıştır.



Şekil 3.1. Çalışma alanının yerbulduru haritası (ölçeksiz)

3.2. Çalışma yöntemleri

Tefenni Ovasının hidrojeoloji incelemesinin amaçlandığı bu çalışmada, ovadaki yeraltı suyu seviyesi, potansiyeli ve kalitesini belirlemeye yönelik araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar; Jeoloji, Hidroloji, Hidrojeoloji ve Hidrojeokimyasal araştırmalar başlıkları altında verilmiştir. Çalışma alanı 1/ 25 000 ölçekli Denizli M23-c3, Denizli N23-a2-a3, Denizli N23-b1-b2-b3-b4, Denizli N23-c1-c2, Denizli N23-d2, Isparta M24-c4, Isparta M24-d3-d4, Isparta N24-a1-a2-a3-a4, Isparta N24-b1, Isparta N24-d1 no'lu paftalarda yer almakta ve yaklaşık 1527 km² lik bir alanı kapsamaktadır. Bu çalışma kapsamında hazırlanan jeoloji ve hidrojeoloji haritaları 1/25 000 ölçekli ayrıntıda incelenmiş ve 1/100 000 ölçeğe küçültülerek sunulmuştur.

Jeoloji: Çalışma alanının jeolojisini incelemek amacıyla öncelikle beslenme havzası sınırı 1/25 000 ölçekli topoğrafik haritalar üzerinde belirlenmiş ve havza sınırı içerisinde kalan alanın jeoloji haritası 1/100 000 ölçekte önceki çalışmalar ve arazi

çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır. Bölgenin yeraltı jeolojisine açıklık getirmek amacıyla enine jeolojik kesit hazırlanmıştır.

Hidroloji: Çalışmanın bu bölümünde inceleme alanı olan Burdur'un Tefenni ilçesi ve çevresindeki Devlet Meteoroloji İstasyonlarından alınan uzun yıllara ait yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak yeraltısuyu bilançosu hesaplanmıştır. Havza için ortalama yağış değerinin hesaplanmasında Eş Yağış (İzohyet) Eğrileri Yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde yararlanılan Tefenni, Burdur, Elmalı, Korkuteli ve Acıpayam ilçelerine ait yağış verileri ile eklenik sapma grafikleri de hazırlanarak yıllara göre değişim incelenmiştir. Tefenni Ovasında potansiyel ve gerçek buharlaşma hesabı için Thornthwaite yöntemi kullanılmıştır. İnceleme alanında yüzeysel akış yoluyla beslenme ve boşalmalar ovanın özellikleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Farklı yöntemlere göre hesaplanan bilanço elemanları kullanılarak Tefenni ovası için emniyetli kullanılacak yeraltısuyu potansiyeli hesaplanmıştır.

Hidrojeoloji: Araştırmanın bu bölümünde litolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri, akiferlerin hidrolik parametreleri ve yeraltısuyu dinamiği konuları araştırılmıştır. İnceleme alanında bulunan jeolojik birimlerin su bulundurabilme ve geçirimsizlik özelliklerine göre hidrojeolojik sınıflaması yapılarak haritalanmış ve akifer birimler tanımlanmıştır. Akiferlerin hidrolik parametrelerinin tespit edilmesi için temsili lokasyonlarda seçilen kuyularda akifer türü ve pompaj deney verilerine göre Hidrolik iletkenlik (K), Transmisibilite (T) ve Depolama katsayısı (S) değerleri Aquifer Test 4.0 bilgisayar yazılım programından yararlanılarak Theis ve Jacob yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca, çalışma alanının yeraltısuyu seviyesinin konumu ve akım yönünün belirlenmesi amacıyla dört dönem (Mayıs-2009, Ekim-2009, Mayıs-2010, Ekim-2010) statik seviye ölçümleri yapılmış ve Mayıs-2010 ve Ekim-2010 dönemlerine ait yeraltısuyu seviye haritaları hazırlanmıştır. Haritalar yardımıyla yeraltısuyu akım yönü ve mevsime bağlı yeraltısuyu seviye değişim miktarları tespit edilerek yorumlanmıştır.

Hidrojeokimya: Bu bölümde, yeraltısularının kimyasal yapısı, izotopik bileşimi ve kalitesinin belirlenmesi amacıyla havza bazında farklı kuyu ve kaynaklardan alınan

su örneklerinin su kimyası analizleri; Acme laboratuvarları (Kanada), izotop analizleri; Waterloo laboratuvarları (Kanada), DSİ 18. Bölge Müd. ve TAKK Dairesi laboratuvarlarında; pestisit analizleri Isparta Tarım İl Kontrol laboratuvarlarında; bakteriyolojik analizler ise Burdur Halk Sağlığı laboratuvarında yaptırılmıştır. Ayrıca, suların kuyu başında sıcaklık, elektriksel iletkenlik (EC) ve hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH) değerleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar farklı grafik ve diyagramlar kullanılarak değerlendirilmiştir. Schoeller (1955), düşey ve yarı logaritmik Schoeller, Piper diyagramları ile Schoeller İçilebilirlik, ABD Tuzluluk ve Wilcox diyagramları değerlendirmelerde kullanılmıştır. Hidrojeokimyasal değerlendirmeler için kullanılan diyagramların hazırlanmasında Aquachem v.3.7 (Waterloo Hydro., 1999) yazılımı, bu verilere ait tematik haritaların hazırlanmasında ArcGIS 9.3 (Environmental Systems Research Institute) yazılımından yararlanılmıştır. Yapılan ölçümlerle elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesi ve grafiklerinin hazırlanmasında ise SPSS 15.0 (Statistical Package for the Social Sciences) yazılımı kullanılmıştır.

Tıbbi Jeoloji: Çalışmanın bu bölümde inceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların halk sağlığı açısından değerlendirilmesi amacıyla gerekli analizleri İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji laboratuvarında yaptırılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Stratigrafi

İnceleme alanı ve çevresinde birçok araştırmacı, MTA ve TPAO gibi çeşitli kurumlar uzun yıllar jeoloji amaçlı araştırmalar yapmışlardır. Bölgede allokton konumlu Yeşilbarak napı, Likya napları ile paraallokton ve Kuvaterner yaşlı birimleri de içeren neotokton kaya birimleri otokton konumlu olarak yüzeylenmektedir. Yeşilbarak napı, Gömbe ve Yavuz Birimi olmak üzere iki yapısal birimden oluşmakta ve Beydağları otoktonu ile Likya napları arasında uzun mesafeler boyunca devamlılık göstermektedir. İnceleme alanında Gömbe birimine ait Elmalı formasyonu ve Yavuz birimine ait Yavuz formasyonu bulunmaktadır. Yeşilbarak napı üzerinde tektonik örtü olarak Likya naplarına ait Marmaris ofiyoliti, Gülbahar ve Domuzdağ napları yerleşmiştir (Şekil 4.1.).

Marmaris ofiyolit napı, Marmaris peridotiti, Kızılcadağ melanjı ve Yeleme olistostromları ile karakterizedir. Gülbahar napı ise çalışma alanında Orhaniye ve Karanasıflar formasyonları ile temsil edilmektedir. Bir diğer oluşum olan Domuzdağ napı ise Dutdere kireçtaşı ve Söbüceyayla formasyonunu kapsamaktadır. Likya napları üzerinde ise paraallokton konumlu Mamatlar ve Varsakyayla formasyonları yer almaktadır. Bölgedeki Çameli formasyonu ile Kuvaterner yaşlı birimler ise neotokton örtü kayalarını oluşturmaktadır (Şekil 4.2.; EK-1).

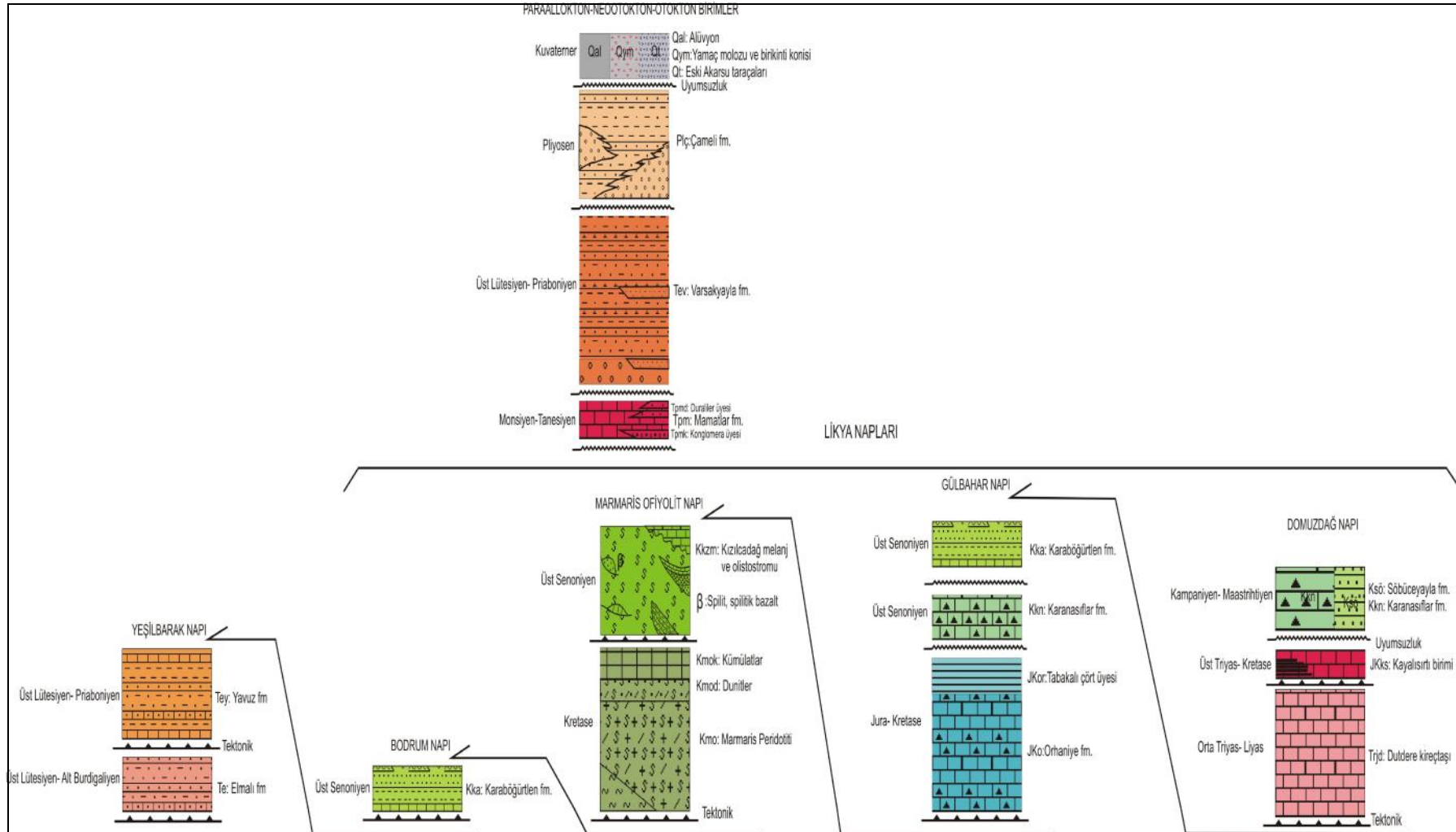
4.1.1. Otokton birimler

4.1.1.1. Çameli formasyonu (Plç)

Bölgedeki neotokton birimleri oluşturan ve görsel kireçtaşı, kumtaşı, marn, çakıltası vb. kaya türlerinden oluşan formasyon, Erakman vd. (1982), tarafından adlandırılarak Çameli formasyonu adını almıştır. Çameli formasyonu, genel olarak ova kenarlarında Kuvaterner birimleriyle birlikte görülmektedir (Şekil 4.3.).

Form Yaşı		Formasyon İsimleri	Açıklamalar
KUVATERNER	OTOKTON BİRİMLER	Qym Qal	Yamaç molozu (Qym) Alüvyon (Qal) (Uyumsuzluk)
PLİYOSEN		Plç	Çameli fm. (Plç) (Uyumsuzluk) Kiltaşı, kumtaşı, marn, killi kireçtaşıdır
KRETASE	LİKYA NAPLARI	Kmo Kmod	Marmaris Peridotiti (Kmo) Dunit (Kmod) (Tektonik) Dunit, Harzburjit, Gabro
		Tpm Tpmk Tpmk	Mamatlar fm. (Tpm) Duraliler üyesi (Tpmk) Konglomera üyesi (Tpmk) (Tektonik) Kireçtaşı, konglomera ve kumtaşı içermektedir
		TrJd Kkzm Ksö Krk Kkn Jko	Kızılcadağ ofiyolit ve melanjı (Kkzm) Dutdere Kireçtaşı (TrJd) Söbuce yayla fm. (Ksö) Karaböğürtlen fm. (Krk) Karanasiflar fm. (Kkn) Orhaniye fm. (Jko) (Tektonik) Ofiyolitten oluşan matriks içerisinde yer alan kireçtaşı, çört, diyabaz ve serpantin bloklarından oluşmaktadır Rekristalize kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı Orbitoides'li kireçtaşı kumtaşı, kiltası ve çörtlü kireçtaşı kireçtaşı ve çört elemanlı breş kalsitürbidit, çörtlü kireçtaşı
		Jko Tey	Yavuz fm. (Tey) (Tektonik) Eosen yaşlı filişlerden oluşmaktadır
		Te	Elmalı fm. (Te) (Tektonik) Kumtaşı, silttaşı, kiltası
		Tev	Varsakyayla fm. (Tev) Konglomera, kumtaşı, kireçtaşı
KRETASE TERSİYER	OTOKTON BİRİMLER	BEYDAĞLARI OTOKTONU	Beydağları Otoktonu

Şekil 4.1. İnceleme alanının tektono-stratigrafik sütun kesiti (ölçeksiz)



Şekil 4.2. İnceleme alanında yer alan litolojik birimlerin tektono-stratigrafik şeması (Şenel vd., 1989)



Şekil 4.3. Elmacık köyü yakınlarında Çameli formasyonundan bir görünüm

Birim, ince- orta- kalın tabakalı, beyaz, kirli sarı, açık gri renklerde çakıltaşı, kumtaşı, kıltaşı, killi kireçtaşı, marn, konglomera vb. kaya türlerinden oluşmaktadır (Şenel vd., 1989). Pleistosen konglomeralarının çimento malzemesini kumtaşları, çakıllarının ise, serpantin ve kireçtaşı parçaları oluşturmaktadır (Kara, 1976). Havzanın kenar kısımlarında çakıltaşı ve kaba kumtaşları, orta kısımda ise marnlar hakimdir (Kuran, 1958)

Çameli formasyonu, kendisinden yaşlı birimleri içeren Likya napları üzerinde aşıl uyumsuz olarak bulunurken üstte Kuvaterner oluşuklar tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Bilgin vd., 1990). Birimin yaşı içerisinde bulunan *Acer aft. Trilobatum A.B.*, *Acer angustilabum HEER* gibi fosillerden dolayı Pliyosen olarak kabul edilmiştir (Şenel vd., 1994).

4.1.1.2. Alüvyon (Qal)

Güncel akarsuların ve yamaç döküntülerinin oluşturduğu tutturulmamış tortullar bu çalışmada alüvyon olarak tanımlanmış ve haritalanmıştır. Kuvaterner örtü birimlerinden biri olan alüvyon inceleme alanı içerisinde geniş bir bölgeyi kapsamaktadır. Kuvaterner'e ait alüvyon güncel düşey hareketlerin kontrol ettiği Tefenni-Karamanlı ilçelerinin de yer aldığı ova içerisinde ve allokton konumlu birimlerin arasındaki çukurluk alanlarda, akarsuların yakın çevrelerinde ve Karataş Gölü çevresinde yer almaktadır.

Alüvyon olarak tanımlanan tortullar, egemen olarak sarımsı, kötü boylanmalı, zayıf pekleşmiş çakıl, kum ve çamurtaşlı düzeylerinden oluşmaktadır. Daha çok kanal dolgularını oluşturan çakıllı düzeylerdeki bileşenler köşeli, tane değimli ve çamur desteklidir. Blok boyutundaki taneler çakıllı ve çamurlu seviyeler içinde olağan olarak bulunmaktadır. Alüvyon genellikle gevşek yapıdaki birimlerin, taşınması ile göle yakın alanlarda geniş yayılımlı birikinti konisi olarak depolanan kırıntılı tortullardan meydana gelmiştir.

Likya naplarına ait ve genellikle melanj karakterindeki malzemenin aşındırılıp, taşınmasıyla malzemeler kaba taneli alüvyon ve birikinti konilerini oluşturmasına karşın, diğer otokton birimlerden türemiş gereçler ise nispeten ince kırıntılı alüvyonları oluşturmuştur. Alüvyon inceleme alanındaki verimli tarım topraklarını oluşturmaktadır (Şentürk, 2003).

4.1.1.3. Yamaç molozu ve birikinti konileri (Qym)

Kuvaterner yaşlı birim, genellikle kaba kırıntılılardan oluşmakta ve tabakalanma göstermemektedir. Yamaç molozu özellikle Kızılcadağ ofiyolitlerinin dokanakları boyunca ve çoğunlukla bu birime ait kayaların değişik boyutlu ve farklı derecelerde yuvarlaklaşmış çakılları ile yamaç eğiminin yüksek olduğu alanlar ile fay şevlerinin

eteklerinde birikmiş, genellikle ova kenarlarında gevşek, az yuvarlak, köşeli veya yuvarlak çakıl ile az oranda kum ve çamurtaşlarından oluşmaktadır. Büyük vadilerin ağız kesimlerinde yelpaze görünümlüdür. İnceleme alanında ova içerisinde hemen hemen bütün bölgelerde yamaç molozlarına rastlamak mümkündür.

4.1.1.4. Eski akarsu taraça dolguları (Qt)

Çalışma alanında otokton olarak yer alan birim Kuvaterner'e ait ve yuvarlak çakıllı, orta derecede tutturulmuş çakıltaşlarından oluşmaktadır. Birim, ova içerisinde daha çok Bahçeözü köyü güneyi ile Çanlıca tepe kuzey kesimlerinde ve Erikli köyü çevresinde gözlenmektedir.

4.1.2. Allohton birimler

4.1.2.1. Elmalı formasyonu (Te)

Önalın (1979) tarafından adlandırılan formasyon, Yeşilbarak napına ait Gömbe birimini temsil etmekte olup, kumtaşı ve şeyllerden oluşmaktadır. Birim çalışma alanında Burdur ili Kemer ilçesi ve çevresi ile bölgenin doğusunda güneyden kuzeye doğru geniş bir alanda gözlenmektedir (Kara, 1976).

Elmalı formasyonu Neojen havzasının temelinde türbiditik kumtaşı ve şeyllerden oluşmaktadır. Formasyonu oluşturan malzemeler ince - orta - kalın tabakalı, gri, yeşilimsi gri, sarımsı kahve, yer yer kalsitürbidit ve mikrit arakatlı kumtaşı, kıltaşı ve silttaşından oluşmuş ve tabakalar arasında seyrek çakıltaşı seviyeleri yer almaktadır. Aşırı deformasyon nedeniyle kireçtaşı ara seviyeleri, bloklu kil ve silttaşları yer yer yapraklanmış ve şeyl görünümlüdür. Tamamen türbiditik karakterde olan Elmalı formasyonu, kendi içinde kıvrımlı ve kırıklı bir yapı göstermektedir (Şenel vd., 1989).

İnceleme alanında taban ilişkisi gözlenmeyen Elmalı formasyonu Üst Kretase karbonatları üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır (Şenel vd., 1989). Üstte Yavuz birimi ve Marmaris ofiyolit napı tarafından tektonik olarak örtülür.

Elmalı formasyonunun yaşı kapsadığı çeşitli fosil formlarına göre Şenel vd. (1989) tarafından Üst Lütésiyen - Alt Burdigaliyen yaşlı olarak belirtilmiştir.

4.1.2.2. Yavuz formasyonu (Tey)

Yeşilbarak napının bir diğer elemanı olarak Yavuz birimine ait olan Yavuz formasyonu kireçtaşı ara seviyeli kumtaşı ve kıltaşlarından oluşmaktadır. Birim, Poisson (1977) tarafından Yavuz formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Çalışma alanının kuzeyindeki birkaç küçük mostradan başka özellikle ovanın güneyinde yaygın olarak görülen bir formasyondur. Bayramlar ve Işıklar köyünden başlayarak güneye doğru devam etmektedir. Bunun yanı sıra Kemer ilçesinin hemen altında da D-B yönünde geniş bir alanda yüzeylenmektedir.

Birim, ince – orta - kalın tabakalı, bej, krem, gri, kirli sarı, yeşil, yeşilimsi gri renkli, kumlu-killi kireçtaşı, kalsitürbidit ve mikritik kireçtaşı ara düzeyli kumtaşı, kıltaşı ve siltaşlarından oluşmaktadır (Şenel vd., 1989). Filişi oluşturan kireçtaşı seviyeleri filiş sedimantasyonu sırasında oluştuğu düşüncesini uyandırmaktadır. Filişin alt kısımlarında daha az sıkılıkta veya gevşek sayılan çakıltaşları baskındır. Bu çakıltaşları malzemesinin büyük bir çoğunluğu yumruk büyüklüğündeki serpantinleşmiş ultrabazik çakıllardan oluşmaktadır. Çakıltaşlarını yukarıya doğru kumtaşları ve marnlar izlemektedir (Kuran, 1958).

Yavuz formasyonunun alt ve üst ilişkisi tektoniktir. Yanal yönde olası Elmalı formasyonunun Üst Lütésiyen- Priaboniyen kayalarına ve paraallokton konumlu Varsakyayla formasyonuna geçmektedir.

Birim, *Nummulites millecaput* BOUBEE, *Nummulites fabianii* PREVER, *Chapmanina gassinensis* SILVESTRI, *Eoruppertia manga* LE CALVE, *Sphaerogypsina globus* REUSS, *Globigeropsis cf. Index* (FINLAI), *Globorotalia bulbrooki* BOLLI, *Discocyclina* sp., *Alveolina* sp., formlarına göre Üst Lütésiyen- Priaboniyen yaşlıdır (Şenel vd. 1989).

4.1.2.3. Karaböğürtlen formasyonu (Krka)

Bodrum napı içerisinde yer alan Karaböğürtlen formasyonu yer yer bloklı filiş karakterindedir. Bu birim, Philipson (1915) tarafından tanımlanmıştır. Karaböğürtlen formasyonu, ince – orta - kalın tabakalı gri, siyahımsı gri, yeşilimsi gri, siyah, yersel pembe gibi farklı renklerde konglomera, kumul-killi kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı, kalsitürbidit, breş vb. kayatürü ara düzeyli yada mercekli kumtaşı, kıltaşı ve siltaşlarından oluşmaktadır (Şenel vd. 1989). Birim, inceleme alanında Çaltepe köyü ve çevresinde oldukça küçük bir alanda mostra vermektedir.

Birim tabanında yer alan *Marginotruncana pseudolinnieana* PESSAGNO, *Marginotuncana cf. Coronata* BOLLI, *Hedbergella* sp., *Dicarinella* sp., *Orbitoides* sp., *Siderolites* sp. vb. formlarına göre Üst Senoniyen yaşlı kabul edilmiştir (Şenel vd. 1989).

4.1.2.4. Marmaris peridotiti (Kmo)

Marmaris ofiyolit napına ait bir birim olan Marmaris Peridotiti, genelde peridotit, serpantin ve serpantinleşmiş peridotitlerden oluşmaktadır. Birime daha önce Sarıkaya ve Seyrek (1976) ‘Tefenni - Yeşilova ofiyolitleri’, Sarp (1976) ‘Yeşilova ofiyolitleri’ adını vermiş, son olarak ise Çapan (1980) tarafından ‘Marmaris Peridotiti’ adı verilmiştir. Birim bu çalışmada da Marmaris peridotiti adı altında incelenmiştir.

Marmaris peridotiti inceleme alanı içerisinde oldukça geniş bir yayılıma sahip olup genel olarak ovanın batı kesimlerinde yüzeylenmektedir. Birim içerisinde serpantinleşme ileri düzeyde olup hakim kaya türü harzburjittir. Harzburjitlerle birlikte ardalanan ve

kamalanan dunitler de izlenmektedir. Harzburjitler taze yada çok hafif derecede serpantinleşmiş kesimlerde, zeytin yeşili renklidir. Serpantinleşmenin yoğun olduğu kesimlerde bile ışığı mükemmel yansıtan, yeşilimsi kahvemsî renkteki ortopiroksen kristalleriyle dunitlerden kolayca ayrılır. Dunitlere nazaran daha sarp ve kayalık bir topografya sunarlar. Dunitik seviyelere nazaran daha az kızılımsî kahve renkli tona sahiptir (Bilgin vd., 1990).

Dunitler (Kmod); İnceleme alanında izlenen birim içerisindeki bir diğer özellikte dunit-harzburjit ardalanması şeklindeki bileşimsel katmanlanmadır. Bölgede dunitler içerisindeki kromit katmanlarında kıvrımlanmalar gözlenmektedir (Kurnaz, 1992). Bu tür kıvrımlanmalar tektonitlerin mantoda çok yüksek sıcaklık ve basınçlarda plastik deformasyona uğradığını göstermektedir (Thayer, 1960). Dunitler, açık yeşilimsî, yeşilimsî gri ve kahve renklidir. Kırılma yüzeyleri zeytin yeşili renktedir. İnce taneli ve düzensiz kırılmalıdır. Sık kırıklı olup, talklaşma ve serpantinleşme gösterirler. Talklaşmanın yaygın olduğu yerlerde beyazımsî renk hakimdir (Şenel vd., 1989).

Kümülatlar (Kmok); Alt ilişkisi tektonik olan kümülatlar dunit, verlit, piroksenit, tabakalı gabro vb. kaya türü ardalanmasından oluşmaktadır (Şenel vd., 1989). Buradaki dunitler, harzburjitler içerisinde hemen hemen her seviyede iç yapıyla uyumlu katmanlar ve düzensiz merccekler şeklinde bulunmaktadır. İçlerinde dissemine nodüllü yada çizgisel yapılı kromit bantları içerirler. Bu kromit bantları daha sonra kalınlaşarak ekonomik kromit yataklarını meydana getirmektedir (Bilgin vd., 1990). Verlit ve piroksenitlerle geçişlidirler. Olivin ve klinopiroksenlerden oluşmuş verlitler, koyu yeşil, siyahımsî renkli olup, ilk bakışta harzburjitleri andırmaktadır. Piroksenitler tamamen klinopiroksenlerden meydana gelmiş olup, olivin yok denecek kadar azdır (Şenel vd., 1989). Marmaris peridotitinin alt ve üst ilişkisi tektonik olup, Thuizat vd. (1981)'e göre oluşum yaşı Apsiyen - Albiyen'dir.

4.1.2.5. Kızılıcadağ melanj ve olistostromu (Kkzm)

Ofiyolitli melanj ve olistostromla temsil edilen birim Poisson (1977) tarafından adlandırılmıştır. Yumuşak topoğrafya gösteren kesimleri serpantin ve volkanik bileşenlerden oluşmuştur (Döyen, 1992). Kızılıcadağ melanj ve olistostromu aynı zamanda Marmaris ofiyolit napının da bir parçasını oluşturmaktadır.

Birim çalışma alanı içerisinde ovanın kuzeyi ile batısındaki alanlarda yaygın olarak gözlenmektedir. Kızılıcadağ ofiyolitli melanjı, kırmızımsı, kahverengimsi, yeşilimsi, mavimsi ve bozumsu renkleri içeren tam anlamıyla alacalı görünümlüdür. Serpantin bir hamur içerisinde Permiyen yaşlı karbonat, Triyas, Jura, Kretase yaşlı karbonatlar, yaşı belirlenememiş olan radyolarit- çört, çörtlü kireçtaşı, neritik kireçtaşları ile bazalt, split, tuf, gabro, diyabaz vb. bloklar kapsar (Bilgin vd., 1990). Fazla tektonik hareketlere maruz kaldığı için mekanik deformasyona uğramış bazik ve ultrabazik yüzeylenmelerdir. Bunların büyük bir kısmı serpantinleşmiş olup, serpantin içinde yer yer kromit bulunmaktadır (Kuran, 1958).

İnceleme alanında Kızılıcadağ ofiyolitli melanjının alt dokanağı tektonik olup, Marmaris Peridotitinin üzerine bindirmiştir. Olası Marmaris peridotiti üzerinde kireçtaşı naplarının yerleşimine bağlı olarak gelişen Kızılıcadağ melanj ve olistostromu, üstte Gülbahar ve Domuzdağ napları tarafından tektonik olarak üzerlenir (Şenel vd., 1989; Bilgin vd., 1990; Şekil 4.4.).

Kızılıcadağ ofiyolitli melanjının yaşı Sarp (1976), Poisson (1977) tarafından Üst Senoniyen olarak belirtilmiştir. Birimin üzerinde Monsiyen- Tanesiyen yaşlı Mamatlar formosyonunun diskordan olarak bulunması, yaşının Üst Senoniyen olmasını doğrulamaktadır. Birim daha sonraki Eosen ve Alt Langiyen sürüklenimleri sırasında da deformasyona uğramıştır (Şenel vd., 1989; Bilgin vd., 1990).



Şekil 4.4. Tefenni Barutlusu kaynak çıkışı ve çevresinde gözlemlenen Kızılcadağ ofiyolitlerinden bir görünüm

Bazalt Üyesi (β); Karataş tepe güneyinde gözlenen bazaltlar koyu ve kızıl kahve renklerde, masif görünümlü olup, yer yer yastık yapısı gösterirler. Bazen tabanlarında gabrolar bulunur. Genelde porfirik dokulu, fenokristalleri idiomorf ve hipidiyomorf plajiyoklas (labrodor), piroksen (ojit) ve hipidiyomorf olivinlerden oluşur. Matriks, piroksen, olivin ve plajiyoklas mikrolitlerinden meydana gelmiştir. Birim yaygın olarak spilitleşmiştir.

4.1.2.6. Orhaniye formasyonu (JKo)

İlk olarak Meşhur vd. (1989) tarafından adlandırılan birim daha sonra Poisson (1977) tarafından adlandırılmıştır. Gülbahar napına ait olan birim radyolarit ve çört ara seviyeli çörtlü mikritlerden oluşmuştur. Bu formasyon, çalışma alanında ovanın güney ve güneydoğu bölümlerinde yüzeylenmektedir. Yeşilköy ile Rahat dağı çevresi, Kızıldelik tepe, Akkaya tepe ve Belenli köyü çevrelerinde mostra vermektedir.

Birimi, Yalçınkaya vd. (1986) altta grimsi siyah renkli, oolitik orta kalın katmanlı kireçtaşı, üstte doğru pelajik kireçtaşı, çört, radyolarit ve türbiditik kireçtaşı ardalanması şeklinde tanımlarlar. Orhaniye formasyonu, ince- orta- kalın tabakalı, gri, krem, kirli

sarı, yersel pembe renkli, çok sık kıvrımlı, yer yer bazik volkanit ve radyolarit-çört-şeyl ara düzeyli çörtlü mikritlerden oluşmaktadır. Birim değişik kalınlıklarda kalsitürbidit seviyeleri de içermektedir (Şentürk, 2003). Bademli kuzeyinde orta-kalın tabakalı, gri renkli dolomitik kireçtaşları Orhaniye formasyonu içerisine dahil edilmiştir (Şenel vd., 1989).

Orhaniye formasyonu üstte Karanasıflar formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülür. Formasyon, Kızılcadağ ofiyolitli melanji üzerine tektonik olarak gelmekte ve kendisi ile eş zamanlı diğer yapısal birimlerle tektonik olarak bir arada bulunmaktadır (Poisson, 1977; Yalçınkaya vd., 1986; Şenel vd., 1990).

Önceki çalışmalardan Poisson (1977)'a göre birimin yaşı Üst – Triyas - Daniyen?, Yalçınkaya vd. (1986)'a göre Triyas- Senomoniyen, ender fosilli olan formasyon içerisinde bulunan *Ophthalmidium martana* FARINACCI, *Haurania* sp., *Protopeneroplis striata* WEINESCHENK, *Pseudocyclamina* sp., *Trocholina* sp., *Valvulina* sp., *Hedbergella* sp., *Globotruncana stuarti* (DE LAPPARENT) vb. formlarına göre Şenel vd. (1989) tarafından Jura- Kretase yaşı verilmiştir Bu çalışmada da bu yaşlandırma kabul edilmiştir.

Tabakalı Çört Üyesi (JKor); Üye, kırmızı, pembe, kahve, yeşil, mavi, süt mavi renkli radyolarit ve çörtlerden meydana gelmiştir. Aralarında çok az kırmızı ve pembe renkli kireçtaşları içermektedir. Tabakalı çört üyesi içinde volkanik ara seviyeler yada kırmızı mikrit seviyeleri görülebilmektedir. Birim Orhaniye formasyonu içinde Üst Jura evresinde belirgin bir seviye oluşturmaktadır (Şenel vd., 1989).

4.1.2.7. Karanasıflar formasyonu (Kkn)

Kireçtaşı ve çört elemanlı breşlerden oluşan formasyon Gülbahar napına dahil olup, Şenel vd. (1989) tarafından adlandırılmıştır. Birim, çalışma alanının genelinde küçük mostralarda halinde yer alırken Bozdağ ve çevresinde geniş bir yayılıma sahiptir.

Formasyon, orta - kalın tabakalı, krem, bej, kirli sarı, sarımsı kahve renklerde, kireçtaşı görünümlü, kireçtaşı ve çört elemanlı, orta - kötü boylanmalı, yersel derecelenmeli breşlerden oluşmaktadır. Orhaniye formasyonu ve Dutedere kireçtaşı üzerinde uyumsuz olarak bulunmakta olup, üst ilişkisi tektoniktir.

Birimin yaşı Üst Senoniyen (Maastrichtiyen) olarak kabul edilmiştir (Şenel vd., 1989) (Şekil 4.5.).

4.1.2.8. Kayalısirtı birimi (JKks)

Domuzdağ napına ait olan birim, pelletik kireçtaşı, kırmızı mikrit, çörtlü mikrit, radyolarit vb. kaya türlerinden oluşmaktadır. Bu formasyon Şenel vd. (1989) tarafından ayırtlanmıştır.



Şekil 4.5. Kemer ilçesi Bozdağ sırtlarında Karanasıflar formasyonuna ait bir görünüm

Çalışma alanında en iyi Ece köyü çevresinde gözlemlenmektedir. Formasyon, orta-kalın tabakalı, bej, kirli sarı, açık kahve, kirli beyaz renkli, pelletik ve oolitik dokulu

kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bunlar üzerinde yer yer yumrulu, ince-orta tabakalı, kırmızı renkli, yersel ammonit yığışımı, bazen çörtlü mikritler ve bunlarla yanal yönde girik beyaz rekristalize kireçtaşı, köşeli çakıllı breşik kireçtaşları bulunmaktadır. Birim, stratigrafik özelliklerine göre Üst Triyas- Kretase yaşlı kabul edilmiştir (Şenel vd., 1989).

4.1.2.9. Söbüce Yayla formasyonu (Ksö)

Orbitoidli kumtaşlarından oluşan ve Domuzdağ napına ait olan formasyon, Poisson (1977) tarafından adlandırılmıştır. Birim, çalışma alanında sadece Belenli köyü doğusunda çok küçük bir alanda mostra vermektedir. Söbüce Yayla formasyonu, ince-orta- kalın tabakalı, açık kahve renkli, bol orbitoidesli yersel Loftusialı kumtaşlarından oluşmaktadır. Yer yer kumlu kireçtaşı seviyelerini de içermektedir. Dutedere kireçtaşı üzerinde açısız uyumsuz olarak bulunan Söbüce Yayla formasyonu, üstte Mamatlar formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülür.

Birimin yaşı *Orbitoides medius* (D'ARCHIAC), *Siderolites calcitropides* LAMARC, *Loftusia* sp. vb. fosillere bağlı olarak Maastrichtiyen'dir (Şenel vd., 1989).

4.1.2.10. Dutedere kireçtaşı (TrJd)

Domuzdağ napının bir alt elemanı olan birim çalışma alanında çeşitli renk ve fasiyelerde kireçtaşı, intraformasyonel breş ve çörtlüden oluşmakta ve Poisson (1977) tarafından 'Domuzdağı grubu' olarak adlandırılmıştır. Yersel megalodonlu rekristalize kireçtaşlarından oluşan formasyon daha sonra Ersoy (1989, 1990) tarafından 'Dutedere kireçtaşı' olarak adlandırılmıştır (Şenel vd., 1989, Bilgin vd., 1990). Birim, ovanın kuzey, güney ve batısında geniş alanları kaplamaktadır. Kuzeyde Bozdağ ve çevresi ile Mürseller köyü kuzeyi, Karamanlı batısı ve kuzeybatısı, Çaltepe kuzeyi, Tefenni güneybatısı, Harmankaya ve çevresi, Hasanpaşa köyü ve Yaylaköy kuzey kesimlerinde oldukça sık rastlanmaktadır.

Dutdere kireçtaşı orta - kalın tabakalı, yersel masif, aşınma yüzeyi gri, açık gri, beyaz renkli, yer yer megalodonlu yada algli rekristalize kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şenel vd., 1989). Karstik yapıya sahip ayrıca bol eklemli ve çatlaklı, erime yüzeyli, çatlaklardaki yeşil boyamalar birimin ayırt edici bir özelliğidir (Kuran, 1958). Birimin alt ilişkisi tektonik olup üstünde Söbüceyayla formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Şenel vd., 1989; Şekil 4.6.).

Çalışma alanında birime ait beyaz kristalize kireçtaşları içerisinde çeşitli araştırmacılar tarafından rastlanan *Involutina* sp., *Opholmidium* sp., *Endothyra* sp., *Duostominidae*, *Reophax* sp., *Endothyranella* sp., *Frondiculari* sp., *Trochammina* sp., *Spirillina* sp., Alg ve Gastropodlar ile bol miktarda bulunan *Megalodon* fosillerine bağlı olarak birimin yaşı Orta- Üst Triyas olarak belirlenmiştir (Şenel vd., 1989)



Şekil 4.6. Mürseller köyü kuzeyinde yerleşmiş Dutdere kireçtaşlarına ait görünüm.

4.1.2.11. Mamatlar formasyonu (Tpm)

Allokton birimler içerisinde paraalloktonlar olarak adlandırılan birimlerden olan Mamatlar formasyonu alttan üste doğru çakıltası, kıltaşı, kumtaşı ve yumrulu kireçtaşı üstte derin deniz ürünü ince çakıllı konglomera, kumtaşı, ağırlıklı olarak kıltaşı, marn ve killi kireçtaşından oluşmaktadır. Birime Poisson (1977) ‘Mamatlar formasyonu’ adını vermiştir.

Birimin tabanındaki polijenik çakıltası ‘*Çakıltası üyesi*’, kireçtaşı ile yanal yönde yer yer girik ve birimin daha üst seviyesini temsil eden kumtaşı ve kıltaşları ise ‘*Duraliler üyesi*’ olarak ayırtlanmıştır (Şenel vd., 1989). Birim çalışma alanı içerisinde fazla yayılıma sahip olmamakla birlikte Karataş Gölü kuzeydoğusunda Mürseller ve Bademli köyleri çevresindeki yüksek tepelerde Dedeçal Tepe (1286 m), Üçhüyük Tepe (1135 m) görülmektedir (Şenel vd., 1989).

Mamatlar formasyonu, tabanda orta dereceli, orta boylanmalı sıkı tutturulmuş, tabakalı, gabro, diyabaz, radyolarit, çört ve değişik yaş ve renkte kireçtaşı çakıllarından oluşan polijenik çakıltaşlarından ibarettir. Üste doğru, kil miktarı fazla sarımsı renkli, yumrulu kireçtaşı ve kıltaşı araldanmasına geçer (Bilgin vd., 1990). Birimin en üst seviyelerini masif görünümlü orta- kalın tabakalı, gri, açık gri, krem, bej, kirli sarı renkli, bol alg ve miliolidli kireçtaşları oluşturmuştur (Şenel vd.,1989). Transgressif özellikte olan Mamatlar formasyonu, Likya napları üzerine açısız uyumsuz olarak bulunmaktadır. Üstte Varsakyayla formasyonu tarafından açısız uyumsuz olarak örtülmektedir.

Birimin yaşı çeşitli araştırmacılara göre, paleontoloji çalışmalarına dayanarak Monsiyen-Tanesiyen’dir (Şenel vd.,1989).

Duraliler Üyesi (Tpm); Mamatlar formasyonunun üst seviyelerini oluşturan ve gerek kapsadığı pelajik formlar, gerekse türbiditik karakterde olması, birimin derin deniz koşullarında çökeldiğini göstermektedir (Şenel vd.,1989). Üye ince- orta- kalın tabakalı,

gri, yeşil, yeşilimsi gri, kirli sarı, açık kahve renklerde kumtaşı ve kilttaşlarından oluşmaktadır. Birim içerisinde çakıltaşı ve kireçtaşı seviyeleri bulunmaktadır. Bunlar yanal yönde kireçtaşı ile giriktir (Bilgin vd.,1990).

Çakıltaşı Üyesi (Tpmk); Üye, masif ve kalın tabakalı, kızıl, kızıl kahve, gri renklerde, yuvarlak çakıllı polijenik konglomeralardan oluşmaktadır. Birim, inceleme alanında küçük mostralara şeklinde Harmankaya köyü, Bademli- Mürseller köyleri çevresinde gözlemlenmektedir.

4.1.2.12. Varsakyayla formasyonu (Tev)

Paraallokton birimlerden bir diğeri olan Varsakyayla formasyonu, yersel kireçtaşı ara seviyeli kırıntılı kayalardan oluşmaktadır. Birim ilk kez Poisson (1977) tarafından adlandırılmıştır.

Varsakyayla formasyonu, inceleme alanının kuzeyindeki birkaç küçük mostradan başka Tefenni doğusunda Ardıçlı tepe (1198 m), Yarımca tepe (1218 m)'de, Belenli köyü batısında Oyuk Tepe (1313 m), Çarşak tepe (1450 m), Asar tepe (1482 m) yakınlarında gözlemlenir (Şenel vd., 1989). Birim, altta yuvarlak, yarı yuvarlak, yersel köşeli bloklu ve çakıllı, orta-kötü boylanmalı, polijenik çakıltaşlarıyla başlar. Üste doğru ince- orta-kalın tabakalı kumtaşı, çakıltaşı, kumlu kireçtaşı, marn, kiltası, yumrulu kireçtaşı seviyeleri ve yer yer bunların ardalanmasından oluşmaktadır (Bilgin vd., 1990; Şenel vd., 1989). Formasyonun diğeri birimlerle olan dokanak ilişkisi ise üstündeki birimlerle tektonik olup Likya napları ve Mamatlar formasyonu üzerinde açısal uyumsuzdur (Şenel vd.,1989).

Varsakyayla formasyonu, fosil kapsamı açısından oldukça zengindir. *Nummulites beaumonti* d'Archiac ve *Haime*, *Nummulites aturicus* Joly ve Leymerie, *Nummulites millecaput* Boube'e, *Fabiania cassis* (Oppenheim) vb. formlara göre birimin yaşı Üst Lütesiyen- Priaboniyen'dir (Bilgin vd., 1990, Şenel vd., 1989).

4.2. Yapısal jeoloji

İnceleme alanında, Miyosen öncesi bölgeye yerleşmiş allokton birimler (naplar) ve bu birimler üzerinde diskordans olarak bulunan Pliyosen yaşlı karasal çökeller olmak üzere iki ayrı tektonik birliğe ait birimler yüzeylemektedir. Naplar, çalışma alanında kuzeyden güneye doğru itilmişlerdir. Allokton konumlu Likya napları ve Yeşilbarak napını oluşturan kaya birimlerinin yüzeyletiği bölgede Üst Senoniyen’de bir araya gelmiş olan Marmaris ofiyolit napı, Gülbahar ve Domuzdağ napı, Üst Senoniyen sonlarında yaklaşık K-G doğrultulu sıkışma rejimine bağlı olarak gelişen Bodrum napına ait birimler üzerine yerleşmişlerdir. Ofiyolit napları kendi aralarında dilimlenmiş olup, birbirleri üzerine ekatlanmışlardır. Çeşitli denizel ortamlarda oluşan değişik fasiyesler sunan kireçtaşı napları ise çalışma alanına yerleşmeden önce ofiyolitler üzerine bindirmeye başlamış ve bu bindirme esnasında ofiyolitlerle kireçtaşı napları arasında Kızılcadağ ofiyolitli melanji oluşmuştur (Bilgin vd.,1990).

Eosen sonlarında benzer sıkışma rejimine bağlı olarak bu birimler altlarına Bodrum napını da alarak güneye doğru sürüklenmişlerdir. Alt Miyosen’de bölgede K-G doğrultulu sıkışma rejimi tekrar gelişmiş, daha önce Menderes masifi güneyine ve güneydoğusuna yerleşmiş olan Likya napları, Menderes masifi ile Beydağları otoktonu arasında yer alan Yeşilbarak napını da altlarına alarak Alt Langiyen’de kuzeyden güneye doğru Beydağları otoktonu üzerine yerleşmişlerdir.

İnceleme alanında karasal ve gölssel fasiyeslerde oluşan Pliyosen yaşlı Çameli formasyonu kendinden önceki birimler üzerine diskordan olarak oturmaktadır (Bilgin vd.,1990). Pliyosen sonu ve sonrasında bölgede büyük çapta normal faylanmalar gelişmiş ve en son olarak inceleme alanındaki tüm birimleri Kuvaterner yaşlı birimler örtmüştür (Şenel vd.,1989).

4.2.1. Faylar

Batı Anadolu ve onun devamını oluşturan Ege Denizi, günümüzde başlıca K-G ve GB-KD yönlü genişleme tektoniğinin etkisi altında bulunmaktadır. Bu genişleme rejiminin kontrolünde gelişen D-B, KD ve KB gidişli faylar (Koçyiğit, 1984; Koçyiğit vd., 2000) günümüzde Batı Anadolu'da deprensellik açısından en aktif fay sistemini meydana getirmektedir (Yağmurlu ve Şentürk, 2005). Çalışma alanı GB Anadolu'nun en önemli aktif faylarını içeren Burdur- Fethiye fay zonu içerisinde yer almaktadır. Bu fay zonu, Fethiye Körfezi ile Burdur Gölü arasında yaklaşık 300 km uzanımlı ve sol oblik atım bileşenine sahip çok sayıda normal faylardan oluşmaktadır. KD-GB yönünde kesikli (an achelon=aralı aşmalı) bir uzanım gösteren Fethiye-Burdur fay zonu, KB gidişli faylar tarafından kesilerek farklı uzunlukta segmentlere ayrılmaktadır. Burdur Gölünün güney bölümünde yer alan Burdur ve Tefenni segmentleri 60-70 km'ye ulaşan uzunlukları ile yörenin en aktif kırık hatlarını meydana getirmektedir (Bozcu vd., 2007).

Fethiye ile Burdur Gölü arasındaki fay sistemlerini KD-GB, KB-GD ve K-G uzanımlı olmak üzere başlıca 3 grup içerisinde toplamak mümkündür. Özellikle Burdur Gölü'nü kuzeyden ve güneyden sınırlayan KD gidişli faylar sol oblik atımlı normal fay karakterine sahiptirler. Bu faylar çoğu yerde Kuvaterner oluşuklarını keserek, bunlara yüksek eğimler kazandırmışlar ve alüvyonlar içerisinde gözlenebilen basamaklı yapılar oluşturmuşlardır (Bozcu vd.,2007).

KB uzanımlı faylar ise büyük bölümüyle normal fay karakterinde olup; KD gidişli fayları değişik mevkilerde keserek bu faylar üzerinde farklı segmentlerin oluşumuna sebep olmuşlardır. Fethiye-Burdur arasındaki bölgede, Fethiye-Burdur fay zonu üzerinde KB-gidişli faylarla sınırlanmış olan başlıca dört ayrı segmentin varlığı Yağmurlu vd., (2005) tarafından saptanmıştır. Bunlar güneybatıdan kuzeydoğuya doğru; (1) Fethiye segmenti, (2) Gölhisar segmenti, (3) Tefenni segmenti ve (4) Burdur segmentinden oluşur (Şekil 4.7.).

İnceleme alanındaki birimler Alpin orojenezinin her safhasından etkilenmişlerdir. Bu nedenle, bölgede çeşitli birimlerde farklı boyutta düşey ve doğrultu atımlı faylar görülmektedir. Ofiyolitler bölgeye Eosen sonrası tektonik hareketlerle taşınmıştır.

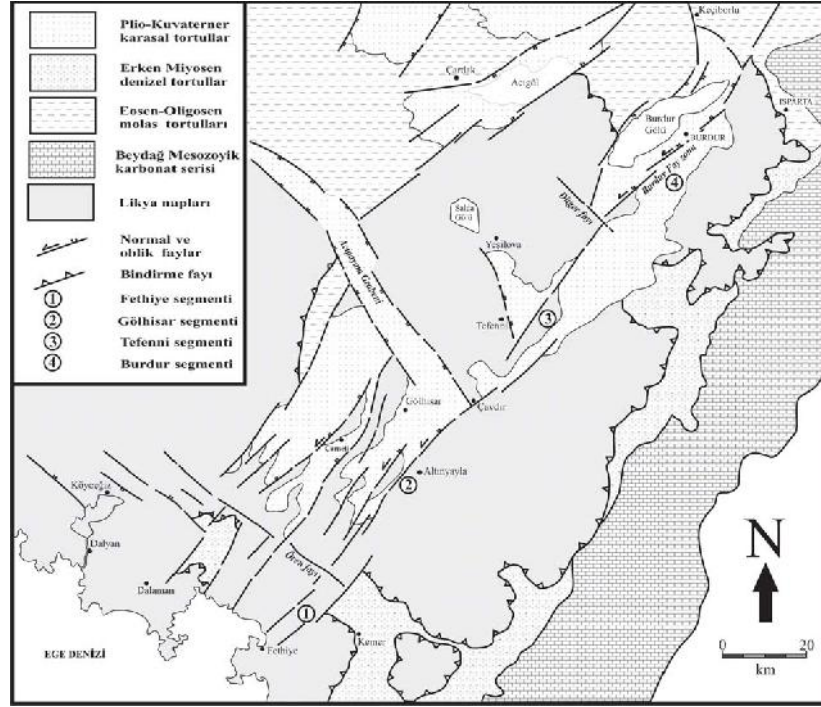
Bugünkü yerlerini aldıktan sonra bölgede gelişen D- B yönlü gerilme kuvvetlerinin etkisiyle kuzey- güney doğrultulu normal faylar gelişmiştir (Kurnaz, 1992). Tefenni ova sınırları içerisinde Kemer ilçesi kuzeydoğusunda Miyosen yaşlı denizel birimler ile Pliyosen göl çökelleri dokanağında yer alan bir diğer fay ise, gözlenebildiği kadarıyla sol yönlü doğrultu atımlı bir faydır. Fay morfolojik anlamda herhangi bir diklik oluşturmamaktadır (Kozan vd., 1993).

4.3. Ekonomik Jeoloji

İnceleme alanı içerisinde yer alan Tefenni ilçesi Türkiye'nin önemli ekonomik maden sahalarını kapsayan bölgelerden birisidir. Özellikle, yörede krom, bakır ve mangan gibi metalik maden yataklarının işletilmesi önemli madencilik faaliyetlerindedir.

İnceleme alanında işletilebilen önemli maden yataklarından olan kromit yataklanmaları, podiform tipi yataklanmalar olup bunlar içerisinde masiften saçılmışı kadar değişen cevher tiplerini görmek mümkündür. Bu cevher tiplerinin tamamını her zuhurda görmek oldukça zordur. Bölgede Marmaris ofiyolit napına ait kayaçların alt bölümü, tektonik karakterli harzburjit, dunit ve dunitik kılıflı podiform kromit kütlelerinden oluşmaktadır.

Bölgedeki kromit yataklarının küçük mercekler veya düzensiz şekillerde olması, ayrıca yer yer kromit nodüllerinin görülmesi bunların podiform tip kromit yatakları olduklarına işaret etmektedir (Döyen, 1989).



Şekil 4.7. Fethiye Körfezi ile Burdur Gölü arasındaki bölgede Burdur fayını oluşturan segmentlerin konumları ve diğer fay sistemleri ile olan ilişkileri (Bozcu vd., 2007).

İnceleme alanında ayrıca kromit kadar yaygın olmasa da linyit, mangan ve manyezit gibi metalik olmayan yataklarda da madencilik çalışmaları yapılmaktadır (Döyen, 1992). Özellikle Likya naplarına ait Gülbahar grubu birimlerde mangan oluşumları dikkati çekmektedir (Uysal, 1997).

Ayrıca, bölgede geniş yayılımlar sunan Dutdere kireçtaşlarının bej renkli ve masif bölümleri ise Burdur bej tipi mermerler olarak mermer ocaklarında işletilmektedir. İnceleme alanında Kuvaterner yaşlı oluşumlarla birlikte oldukça yaygın gözlemlenen Pliyosen çökeller ise yapı malzemesinde agrega olarak kullanılabilir niteliktedir (Uysal, 1997).

4.3.Hidroloji

Yeraltısularının sürdürülebilir kullanımı ve planlama çalışmalarında su rezervinin tespiti büyük önem taşımaktadır. Bu bölümde inceleme alanı içerisinde ve çevresinde bulunan

Devlet Meteoroloji İstasyonlarında (Tefenni, Burdur, Elmalı, Korkuteli, Acıpayam) 1975-2009 yılları arasında ölçülen yağış ve sıcaklık verileri değerlendirilerek hidrolojik bütçe elemanları hesaplanmıştır.

4.4.1. Yağış

Bölgeye düşen ortalama yağışın hesaplanmasında inceleme alanı ve çevresinde bulunan DMİ Genel Müdürlüğüne ait istasyonlardan elde edilen 1975-2009 yılları arasındaki yağış verileri kullanılmıştır. Kullanılan hidrolojik verilerin analizlerinde aynı gözlem sürelerine sahip olmalarına dikkat edilmiştir (Çizelge 4.1.). Bu istasyonlardaki yağış verilerinde bazı aylarda görülen rasat eksiklikleri, verisi eksik istasyonun yakınındaki üç istasyonda ölçülen yağış miktarları yardımıyla tamamlanmıştır.

Yağış gözlem istasyonlarının ölçüm yapıldıkları dönem içerisinde ölçüm istasyonunun yerinde, konumunda yada ölçme metodunda bir değişim yapıp yapılmadığını kontrol etmek ve yapılmışsa eski kayıtları sonrakilerle homojen hale getirmek amacı ile çalışma alanı ve çevresindeki yağış istasyonlarına ait veriler üzerinde '*Çift Eklenik Eğri Analizi*' (Bayazıt vd., 2001) yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemde yatay eksene o bölgedeki bütün ölçüm istasyonlarının yıllık yağışlarının ortalaması, dikey eksene de ölçüm sonuçlarının homojenliğinden şüphe edilen ölçüm istasyonundaki yıllık yağışlar, zaman içerisinde geriye gidilerek, her bir yılın yağışı öncekilerin toplamına eklenerek taşınmıştır. Bu şekilde işaretlenen noktalardan geçecek şekilde en uygun doğru çizilmiş ve bu doğrunun eğimindeki kırıklık sayesinde, ölçüm istasyonunun yerinin veya konumunun değiştirildiği yıl tespit edilmiştir. Verisi hatalı olduğu düşünülen ölçüm istasyonundaki homojenliğin bozulduğu yıldan önceki okumaları diğerleriyle homojen hale getirmek için aşağıda verilen eşitlik (4.1)'den yararlanılarak K düzeltme katsayısı belirlenmiştir.

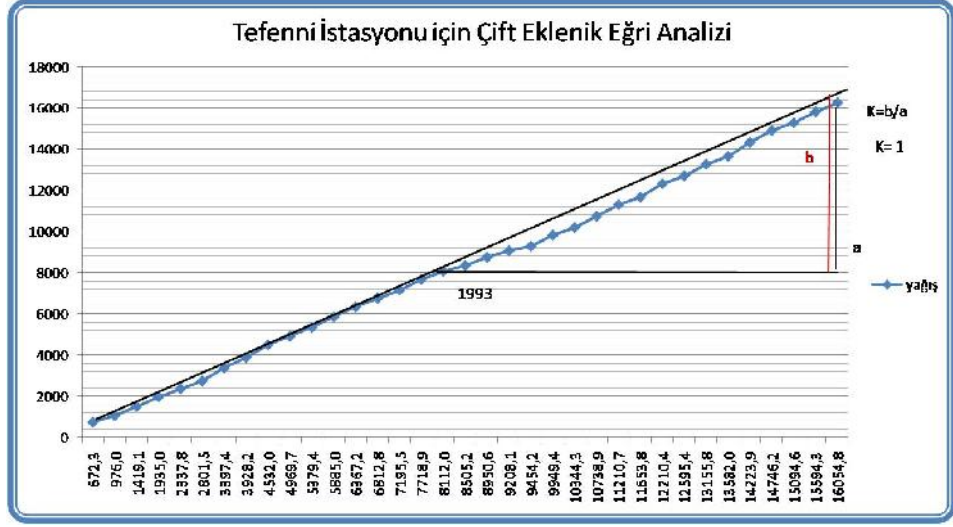
$$K=b / a$$

(4.1)

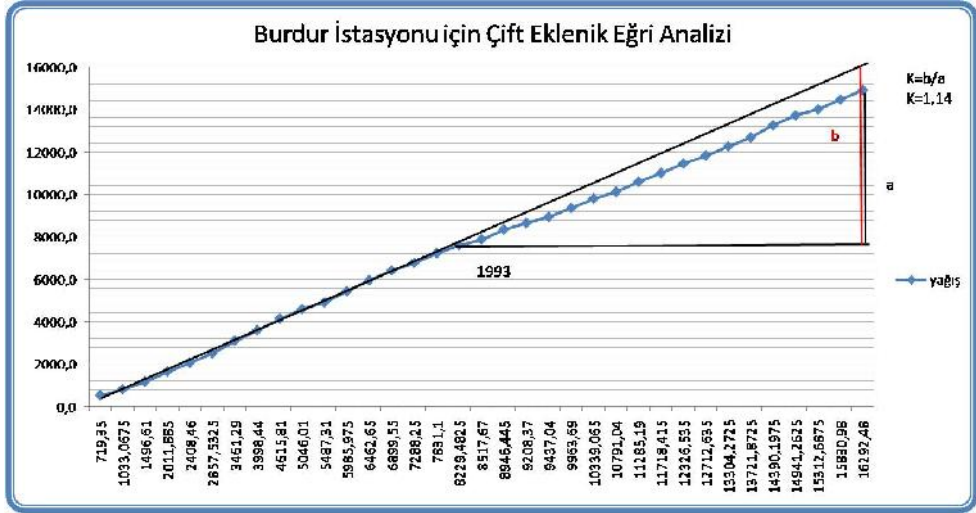
Bu yöntemle elde edilen K düzeltme katsayısı ile verisi hatalı istasyondaki yağış değerleri çarpılarak hatanın başladığı yıldan itibaren yağış değerlerinde düzeltmeler yapılmıştır. Bu yöntemde her istasyon için ayrı ayrı K değerleri hesaplanmıştır (Şekil 4.8., 4.9., 4.10., 4.11., 4.12.).

Çizelge 4.1. Tefenni Ovası ve çevresindeki DMİ'lere ait yıllık ortalama yağış verileri (DMİ,2010)

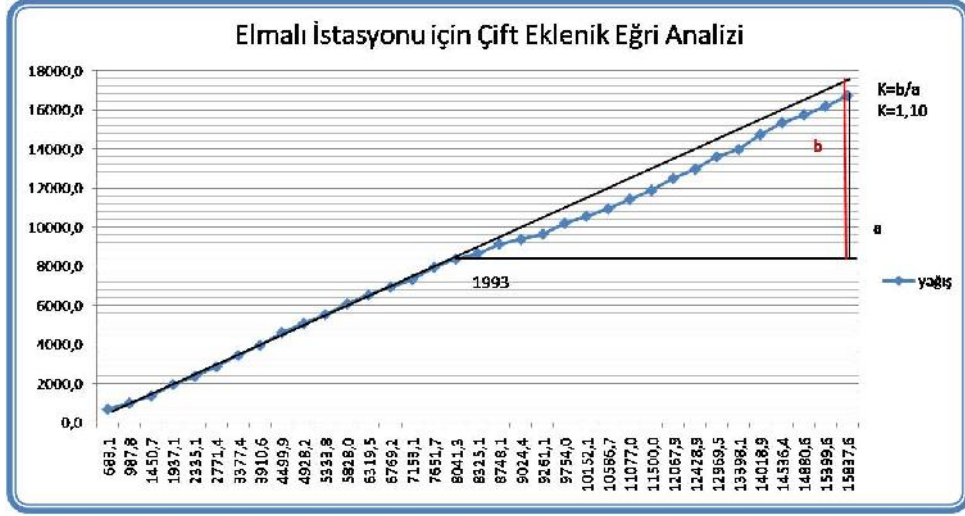
Yıllar	Tefenni	Burdur	Elmalı	Korkuteli	Acıpayam
1975	449,2	507,8	593,2	553,1	532,2
1976	532,6	522,0	500,5	648,2	712,4
1977	379,2	327,4	436,0	484,1	421,3
1978	581,8	532,1	660,8	649,3	641,3
1979	676,7	651,1	837,3	781,3	778,3
1980	388,4	481,8	416,7	469,8	644,4
1981	559,4	495,3	702,4	637,2	811,9
1982	383,0	431,8	527,2	421,5	437,0
1983	652,0	508,1	667,2	663,5	798,2
1984	365,7	462,2	490,9	663,0	520,2
1985	566,8	544,0	541,9	564,9	589,1
1986	545,3	360,4	424,3	527,0	572,9
1987	373,4	514,5	396,3	500,7	472,5
1988	541,0	473,4	605,4	590,2	678,0
1989	218,3	328,3	281,5	280,3	276,2
1990	321,0	345,6	270,3	300,4	305,8
1991	397,1	528,6	535,4	533,2	518,1
1992	273,7	320,6	328,7	272,4	338,6
1993	398,3	377,4	412,6	347,7	434,9
1994	528,5	450,6	627,3	524,9	490,7
1995	387,5	363,5	382,9	279,7	504,7
1996	420,3	455,3	404,1	300,0	490,7
1997	494,4	516,4	457,2	336,4	504,7
1998	508,1	535,7	553,4	455,5	623,2
1999	437,1	310,7	453,6	256,6	615,7
2000	414,8	444,9	452,6	375,9	477,6
2001	602,0	547,6	659,8	589,8	617,9
2002	526,6	501,0	516,6	466,2	639,2
2003	625,5	594,2	585,2	536,7	667,6
2004	381,3	439,7	490,9	421,2	502,9
2005	393,0	417,9	412,1	370,8	410,4
2006	469,7	472,1	587,6	470,5	533,3
2007	450,0	368,3	370,8	376,1	657,3
2008	316,4	276,4	312,7	344,1	281,7
2009	717,9	529,7	674,7	579,3	905,5
Toplam(mm)	16276	15936,4	17570,1	16571,7	19406,2
	35 yıl	35 yıl	35 yıl	35 yıl	35 yıl
Ort. (mm)	465,03	455,3	502,0	473,5	554,5



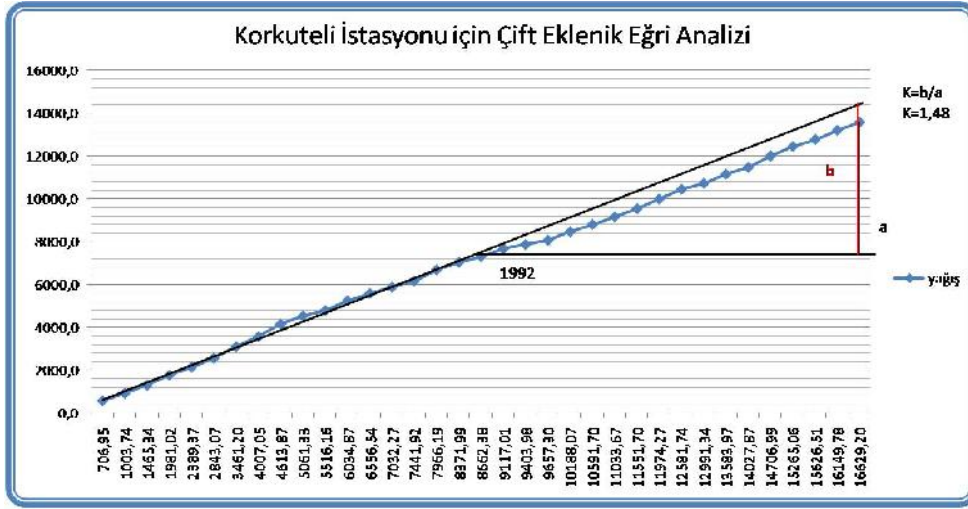
Şekil 4.8. Tefenni yağış gözlem istasyonu için çift eklenik eğri analizi ve K değeri



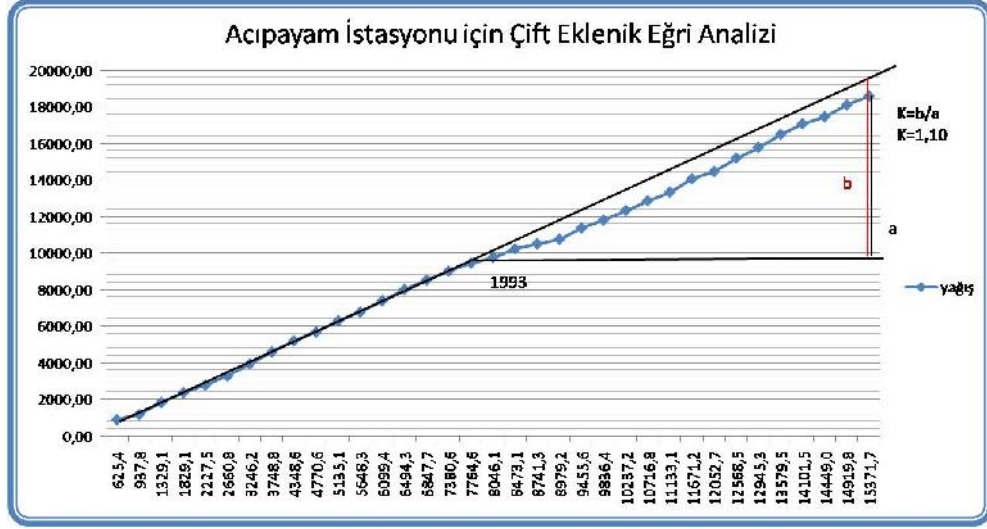
Şekil 4.9. Burdur yağış gözlem istasyonu için çift eklenik eğri analizi ve K değeri



Şekil 4.10. Elmalı yağış gözlem istasyonu için çift eklenik eğri analizi ve K değeri



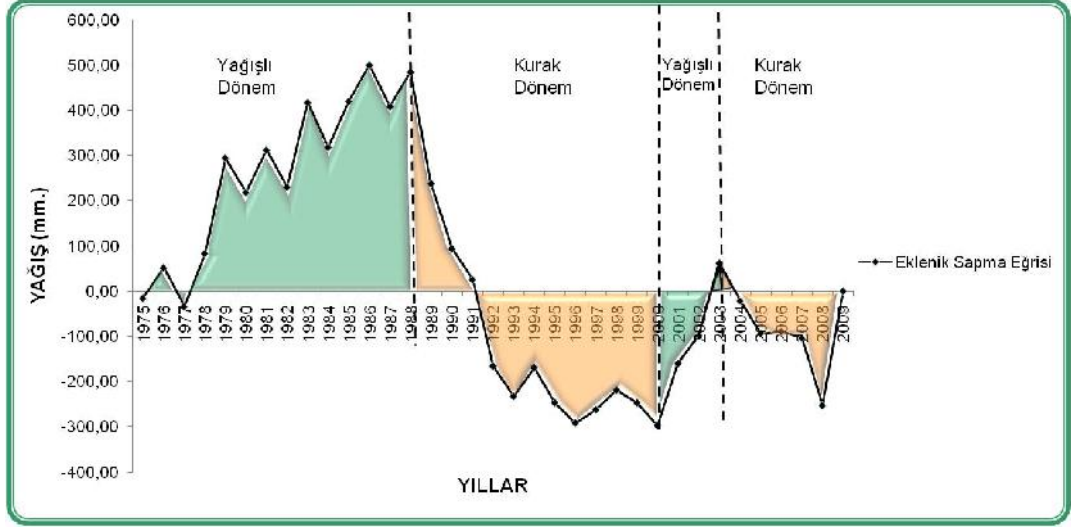
Şekil 4.11. Korkuteli yağış gözlem istasyonu için çift eklenik eğri analizi ve K değeri



Şekil 4.12. Acıpayam yağış gözlem istasyonu için çift eklenik eğri analizi ve K değeri

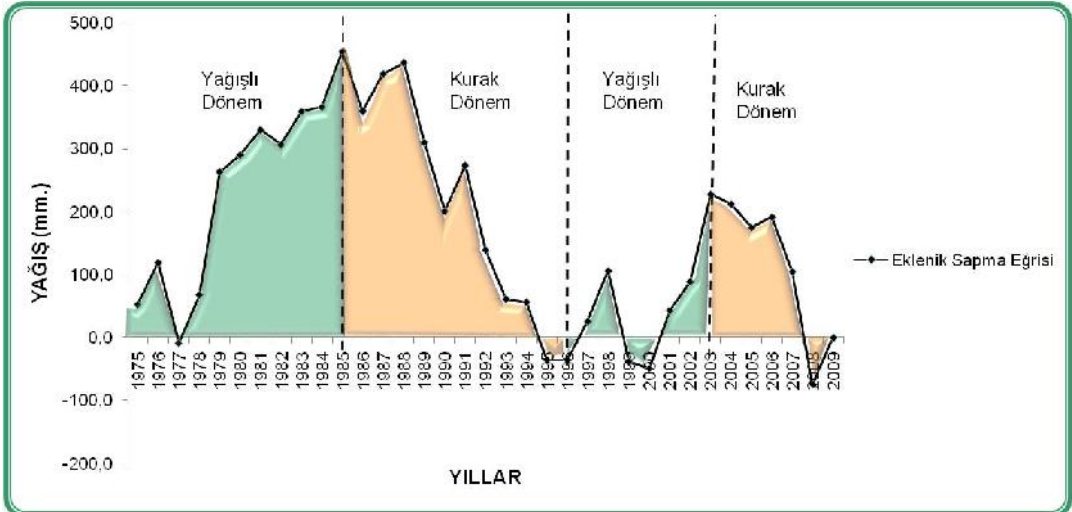
Yağış verilerinin homojenliği sağlandıktan sonra çalışma alanı ve çevresindeki istasyonlara ait yağış miktarları, Tefenni DMİ’de 465.03 mm (35 yıllık), Burdur DMİ’de 455.3 mm (35 yıllık), Elmalı DMİ’de 502 mm (35 yıllık), Korkuteli DMİ’de 473.5 mm (35 yıllık), Acıpayam DMİ’de 554.5 mm (35 yıllık) olarak hesaplanmıştır (Bkz.Çizelge 4.1.).

Bu araştırmada kullanılan DMİ’lerinde ölçülen yıllık yağışların zamansal değişimlerinin belirlenmesi amacıyla ortalama yıllık yağıştan eklenik sapma grafikleri hazırlanarak yorumlanmıştır. Tefenni’ye ait eklenik sapma grafiğinde 1975-1988 (13 yıl) yılları arası yağışlı dönemi temsil etmektedir. 1988-2000 (12 yıl) yılları arasında uzun süreli bir kurak dönem gerçekleşmiştir. Bu kurak dönemin ardından 2000-2003 (3 yıl) yılları arasında kısa süreli bir yağışlı dönem gerçekleşmiş ve 2003-2009 (6 yıl) yılları arasında tekrar kurak bir döneme girildiği görülmektedir (Şekil 4.13.).



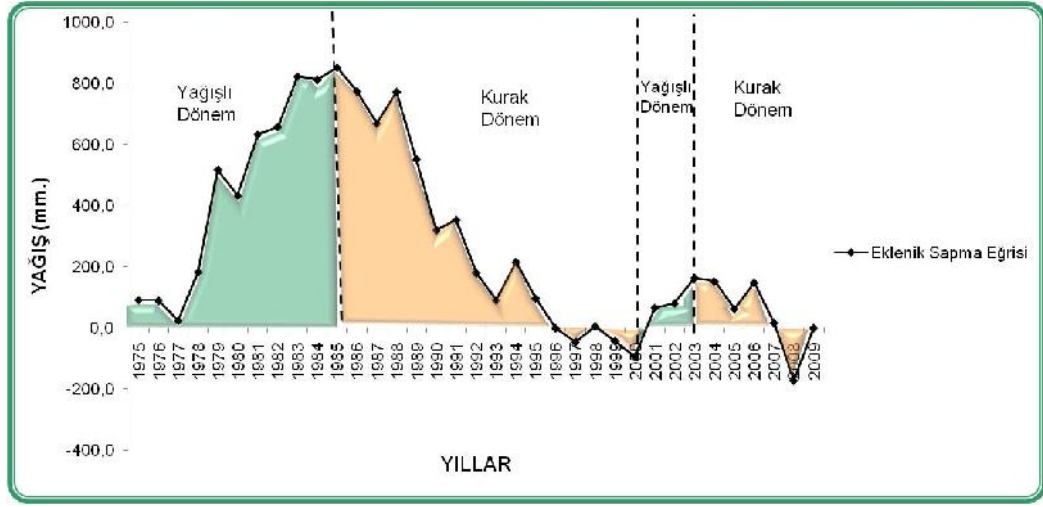
Şekil 4.13. Tefenni DMİ'e ait yağış verilerine göre hazırlanmış ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği

Burdur'a DMİ' nda ölçülen yağış verilerinin kullanıldığı eklenik sapma grafiğinde, 1975-1985 (10 yıl) yılları arasında yağışlı dönem, 1985-1996 (11 yıl) yılları arasında kurak dönem görülmektedir. 1996-2003 (7 yıl) yılları arasında tekrar yağışlı döneme girilmiş, 2003-2009 (6 yıl) yılları arasında ise kurak dönem gözlenmektedir (Şekil 4.14.).



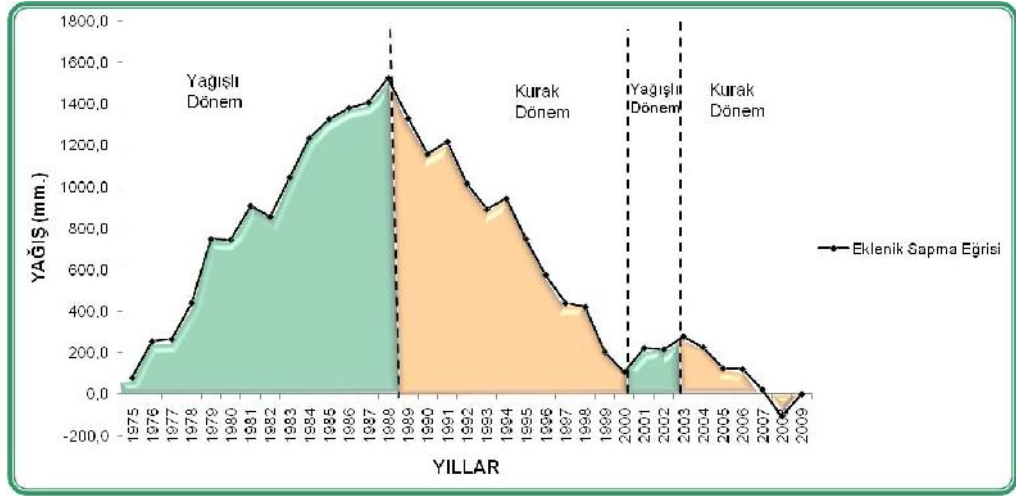
Şekil 4.14. Burdur DMİ'e ait yağış verilerine göre hazırlanmış ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği

Çalışma alanı çevresinde yer alan Elmalı DMİ istasyonuna ait yağış verileri ile hazırlanan eklenik sapma grafiğine göre ise 1975-1985 (10 yıl) yılları arasında bölgede yağışlı dönem hüküm sürerken, 1985-2000 (15 yıl) yılları arasında uzun süreli kurak dönem yaşanmıştır. 2000-2003 (3 yıl) yılları arasında ise yağışlı dönem gözlemlenmiştir. 2003-2009 (6 yıl) yılları arasında tekrar kurak döneme geçilmiştir (Şekil 4.15.).



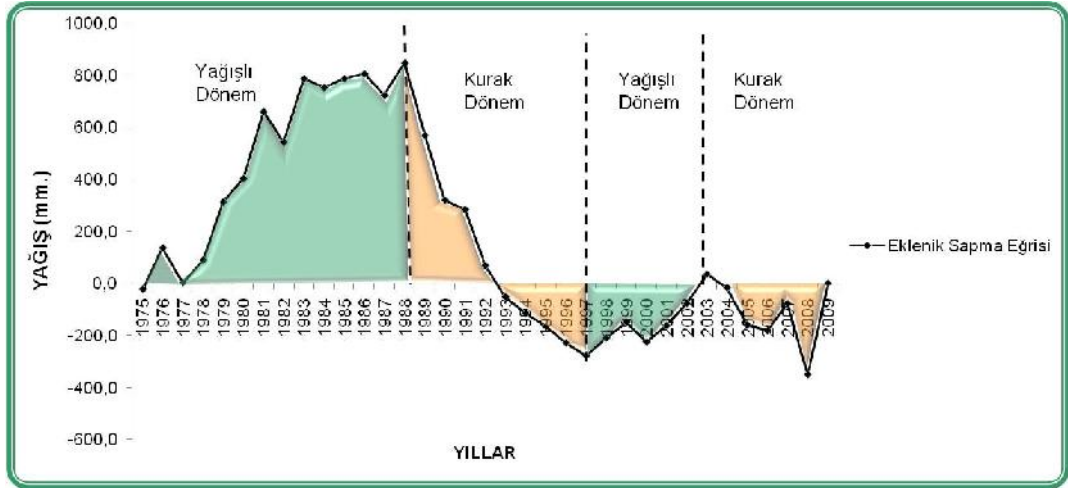
Şekil 4.15. Elmalı DMİ'e ait yağış verilerine göre hazırlanmış ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği

Korkuteli DMİ verileri ile hazırlanan eklenik sapma grafiğine göre o bölgede; 1975-1988 (13 yıl) yılları arası yağışlı dönem, 1988-2000 (12 yıl) yılları arası kurak dönem, 2000-2003 (3 yıl) yılları arası yağışlı dönem ve 2003-2009 (6 yıl) yılları arası tekrar kurak döneme geçilmiştir (Şekil 4.16.).



Şekil 4.16. Korkuteli DMİ'e ait yağış verilerine göre hazırlanmış ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği

Acıpayam DMİ'e ait verilerle hazırlanan eklenik sapma grafiğine göre bölgede; 1975-1988 (13 yıl) yılları yağışlı dönem, 1988-1997 (9 yıl) yılları arasında kurak dönem, 1997-2003 (6 yıl) yılları arasında yağışlı dönem ve 2003-2009 (6 yıl) yılları arasında da tekrar kurak dönem gözlenmektedir (Şekil 4.17.).



Şekil 4.17. Acıpayam DMİ'e ait yağış verilerine göre hazırlanmış ortalama yağıştan eklenik sapma grafiği

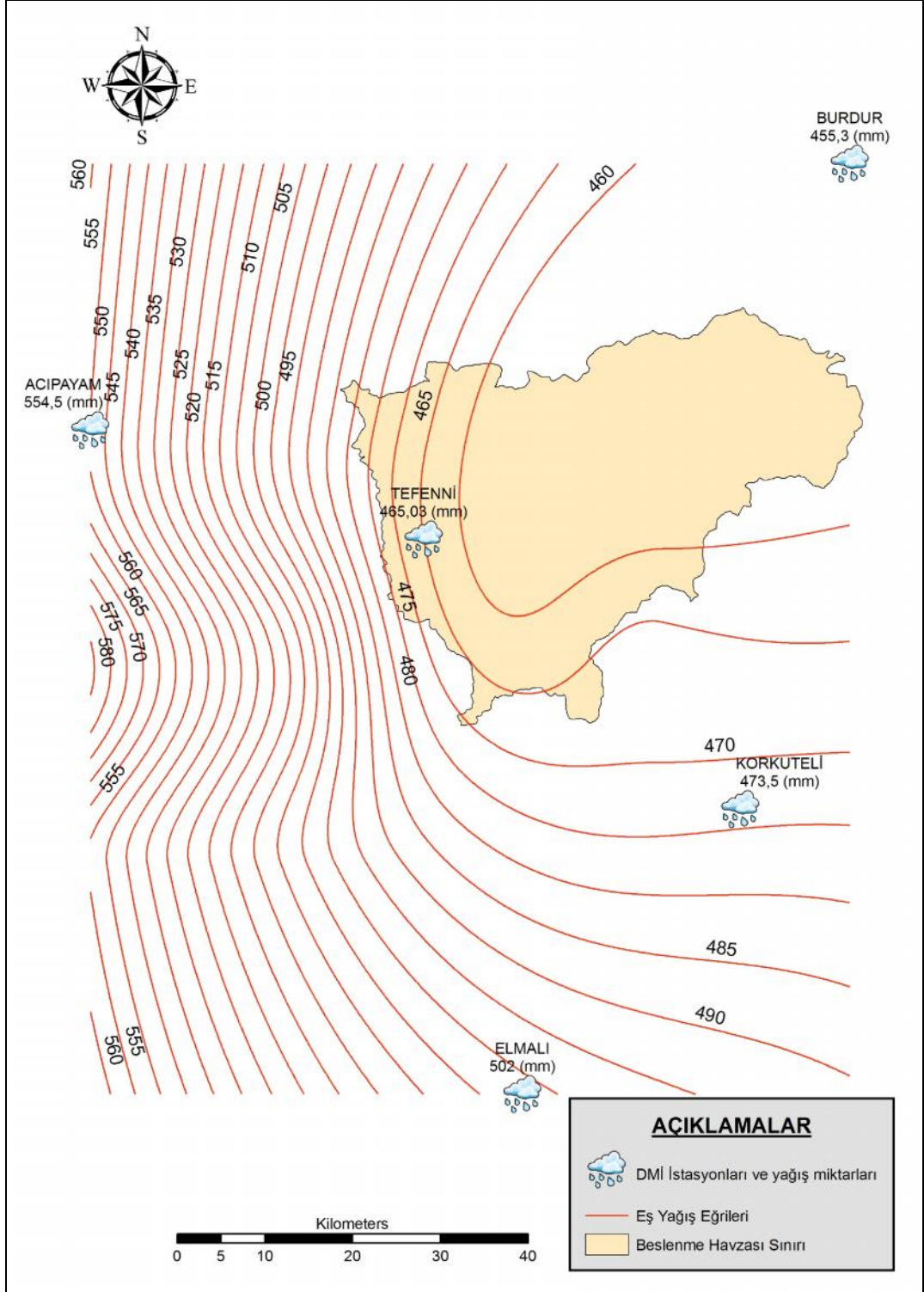
İnceleme alanı ve çevresindeki yağış gözlem istasyonlarının genel itibariyle aynı bölgesel iklim kuşağında yer almalarından dolayı ölçüm yapılan yıllara göre belirlenen yağış periyotları da benzer sonuçlar vermektedir.

Bölgeye düşen yağış miktarları incelendiğinde maksimum yağışlar Burdur (651.1 mm), Elmalı (837.3 mm) ve Korkuteli (781.3 mm) istasyonlarında 1979 yılında, Tefenni (717.9 mm) ve Acıpayam (905.5 mm) istasyonlarında ise 2009 yılında gerçekleşmiştir. Minimum yağışlar ise, Tefenni (218.3 mm) ve Acıpayam'da (276.2 mm), 1989 yılında, Burdur istasyonunda (276.4 mm) 2008 yılında, Elmalı istasyonunda (270.3 mm) 1990 yılında ve Korkuteli'nde (256.6 mm) 1999 yılında ölçülmüştür.

Tefenni Ovası için ortalama yağış miktarı ise, Tefenni ve çevresindeki DMİ verilerinden yararlanılarak eş yağış (izohyet) eğrileri yöntemi ile 470.45 mm olarak hesaplanmıştır. Buna göre yaklaşık 1527 km²'lik Tefenni Ovasına düşen ortalama yağış miktarı 718.377x 10⁶ m³/yıl olarak belirlenmiştir (Şekil 4.18.).

4.4.2. Buharlaşma

Yeraltısuyu havzalarında genel olarak en önemli boşalım buharlaşma ile gerçekleşmektedir. Buharlaşma hesaplamalarında genel olarak Thornthwaite yöntemine ait ampirik eşitliklerden kullanılmaktadır. İnceleme alanı için Thornthwaite yöntemi ile gerçekleştirilen buharlaşma hesaplamasında 1975-2009 yılları arasında Tefenni DMİ'nde ölçülen aylık yağış ve sıcaklık verileri kullanılmıştır. Bu hesaplamalarda toplam yıllık yağış miktarının 465.03 mm, potansiyel buharlaşma (Etp) 687,80 mm, gerçek buharlaşma (Etr) değeri ise 326,74 mm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2.). Bölgeye düşen yağış miktarı, Nisan ayı sonuna kadar Etp değerinden fazladır. Bu nedenle, bu dönemde Etp, Etr'e eşittir ve gerçekleşen buharlaşmalardan sonra geriye kalan miktar su fazlası olarak kaydedilmiştir. Mayıs ayı boyunca yağış miktarı ise Etp miktarından az gerçekleşmiştir. Bu nedenle Mayıs ayı başlarında 100 mm olarak kabul edilen zemin nem rezervinden kullanılmaya başlanmıştır.



Şekil 4.18. Tefenni Ovası eş yağış haritası

Haziran ayı başından Ekim ayı sonlarına kadar ise, gerçekleşen yağış miktarı, potansiyel buharlaşma değeri olan Etp'den oldukça az olmuş ve bu dönemde zemin rezervi tamamen tükenmiştir. Kasım ayı ile birlikte yağış miktarında hızlı bir yükselme gerçekleşmesine rağmen bu ay boyunca zeminde su noksanı hala görülmektedir. Kasım ve Aralık ayları boyunca zemin rezervi tamamlanmış, Aralık ayında yağış miktarının Etp'den fazla olması nedeni ile Etp ve Etr değerleri birbirine eşit gerçekleşmiştir. Aralık ayı sonunda zeminde 21,93 mm'lik bir su fazlası ortaya çıkmıştır. Ayrıca, hesaplanan değerlere göre yağış ve Etp'nin aylık değişim grafiği Şekil 4.19.' da verilmiştir. Ovada 465,03 mm olan yıllık yağışın 326,74 mm'lik kısmı buharlaşarak atmosfere dönmektedir. Çalışma alanındaki su fazlası ise toplam yağışın % 33.91'i kadardır.

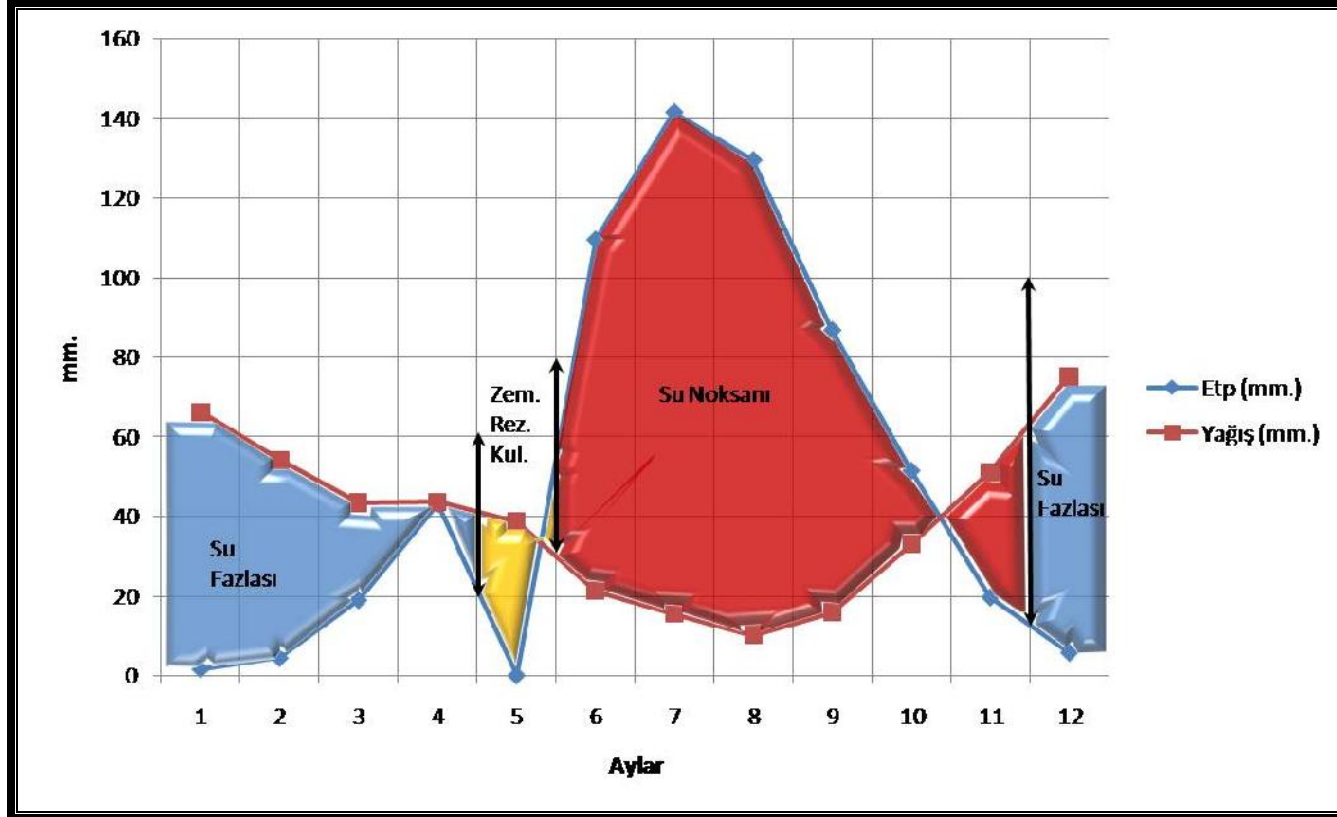
4.4.3. Akış

1527 km²'lik bir alana sahip olan Tefenni Ovası içerisinde sürekli akışa sahip en önemli dereler Değirmen deresi, Belenli çayı, Başpınar deresi (Yayla dere) ve Bademli deresi'dir. Bu derelere ait düzenli akım rasat verileri bulunmamaktadır. Bununla birlikte mevsimlere bağlı olarak yağışlı dönemde yüzeysel akışa geçen pek çok irili ufaklı dere bulunmaktadır. Tefenni Ovası içerisinde yer alan bu dereler havza içerisinde doğup yine havza içerisine boşalmaktadır.

Ayrıca, inceleme alanı içerisinde doğan ve Burdur Gölü'nü besleyen sürekli akışa sahip Eren çayı (Bozçay) havza dışına boşalması nedeni ile bütçe hesaplamalarında önemli bir rol oynamaktadır. Bu dere üzerinde DSİ 18. Bölge Müdürlüğü tarafından kurulmuş akım rasat istasyonunda düzenli ölçümler yapılmaktadır (Çizelge 4.3.). Yıllık ortalama yüzeysel akış ile boşalım $43.50 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olarak belirlenmiştir

Çizelge 4.2. Tefenni Meteoroloji istasyonu için hazırlanan Thornthwaite yöntemi deneştirmeli su bilançosu.

TEFENNİ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOP. (mm)
Aylık Sıc.(°C)	1	2,2	5,7	10,2	15,2	19,8	23,1	22,7	18,4	12,9	6,8	2,7	11,7
Aylık İndeks (t)	0,08	0,28	1,21	2,94	5,38	8,03	10,14	9,88	7,18	4,19	1,59	0,39	51,29
Etp (mm)	1,60	4,40	18,80	42,70	79,20	112,40	139,30	127,50	85,60	51	19,50	5,80	687,80
Yağış (mm)	64,50	50,48	44,05	44,26	38,09	22,1	16,77	10,13	14,41	32,44	54,42	73,31	465,03
Zem. Rezervi	100	100	100	100	58,89	0	0	0	0	0	54,42	100	
Etr (mm)	1,6	4,4	18,8	42,7	79,2	80,99	16,77	10,13	14,41	32,44	19,50	5,80	326,74
Zem. Rez. Değ.	-	-	-	-	-41,11	-58,89	-	-	-	-	54,42	45,58	
Su Nok. (mm)	-	-	-	-	-	31,41	122,53	117,37	71,19	18,56	45,58	-	406,64
Su Fazlası (mm)	62,9	46,08	25,25	1,56	-	-	-	-	-	-	-	21,93	157,72
Enl. Düz. Kats.	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 4.19. Tefenni DMI'na ait yağış ve Etp'nin aylık değişim grafiği

Çizelge 4.3. Eren çayı (Bozçay) akım rasat ölçümleri

Su Yılı	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Yıllık
1962	2.66	2.95	3.88	2.27	2.56	2.91	1.06	0.75	1.54	1.43	1.46	1.36	24.83
1963	1.82	2.13	6.09	8.36	12.60	4.34	1.43	4.50	3.46	0.98	0.82	1.45	47.98
1964	0.73	0	0	0	0.52	3.33	2.52	1.28	0	0	0	0.92	9.30
1965	0.77	1.97	4.81	6.18	10.50	17.60	21.50	11.70	3.05	0.16	0	0	78.24
1966-1967	RASAT EKSİK												
1968	1.04	1.37	4.09	15.80	15.10	19.70	17.70	5.02	3.80	1.63	1.17	2.14	88.56
1969	4.51	8.77	14.90	16.80	12.30	20.60	17.00	11.50	3.62	3.13	3.06	3.03	119.22
1970	4.19	5.38	12.10	10.50	8.61	11.20	6.70	2.78	2.51	2.57	2.34	2.67	71.55
1971	1.69	3.30	4.00	5.51	5.70	11.00	12.40	6.01	4.33	1.37	0.34	0.00	55.65
1972	0	0	0.01	0.01	0.55	3.98	1.80	1.80	0.43	1.01	1.12	1.04	11.75
1973	2.31	3.19	1.92	1.90	1.98	5.51	3.66	1.48	0.64	0.97	0.48	1.29	25.33
1974	0.93	0.52	0.33	0	0.02	0.80	0.55	0.27	0.44	0.81	1.09	1.14	6.90
1975	0.24	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.07	0.74	0.53	0.10	0.22	0.27	2.26
1976	0.40	3.12	0.13	0.03	0.01	0.04	4.91	1.66	0.61	1.04	1.09	1.06	14.10
1977	1.18	1.22	2.03	1.61	2.16	2.41	4.47	1.42	0.91	0.77	0.79	0.90	19.87
1978	1.03	1.13	1.53	3.45	6.91	11.70	10.50	2.07	0.90	0.81	0.95	0.90	41.88
1979	1.25	1.43	2.40	10.40	11.90	7.85	4.82	2.92	3.27	2.11	1.93	2.54	52.82
1980	2.71	4.64	8.10	13.30	11.00	14.90	14.70	6.02	2.42	2.13	1.86	2.09	83.87
1981	2.35	3.50	3.89	6.88	6.88	20.20	10.20	4.70	2.09	1.68	1.78	1.61	65.76
1982	1.86	2.16	4.61	3.71	3.15	4.82	7.90	3.00	2.31	1.52	2.00	2.20	39.24
1983	2.74	3.00	3.21	3.53	5.24	12.50	22.60	4.52	4.19	1.88	2.31	6.70	72.42
1984	5.50	6.96	8.49	7.92	3.05	6.50	9.37	4.68	1.98	2.12	2.09	1.94	60.60
1985	2.32	3.83	3.99	10.40	8.45	14.80	15.10	6.55	5.87	5.30	5.88	6.70	89.19
1986	7.03	7.69	8.32	6.34	3.48	3.75	1.25	0.32	0.25	0.21	0.20	0.26	39.10
1987	0.32	0.36	0.78	2.80	2.57	2.85	2.88	2.36	1.03	0.46	0.51	0.52	17.44
1988	0.88	1.53	2.18	2.75	3.83	6.99	5.93	2.09	0.84	0.50	0.50	0.48	28.50
1989	1.14	2.70	2.74	2.27	2.27	3.95	3.35	1.75	1.06	1.13	1.46	1.51	25.33
1990	1.74	2.69	3.05	2.07	2.04	2.08	1.23	1.61	0.97	1.18	1.33	1.42	21.41
1991	1.77	1.63	4.30	1.13	1.68	1.49	1.70	0.90	0.65	0.71	0.73	0.71	17.40
1992	0.84	0.90	1.09	0.95	0.97	1.69	2.33	0.70	0.70	0.70	0.78	0.83	13.12
1993-1994	RASAT EKSİK												
Toplam	55.95	78.08	112.98	146.88	146.05	219.53	209.63	95.10	54.40	38.41	38.29	47.68	1243.62
Ortalama	1.93	2.69	3.90	5.06	5.04	7.57	7.23	3.28	1.88	1.32	1.23	1.64	43.50
Yıl Sayısı	29												

4.4.4. Su Bütçesi

Bu bölümde yukarıda ayrıntılı olarak tanımlanan hidrolojik veriler kullanılarak Tefenni Ovası için emniyetli kullanılabilir yeraltısuyu potansiyeli hesaplanmıştır. İnceleme alanının en önemli beslenme elemanı yağıştır. Ova için eş yağış eğrileri yöntemine göre belirlenen ortalama yağış miktarı 470.45 mm'dir (Bkz. Bölüm 4.4.1). 1527 km²'lik alana sahip Tefenni Ovası için ortalama yağış miktarından beslenme 718.37 x 10⁶ m³/yıl olarak belirlenmiştir.

Ovanın diğer bir beslenme kaynağı ise tarım arazileri için ovada bulunan Karamanlı Barajı ve Karataş Gölü'nden alınan sulama suyudur. Karamanlı Barajı'ndan 2009 yılında alınan su miktarı 11.98 x 10⁶ m³, 2010 yılı için ise 14.59 x 10⁶ m³'dür. Karataş Gölü'nden 2009 yılında 11.21 x 10⁶ m³, 2010 yılında ise 12.52 x 10⁶ m³ su alınmıştır (DSİ, 2010). Sulama baraj ve gölden kanal yolu ile sağlanmaktadır. Kanallarla sulama randımanı % 60 olarak kabul edilmektedir. Bu durumda sulamaya verilen suyun % 40'ı buharlaşmakta ve yeraltına süzülmemektedir.

Alüvyon akifer için sulama suyundan gerçekleştirilecek süzülme miktarı, söz konusu birimlerde kil seviyelerinin aralanmalı olarak gözlenmesi ve yer yer çakıl seviyelerinin de killi olması nedeniyle % 15 olarak kabul edilmiştir. Buna göre baraj ve göl sulamalarından yeraltısuyu beslenme miktarı yaklaşık 0.75 x 10⁶ m³/yıl olarak hesaplanmıştır.

Ovanın diğer bir beslenme kaynağı ise ovadaki sondaj kuyularından çekilen sulama suyundan süzülmedir. Ovada yaklaşık olarak resmi ve şahıs olmak üzere 150 kuyu bulunmaktadır. Bu kuyuların debileri 1-45.10 l/s arasında değişmektedir. Kuyuların ortalama 30 l/s debi (DSİ 18. Bölge Müd. verileri) ile 6 saat ve yılda 150 gün çalıştığı varsayılırsa kuyulardan toplam 14.58x 10⁶ m³/yıl su çekilmektedir. İnceleme alanında sulama işleminde genel olarak yağmurlama yöntemi kullanılmaktadır. Sulama randımanı değeri bu yöntem için % 70 olarak kabul edilmektedir (Çakmak, 2008). Sulama

randımanına göre, sulamaya verilen suyun % 70'i bitkiler tarafından kullanılmaktadır. Geriye kalan % 30'luk kısmın yarısının buharlaştığı ve diğer yarısının ise yeraltına süzüldüğü kabul edilebilir. Bu durumda sulamaya verilen suyun % 15'i olan 0.65×10^6 m³/yıl'lık miktar sondaj kuyuları ile sulama suyundan beslenim olarak hesaplanmıştır.

Tefenni Ovası'nda en önemli boşalım elemanı buharlaşmadır. Ortalama 326,74mm gerçek buharlaşma (Etr) değeri ile ortalama 498.931×10^6 m³/yıl su buharlaşma-terleme yoluyla boşalmaktadır (Bkz. Bölüm 4.4.2). Buharlaşmaya ek olarak havzadaki diğer bir boşalım elemanı sondaj kuyuları vasıtasıyla yeraltısuyu çekimidir. Bu kuyulardan çekilen su miktarı yaklaşık 14.58×10^6 m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Yüzeysel akış vasıtasıyla havza dışına boşalım 43.50 m³/yıl'dır (Bkz. Bölüm 4.4.3.). Genel olarak değerlendirildiğinde ovada hesaplanan toplam beslenim (719.77×10^6 m³/yıl) ile toplam boşalım (557.011×10^6 m³/yıl) miktarları arasında 162.75×10^6 m³/yıl'lık fark bulunmaktadır (Çizelge 4.4.).

Ölçümlerde ve hesaplamalarda olabilecek hatalar dikkate alındığında emniyetli kullanılabilir yeraltısuyu miktarı bilanço farkının % 60'i alınmıştır. Bu değere göre, Tefenni Ovası için yeraltısuyu potansiyeli yaklaşık 97.65×10^6 m³/yıl olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.4. Tefenni Ovası su bilançosu

BESLENİM	(x10 ⁶) m ³ /yıl	BOŞALIM	(x10 ⁶) m ³ /yıl
Yağış	718.37	Buharlaşma	498.931
Baraj ve Gölden sulama suyu	0.75	Kuyulardan çekim	14.58
Pompajla sulama suyu	0.65	Eren Çayı boşalımı	43.50
Toplam	719.77	Toplam	557.011

4.5. Hidrojeoloji

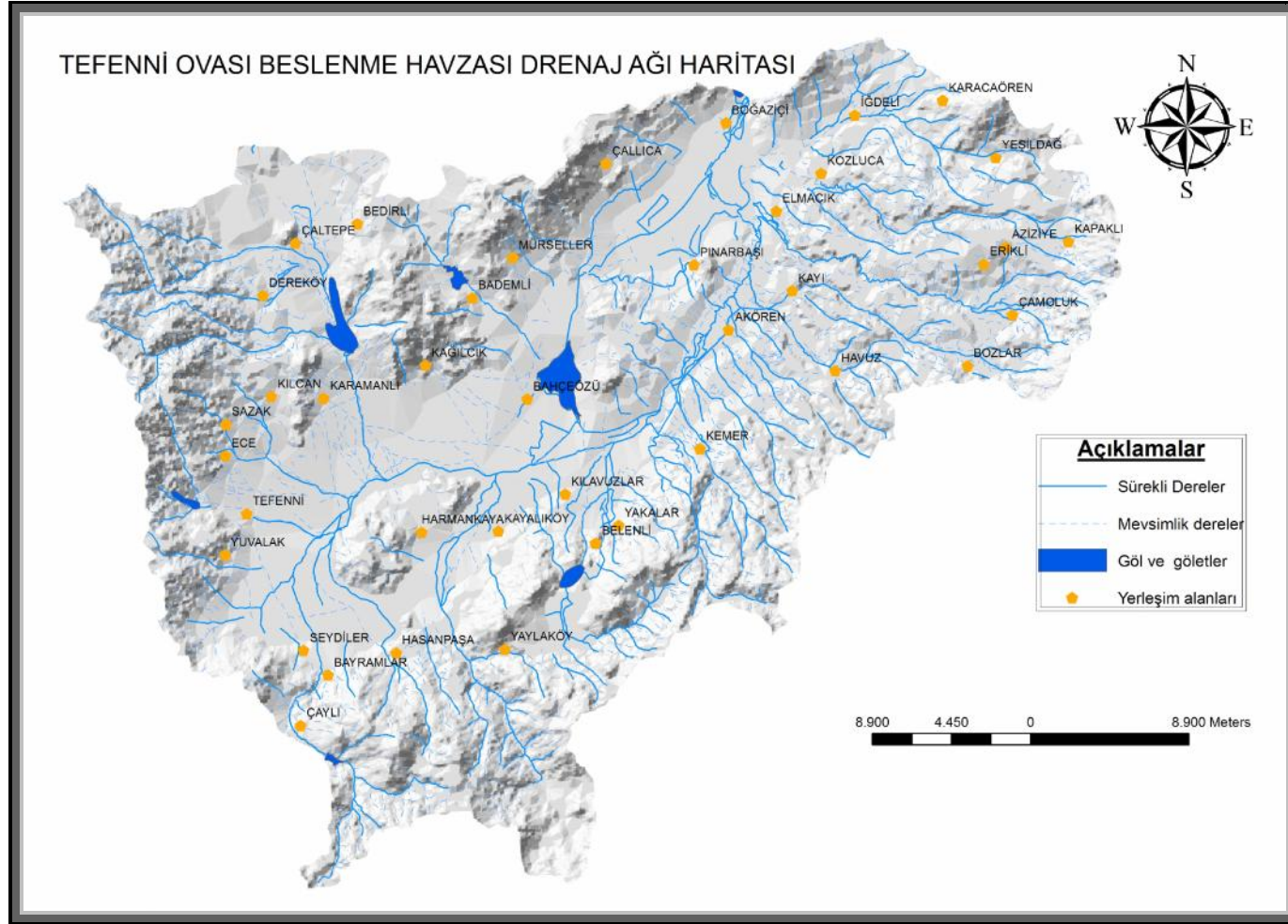
Bu bölümde inceleme alanında bulunan su noktaları, litolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri, akiferlerin hidroloji parametreleri ve yeraltısuyu dinamiği konuları ele alınmıştır.

4.5.1. Su Noktaları

1527 km² yüzey drenaj alanına sahip inceleme alanında kaynak, yüzeysel akış ve sondaj kuyuları olmak üzere birçok su noktası bulunmaktadır.

4.5.1.1. Akarsular

Çalışma alanındaki en önemli yüzeysel akış, havzanın aynı zamanda yarı kapalı havza olarak değerlendirilmesinin de nedeni olan ve Burdur Gölü'nü besleyen Eren Çayı (Bozcay)'dır. Bunun yanı sıra üzerinde Karamanlı Barajı kurulmuş olan Değirmen deresi, Belenli göletini besleyen Belenli çayı, Tefenni göletini besleyen Başpınar deresi (Yayla dere), Bademli barajını besleyen Bademli deresi ise çalışma alanındaki sürekli akıma sahip derelerdir. Ayrıca inceleme alanı içerisinde mevsimsel olarak akışa geçen çok sayıda dere de bulunmaktadır (Şekil 4.20.).



Şekil 4.20. Drenaj ağı haritası

Eren Çayı (Bozçay); Hem Burdur ilinin hem de Tefenni Ovası'nın en önemli akarsuyu olan Bozçay bir diğer adıyla Eren çayı, Tefenni Ovası sınırında bulunan Rahat Dağı eteklerinden doğarak ovayı tamamen katedip Burdur Gölü'ne dökülmektedir. Bozçay, Burdur Gölü kıyısında sazlık ve bataklıkların halen kısmen yıllık ortalama akımı 43.50 hm³ ve akarsu yüzeyi yaklaşık 90 ha olan Bozçay, bölgede sulama amaçlı kullanılmamaktadır. Su kalite sınıflamasına göre Bozçay C3S1- C2S1 tipi sular sınıfındadır (BİÇDR, 2004). Günümüzde bu dere suları Ovanın kuzeyinde bulunan Karaçal Barajı'nı da beslemektedir.

Değirmen Deresi; Çalışma alanının önemli akarsularından olan Değirmen deresi Karamanlı ilçe merkezinden geçmektedir. Üzerinde Karamanlı ilçe merkezine bağlı 10 mahalle ve Kağılcık köyü arazilerinden brüt 3747 ha arazinin sulanması amacıyla 1975 yılında işletmeye açılmış olan Karamanlı Barajı inşa edilmiştir (Şekil 4.21., Çizelge 4.5.).

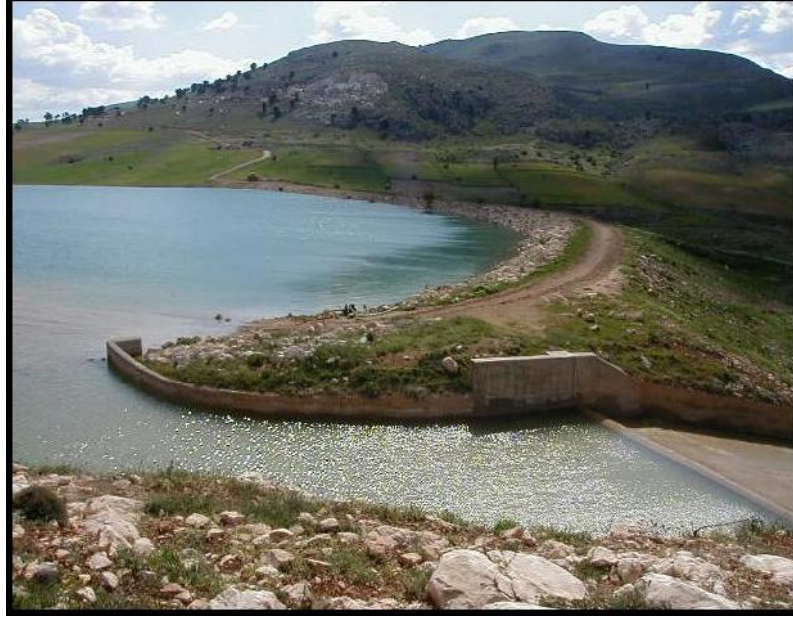


Şekil 4.21. Karamanlı Barajına ait bir görünüm (www.dsi.gov.tr)

Çizelge 4.5. Karamanlı Barajı'nın teknik özellikleri (www.dsi.gov.tr)

Barajın Yeri	Burdur	Normal Su Kotunda Göl Hacmi	24,813 hm ³
Akarsuyu	Değirmendere	Normal su kotunda göl alanı	1.7 km ²
Amacı	Sulama	Sulama alanı	3747 ha
İnşaat yılı	1970 - 1974	Sulama Oranı	% 51
Gövde dolgu tipi	Toprak dolgu	Sulama Randımanı	%47
Gövde hacmi	1.027 hm ³	Kullanılan su (2006)	10,003 hm ³
Yükseklik (talvegden)	47.25 m	Sulanan saha (2006)	1638 ha

Belenli Deresi; Burdur ili, Kemer ilçesi, Belenli köyünün güney batısında bulunan dere üzerinde Belenli köyüne 7 km uzaklıkta Belenli Göleti inşaa edilmiştir. Gölet 1991 yılında işletmeye açılmış olup Belenli, Kılavuzlar ve Yakalar köylerine ait brüt 544 ha tarım arazisinin sulanması ve bu arazilerin taşkınlardan korunması amacıyla yapılmıştır (Şekil 4.22.; Çizelge 4.6.).



Şekil 4.22. Belenli Göletine ait bir görünüm (www.dsi.gov.tr)

Çizelge 4.6. Belenli Göleti teknik özellikleri (www.dsi.gov.tr)

Göletin Yeri	Burdur	Ölü Hacim	0,98 hm ³
Akarsuyu	Belenli Çayı	Yükseklik (Talvegden)	20,15 m
Amacı	Sulama	Yükseklik (Temelden)	26,7 m
İnşaat Yılı	1986 - 1990	Sulama Alanı	544 ha
Gövde Dolgu Tipi	Homojen Toprak Dolgu	Proje Rantabilitesi	2,6
Depolama Hacmi	2,019 hm ³	Sulanan Saha (2006)	538 ha
Aktif Hacim	1,039 hm ³	Sulama Oranı	% 114

Başpınar (Yayla) Deresi; İnceleme alanı içerisinde Tefenni ilçe merkezinin batısında yer alan dere üzerinde Tefenni ve çevresinde brüt 166 ha'lık arazinin sulanması amacıyla Tefenni Göleti inşaa edilmiştir (Şekil 4.23., Çizelge 4.7.).

Bademli Deresi; Burdur'un Karamanlı ilçesi Bademli köyü içerisinde geçmekte olan Bademli deresi üzerinde çevre tarım arazilerinin sulanması amacıyla Bademli

Barajı inşaa edilmiştir. 1996 yılında işletmeye açılan Bademli Barajı'nın suları C2S1 sınıfındadır. Bademli Barajı'ndan brüt 507 ha alan sulanmaktadır (Şekil 4.24, Çizelge 4.8.).



Şekil 4.23. Tefenni Göletine ait bir görünüm (www.dsi.gov.tr)

Çizelge 4.7. Tefenni Göleti teknik özellikleri (www.dsi.gov.tr)

Göletin Yeri	Burdur - Tefenni	Sulama Alanı	166 ha
Akarsuyu	Başpınar Deresi	Proje Rantabilitesi	1,69
Amacı	Sulama	Normal Su Seviyesi	1243,07m
İnşaat Yılı	1983 - 1988	Normal Su Seviyesi Yüzey Alanı	0,182 km ²
Gövde Dolgu Tipi	Zonlu Toprak Dolgu	Minimum Su Seviyesi	1233,3 m
Depolama Hacmi	1,21 hm ³	Minimum Su Seviyesi Yüzey Alanı	0,042 km ²
Aktif Hacim	1,138 hm ³	Minimum Su Seviyesi Hacmi	0,143 hm ³
Ölü Hacim	0,071 hm ³	Tefenni Göletinin Drenaj Alanı	9,56 km ²
Yükseklik (Talvegden)	19,9 m	Yıllık Ortalama Akım	1,307 hm ³
Yükseklik (Temelden)	25,4 m	Sulamaya Verilen Su	0,813 hm ³



Şekil 4.24. Bademli Barajına ait bir görünüm (www.dsi.gov.tr)

Çizelge 4.8. Bademli Barajı teknik özellikleri (www.dsi.gov.tr)

Barajın Yeri	Burdur	Normal Su Seviyesi	1209,30 m
Akarsuyu	Bademli Çayı	Normal Su Seviyesi Yüzey Alanı	0,675 km ²
Amacı	Sulama	Normal Su Seviyesi Hacmi	6,30 hm ³
İnşaat Yılı	1993 - 1996	Minimum Su Seviyesi	1192,90 m
Gövde Dolgu Tipi	Toprak Dolgu	Minimum Su Seviyesi Yüzey Alanı	0,123 km ²
Gövde Hacmi	707 hm ³	Minimum Su Seviyesi Hacmi	0,71 hm ³
Yükseklik (Talvegden)	38,5 m	Bademli Barajının Drenaj Alanı	35,3 km ²
Normal Su Kotunda Göl Hacmi	5,6 hm ³	Yıllık Ortalama Akım	4,384 hm ³
Normal Su Kotunda Göl Alanı	8 km ²	Sulamaya Verilen Su	2,4 hm ³
Sulama Alanı	507 ha	Yıllık Üretim	-

4.5.1.2. Kaynaklar

İnceleme alanında genel olarak dokanak ve fay kaynağı şeklinde boşalan soğuk, sıcak ve mineralli su kaynakları bulunmaktadır.

Soğuk Su Kaynakları:

Ovanın batısında Çallica, Bademli, Çaltepe, Karamanlı, Bedirli ve Kılcan kaynakları bulunmaktadır. Çallica ve Bademli kaynakları Kızılcadağ ofiyolitleri ile Orhaniye

formasyonu dokanağı boyunca gelişen bindirme yüzeylerinden boşalmaktadır. Bu kaynakların debileri 2 lt/s civarındadır. Yine bu bölgede bulunan Çaltepe, Karamanlı ve Bedirli kaynakları Dutedere kireçtaşı ve Kızılıcadağ ofiyoliti dokanağından; Kılcan kaynağı ise Marmaris peridotiti ve Çameli formasyonu dokanağından mevsimlik olarak boşalmaktadır.

İnceleme alanının kuzeydoğusunda bulunan Karacaören kaynağının Karacaören köyü içinde çeşme şeklinde kaptajı yapılmıştır ve yaklaşık olarak 7-8 l/sn debiye sahiptir. Bu kaynak köy halkı tarafından içme ve kullanma suyu olarak kullanılmaktadır. Kaynak geçirimsiz birim olan Kızılıcadağ ofiyolitleri ile Dutedere kireçtaşı birimleri boyunca gelişen bindirme yüzeyinden boşalmaktadır.

Ovanın doğusunda bulunan en önemli kaynaklardan biri 20-25 l/s debiye sahip Akpınar kaynağıdır. Kaynak, 1669 m kotunda kireçtaşı biriminden oluşan Karanasıflar formasyonundan boşalmaktadır. Kaynağın depo şeklinde kaptajı yapılmıştır ve yöre halkı tarafından içme, kullanma ve hayvan yetiştiriciliği amaçları için kullanılmaktadır.

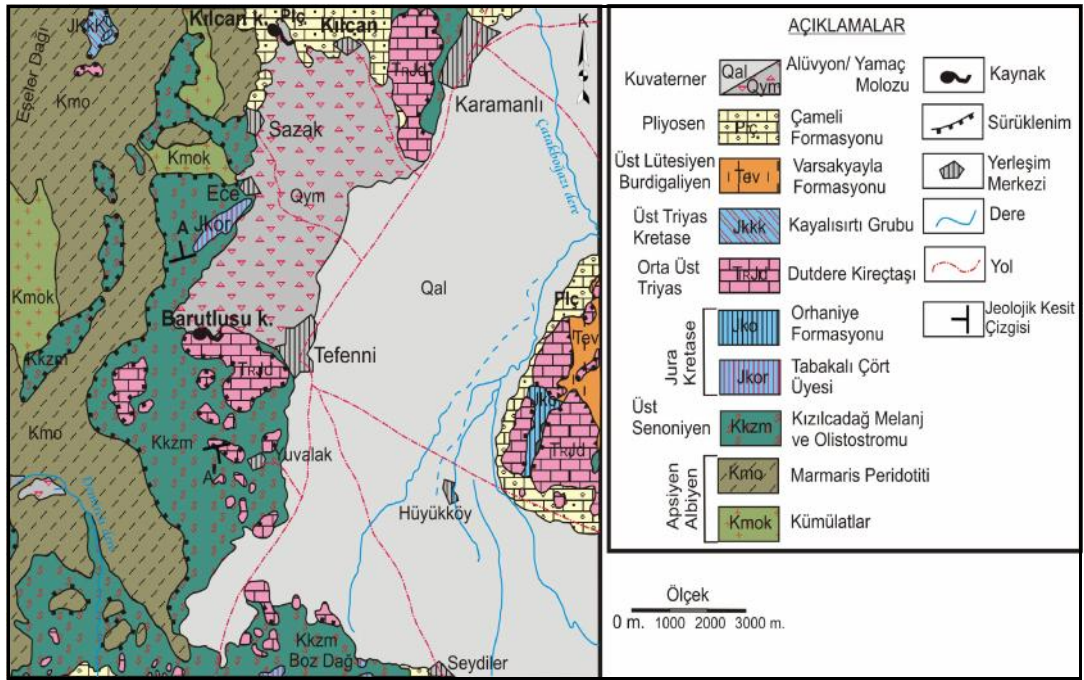
Ayrıca, yine ovanın doğusunda kumtaşı, kireçtaşı, kiltası ardalanmasından oluşan Çameli formasyonundan yaklaşık olarak 5 l/s ile boşalan Elmacık ve Kayıköy kaynakları bulunmaktadır. Bu kaynaklardan kullanma ve hayvan yetiştiriciliği amaçları için yararlanılmaktadır. Kapaklı kaynağı ise Dutedere kireçtaşı ve Elmalı formasyonu dokanağından; Kayalı kaynağı Dutedere kireçtaşı ve Çameli formasyonu dokanağından 3-4 lt/s ile boşalan diğer kaynaklardır.

Ovanın güneydoğusunda 10-15 l/s ile önemli debiye sahip olan diğer bir kaynak ise 1382 m kotundan boşalan Bayramlar kaynağıdır. Kaynak kireçtaşı, çört ve radyolarit ardalanmasından oluşan Orhaniye formasyonundan boşalmaktadır. Kaptajı yapılmamış olan kaynak suyundan genellikle sulama amaçlı olarak yararlanılmaktadır.

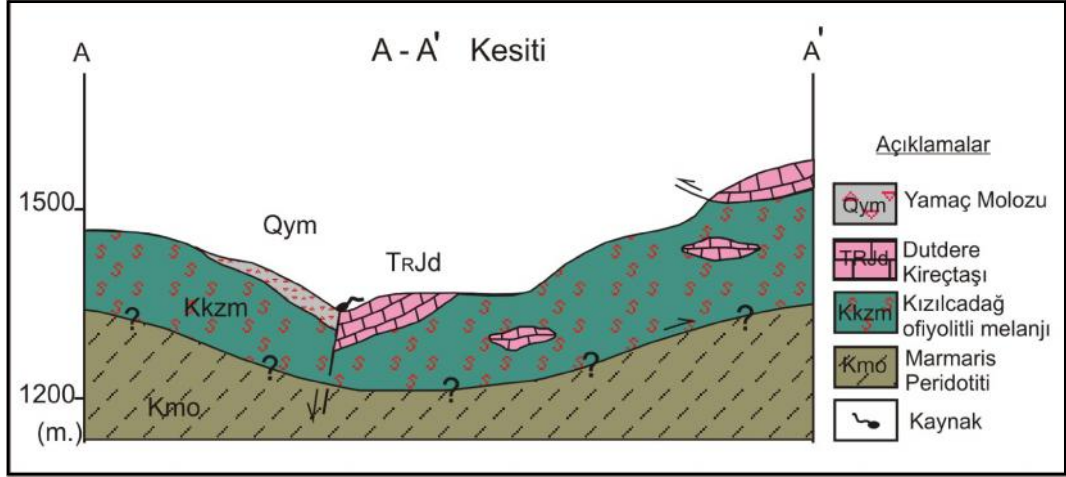
Sıcak ve Mineralli Su Kaynakları

İnceleme alanında sıcak su kaynağı özelliği taşıyan Pınarbaşı kaynağı ve mineralli su özelliğindeki Barutlusu kaynağı farklı sıcaklıkları ve kimyasal yapıları ile dikkati çeken önemli kaynaklardır.

Barutlusu (Tefenni) kaynağı; Allohton konumlu Kızılıcaadağ ofiyolitleri ve Dutdere kireçtaşı dokanağı boyunca gelişen bindirme yüzeyinden boşalan Barutlusu kaynağı 17.6 °C boşalım sıcaklığına sahiptir (Varol ve Davraz, 2010; Şekil 4.25., 4.26.). Şifalı su olarak bilinen mineralli su, çevre illerden gelen insanlar ve yöre halkı tarafından içme suyu ve tedavi amaçlı olarak kullanılmaktadır (Şekil 4.27.). Kaynağın hidrojeokimyasal özellikleri Bölüm 4.6.5’de değerlendirilmiştir.



Şekil 4.25. Barutlusu kaynağı ve çevresinin jeoloji haritası (Şenel vd., 1989’den değiştirilerek alınmıştır; Varol ve Davraz, 2010).

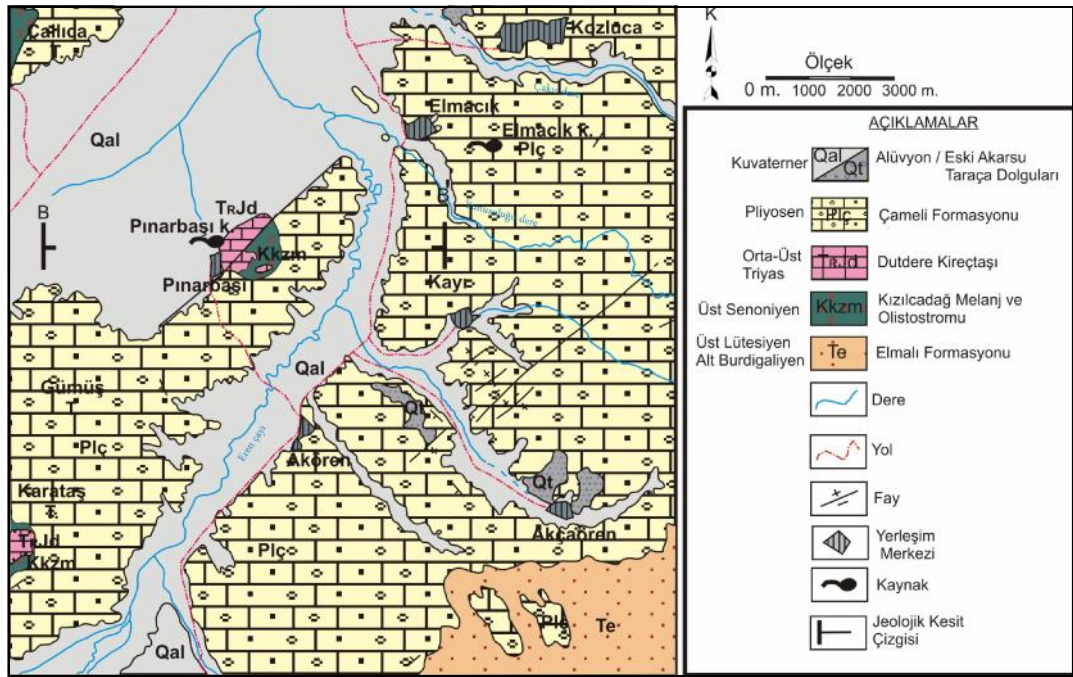


Şekil 4.26. Barutlusu kaynağı ve çevresinin jeoloji enine kesiti (Varol ve Davraz, 2010).

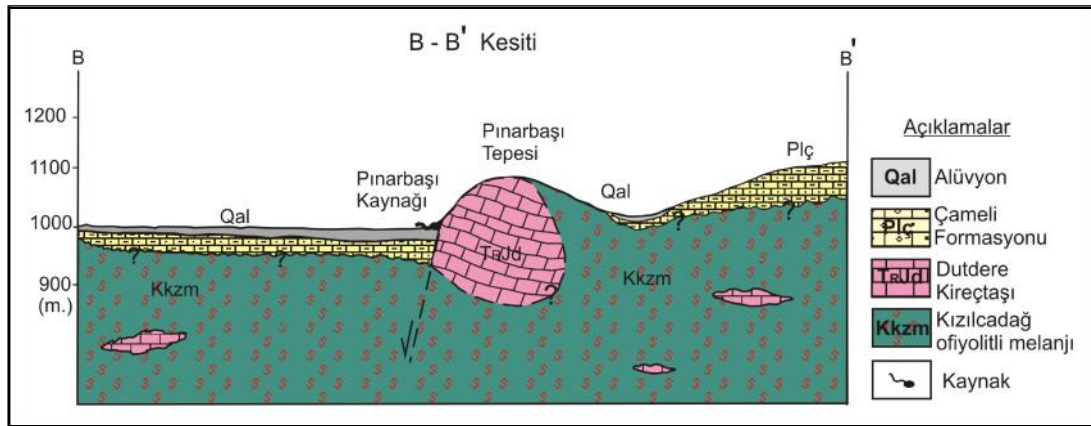


Şekil 4.27. Barutlu su kaynak çıkışından bir görünüm

Pınarbaşı kaynağı; Kızılcaadağ ofiyolitleri ve Dutdere kireçtaşı dokanağı boyunca gelişen bindirme yüzeyinden boşalan diğer bir kaynaktır (Varol ve Davraz, 2010; Şekil 4.28., 4.29.). Kaynağın boşalım sıcaklığı 27°C olup, bu özelliği nedeni ile sıcak sular sınıfına girmektedir (Schoeller, 1962). Pınarbaşı kaynağının boşalım havuzlarında bir dönem su ürünleri yetiştiriciliği yapılmıştır. Ancak havuzlardan ve kaynak suyundan günümüzde herhangi bir amaçla yararlanılmamaktadır (Şekil 4.30.). Kaynağın hidrojeokimyasal özellikleri Bölüm 4.6.5’de değerlendirilmiştir.



Şekil 4.28. Pınarbaşı kaynağı ve çevresinin jeoloji haritası (Şenel vd., 1989'dan değiştirilerek alınmıştır; Varol ve Davraz, 2010)



Şekil 4.29. Pınarbaşı kaynağı ve çevresinin jeoloji enine kesiti (Varol ve Davraz, 2010)



Şekil 4.30. Pınarbaşı sıcak su kaynağından bir görünüm.

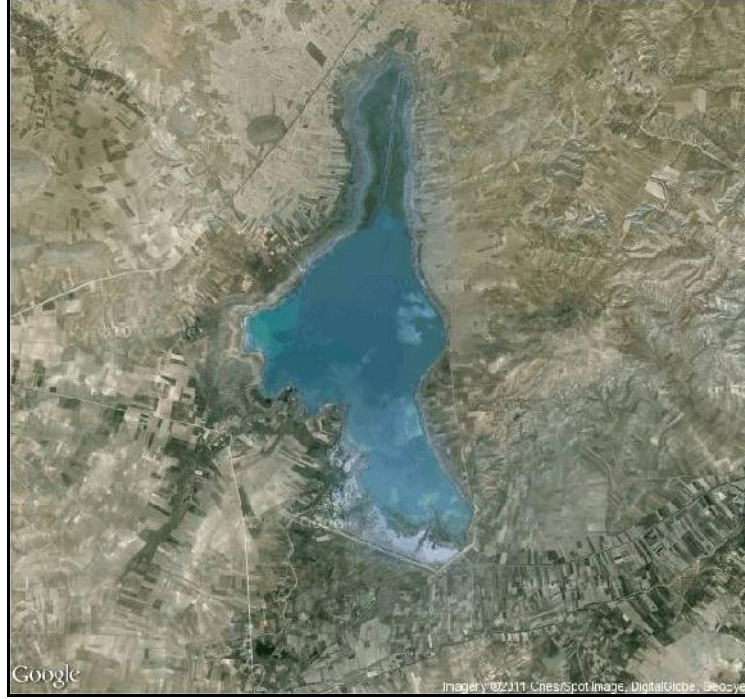
4.5.1.3 Göller

Karataş Gölü: Burdur ili Karamanlı ilçe sınırları içerisinde yer alan, yüzölçümü 1190 ha olan Karataş Gölü, Tefenni Ovası'nın kuzeydoğu bölümünde yer alan küçük ve sığ tatlı su gölüdür. Gölün batı kıyıları daha yoğun olmak üzere kısmen sazlıklarla çevrilidir. Kış aylarında barındırdığı angıt ve dik kuyruk türü ördekler, uluslararası öneme sahip sulak alanlar listesinde yer almasını sağlamaktadır. Göl, 1995 yılında yaban hayatı koruma statüsüne kavuşturulmuştur (Şekil 4.31.).

Göl çevresinde yer alan sazlıklar ticari olmamakla birlikte yöre halkı tarafından gerek hayvan barınaklarında gerekse diğer kullanımlar için kesilmektedir. Göl çevresinde ekimi yapılan hububat ve şekerpancarı tarlalarında kullanılan gübre ve pestisitler gölü besleyen dere ve yağış sularıyla göle taşınmaktadır. Bu durum Karataş Gölü'nün kirlenmesine neden olmaktadır.

Karataş Gölü'nde 65 hm³ su depolanmakta ve bu su gölün kuzey ve güneyinden olmak üzere iki noktadan alınarak gölün doğusundaki 6600 ha'lık bir alanın

sulanmasında kullanılmaktadır. 1982 yılında Devlet Su İşleri'nin sadece yağışlı dönemlerde göle su veren Bozçay'dan göle sürekli su akışı sağlayacak bir projeyi



Şekil 4.31. Karataş Gölü uydu görüntüsü (google earth 2011; www.turkcebilgi.com son erişim tarihi: 07.02.2011)

uygulamaya geçirmesi sonucunda gölün maksimum su seviyesi 1043 m'den 1053 m'e çıkmıştır. Bunun sonucunda gölün maksimum su seviyesinin artırılması ile göl içerisindeki geniş sazlık alanlar yok olmuştur. Ayrıca, sulama suyu talebinin artması ve son yıllarda görülen kuraklık Bozçay deresi sularının, Karamanlı Barajı'nda tutulmasını gündeme getirmiştir. Bu uygulama, gölün yarısının dolmasına ve göl alanının yaklaşık 600 ha'a düşmesine neden olmuştur. Göl çevresine yapılan seddeler ile Karataş Gölü maksimum 1190 ha'lık bir alanı kaplayan baraj gölüne dönüştürülmüştür. Karataş Gölü sulak alanı içinde, göle kuzeyden giriş yapan Bademli deresi üzerine 3 hm³ kapasiteli sulama amaçlı bir barajın yapılması planlanan projeler arasındadır. Bu projenin, barajın göldeki su seviye değişimi üzerinde etkili olması beklenmektedir. Gölde ticari ve sportif amaçlı balıkçılık yapılmaktadır (Şekil 4.32., www.turkceyazi.com.tr).



Şekil 4.32. Karataş Gölü, göl yüzeyinden izlenen sazlıklar ve gölde balıkçılık (fotoğraflar 08.07.2009 tarihinde çekilmiştir)

4.5.1.4. Sondaj Kuyuları

Çalışma alanında resmi kurumlar ve özel şahıslar tarafından açılmış çok sayıda sondaj kuyusu bulunmaktadır. Bu kuyulardan 74 adeti DSİ 18. Bölge Müdürlüğü Sondaj Şube Başmühendisliği tarafından 1968-2003 tarihleri arasında araştırma ve işletme amaçlı olarak açılmıştır.

Çalışma alanında, DSİ tarafından açılan kuyuların derinlikleri 70 - 250 m, statik seviyeleri 1 – 56.96 m, dinamik seviyeleri 10.60 – 80.16 m ve debileri ise 1 – 45.10 l/sn arasında değişmektedir. Açılan kuyuların büyük bir çoğunluğu sulama amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bu kuyulara ait hidrolojik ve hidrojeolojik özellikleri yansıtan kuyu logları EK-2 de, teknik özellikleri ise Çizelge 4.9'da sunulmuştur.

Çizelge 4.9. Tefenni Ovası içerisinde DSİ 18. Bölge Müdürlüğü tarafından açılmış olan kuyuların teknik verileri (DSİ 1968 -2003)

No	Kuyu Yeri	Kuyu No	Statik Seviye (m)	Dinamik Seviye (m)	Derinlik (m)	Debi (Q) l/sn
1	Çallica	56663	9,20	-	133	-
2	Mürsellers- Bademli	43230	56,96	90	147	0,5
3	Mürsellers- Bademli	43230/B	24,28	64,83	150	5,17
4	Mürsellers- Bademli	43231	11,10	46,20	140	0,5
5	Mürsellers- Bademli	43231/B	4,78	52,26	150	24,79
6	Mürsellers- Bademli	35150	12,08	43,87	150	17,09
7	Mürsellers- Bademli	57562	19,57	43,95	153	29,33
8	Çaltepe	57894	2	61,24	148	16,21
9	Çaltepe	57895	5,21	51,64	105	23,27
10	Bedirli	53547	18,21	43,34	163	24,28
11	Bedirli	53548	22	46,61	90	27,05
12	Bedirli	53549	19,78	45,34	91	21,13
13	Sazak	52338	18	61,27	100	15,01
14	Sazak	52339	12	36,84	72	40,62
15	Sazak	52340	16	55,73	116	17,1
16	Sazak	43497	19,90	66,57	156	9,08
17	Sazak	42727	4,52	40,42	70	44,34
18	Sazak	35135	15,36	51,16	117	19,23
19	Kılcan	47605	37	58,88	142	33,81
20	Kılcan	47606	50	71,64	142	30,27
21	Ece	45771	36	52,03	140	30,27
22	Ece	45772	38	55	140	30,27
23	Ece	43211	49,19	63,61	140	31,22
24	Ece	35195	34,16	49,72	168	36,83
25	Tefenni	43239	34,62	57,21	200	20
26	Tefenni	43240	28,40	45,52	200	30,27
27	Tefenni	43241	31,42	67,04	200	12,30
28	Tefenni	15892	5,85	13,26	160	41
29	Tefenni	15893	4	10,60	240	40,80
30	Tefenni	15894	27		240	
31	Tefenni	10343	18,20	25,21	250	40
32	Tefenni	10344	14,93	19,26	240	42,13
33	Tefenni	10345	24,48	41,44	208,6	20
34	Tefenni	15895	21	44,02	205	12,20
35	Yuvalak	45758	12,12	40	177	30,59
36	Yuvalak	45759	15,60	32,80	180	38,35
37	Yuvalak	45760	25,60	45,04	200	26,18
38	Yuvalak	45761	26,70	46	173	19,24
39	Yuvalak	45762	24,70	43,17	180	30,27
40	Seydiler	54721	7	58,37	130	10,1
41	Seydiler	54722	8,40	43,27	138	22,14
42	Seydiler	54723	9	75,41	150	10,1
43	Seydiler	54724	14	61,28	150	13,56
44	Seydiler	34371	19,22	69,10	117	1
45	Bayramlar	49462	19	67,81	106	20,37
46	Bayramlar	49463	22	72,63	120	20,69
47	Bayramlar	49464	16	53,41	118	25,6
48	Hasanpaşa	40107	25,54	53,49	150	15,77
49	Hasanpaşa	40108	20,34	54,78	150	10,85

Çizelge 4.9.'un devamı

No	Kuyu Yeri	Kuyu No	Statik Seviye (m)	Dinamik Seviye (m)	Derinlik (m)	Debi (Q) l/sn
50	Hasanpaşa	40108/B	6,20	41,10	114	30,02
51	Hasanpaşa	40109	31,86	64,72	80	33,05
52	Hasanpaşa	32933	17,22	43,72	150	22,07
53	Hasanpaşa	47745	23,90	63,10	128	18,4
54	Hasanpaşa	43695/B	18,15	67,60	150	8,30
55	Kayalı	49470	0,05	54,37	120	30,08
56	Kayalı	49471	0,38	46,34	120	23,65
57	Kayalı	49472	0,50	48,34	120	20,37
58	Harman kaya	32779	11,20	33,69	130	40,62
59	Harman kaya	40110	20,42	40,86	131	42,13
60	Harman kaya	40111	22,67	40,69	130	42,89
61	Harman kaya	40112	21,63	40,03	130	45,10
62	Yaylaköy	47622	7	76,87	131	2
63	Yaylaköy	47623	8	61,97	131	6,24
64	Elmacık	43110	11,45	54,41	103	5,17
65	Kılavuzlar	45753	1	15,44	130	44,34
66	Kılavuzlar	45754	9,14	17,89	130	36,83
67	Kılavuzlar	45755	8,30	22	130	34,58
68	Kılavuzlar	45756	10	24,63	134	34,58
69	Kılavuzlar	45757	25	33,67	130	33,81
70	Kemer	36433	12	80,16	162	2
71	Kemer	56666	6,37	41,15	104	11,67
72	Kozluca	43709	-	65	160	-
73	Kozluca	56801	138	-	168	-
74	İğdeli	54080	18	72	122	10

Tefenni Ovası genelinde açılmış olan sondaj kuyularının büyük bir çoğunluğu alüvyon akifer, çalışma alanında yaygın olarak gözlemlenen Dutdere kireçtaşları ve Kızılcadağ ofiyolitleri içerisinde bölgesel olarak su bulundurabilen kireçtaşı seviyelerinden su almaktadır (EK-2.). Ovanın ortasına doğru alüvyon kalınlığı artmakta ve buna bağlı olarak kuyuların verimlerin de artış gözlenmektedir.

Çallica'nın güneyinde bulunan Mürseller ve Bademli köylerine ait sondaj kuyularının debileri 0.5-29.33 l/sn arasında değişmektedir. Bu kuyularda konglomera, alüvyon, kireçtaşı ve Kızılcadağ ofiyolitleri içerisindeki kireçtaşlarından su alınmaktadır. En yüksek debinin (29.33 l/sn) elde edildiği 57562 no'lu kuyu Karataş Gölü kenarında ve alüvyon kalınlığı oldukça fazla olan bir bölgede bulunmaktadır. Bu bölgede açılan kuyular içerisinde diğer yüksek debili kuyu ise kalın kireçtaşı blokları içerisinde su alan 43231/B no'lu kuyudur (EK-2).

Karamanlı ilçe merkezinin kuzeybatısında yer alan Çaltepe köyüne ait iki adet sondaj kuyusu bulunmaktadır. Bu kuyuların debileri 16.21 ve 23.27 l/sn'dir. Bu bölgedeki kuyularda karstik akifer ve ofiyolitler içerisindeki kireçtaşlarından su alınmaktadır. Bedirli köyü içerisinde açılan sondaj kuyularında ise 21.13-27.05 l/sn arasında değişen debi elde edilmiştir. Bu kuyularda Bedirli köyünün de üzerinde kurulduğu alüvyon içerisinde ve Kızılcadağ ofiyolitleri içerisinde bulunan kireçtaşlarından su alınmaktadır (EK-2).

Sazak köyü ve çevresinde açılmış sondaj kuyularının debileri ise 9.08-44.34 l/sn arasında değişmektedir. Bölgedeki sondaj kuyularından 43497, 35135 no'lu kuyularda alüvyondan, 52338, 52339 ve 52340 no'lu kuyularda alüvyon ve kireçtaşlarından, 42727 no'lu kuyuda ise sadece kireçtaşlarından su alınmaktadır (EK-2). Bölgede alüvyonun kalın kesildiği ve kil seviyesinin ince olduğu kuyularda debi değerleri artış göstermektedir. En yüksek debi (44.34 l/sn) 42727 no'lu sondaj kuyusuna aittir.

Kılcan köyü ve çevresinde iki adet sondaj kuyusu bulunmaktadır. Bu kuyuların debileri 30.27 ve 33.81 l/sn'dir. Bu bölgedeki sondaj kuyularında alüvyondan su alınmaktadır. İnceleme alanının merkezinde yer alan Ece köyüne ait sondaj kuyularının debileri 30.27-36.83 l/s arasında değişmektedir. Bu bölgedeki sondaj kuyularında alüvyon ve Kızılcadağ ofiyolitleri içerisinde bulunan kireçtaşlarından su alınmaktadır (EK-2). Debi değerlerindeki yakınlık benzer akifer ortamlar içerisinde su alındığını göstermektedir.

Tefenni ilçe merkezine ait sondaj kuyularının debileri 12.20-42.13 l/sn arasında değişmektedir. Bölgedeki 15892, 15893, 15894 ve 15895 no'lu kuyularda alüvyon akiferden su alınmaktadır. Bu kuyulardan 15895 no'lu kuyunun debisi, alüvyon kalınlığının ince olması ve kil seviyelerinin yüksek olması nedeniyle diğerlerine göre düşüktür (12.20 l/sn). Tefenni bölgesindeki kuyulardan 10343 ve 10344 no'lu kuyularda konglomera ve alüvyondan, 10345 no'lu kuyuda ise konglomera ve az miktarda da kireçtaşı seviyelerinden su alınmaktadır. Bölgedeki 43239, 43240 ve

43241 no'lu kuyularda ise alüvyon ve Kızılcadağ ofiyolitleri içerisindeki kireçtaşı seviyelerinden su alınmaktadır (EK-2).

Tefenni ilçesinin güneyinde yer alan Yuvalak köyüne ait sondaj kuyularında debi değerleri ise 19.24-38.35 l/sn arasında değişmektedir. Bu bölgede açılan sondaj kuyularından 45758 no'lu kuyu alüvyondan su alırken diğer 45759, 45760, 45761 ve 45762 no'lu kuyularda su, alüvyon ve ofiyolitler içerisindeki kireçtaşlarından alınmaktadır (EK-2). Bu kuyularda kil seviyelerinde değişime bağlı olarak debi miktarları değişmektedir.

İnceleme alanının güneybatı kesiminde bulunan Seydiler köyüne ait sondaj kuyularının debileri ise 1-22.14 l/sn arasında değişmektedir. Bu kuyulardan 54721, 54722, 54723 ve 54724 no'lu kuyularda alüvyon ve ofiyolitler içerisinde yer alan az miktardaki kireçtaşı seviyelerinden su alınmaktadır. Aynı bölgedeki 34371 no'lu kuyuda ise alüvyon akifer içerisinde bulunan kalın kil seviyeleri nedeniyle en düşük debi (1 l/sn) elde edilmiştir. Seydiler köyü güneybatısında yer alan Bayramlar köyü sondaj kuyularının debileri 20.37- 25.60 l/sn arasında değişmekte ve bu bölgede yeraltısuyu alüvyon ve kireçtaşlarından alınmaktadır. 49462 no'lu kuyuda alüvyon akifer içerisinde bulunan kalın kil seviyelerinin kesilmesi nedeniyle debi değeri (20.37 l/sn) bu bölgedeki diğer kuyulara göre (20.69 l/sn ve 25.60 l/sn) düşmüştür (EK-2).

Çalışma alanının güneydoğusunda bulunan Hasanpaşa köyüne ait sondaj kuyularının debileri ise 8.30-33.05 l/sn arasında değişmektedir. 40107 ve 32933 no'lu kuyular alüvyondan su alırken 40108, 40108/B, 40109, 47745, 43695/B no'lu kuyular alüvyon ve kireçtaşlarından su almaktadır (EK-2). 43695/B no'lu kuyuda yoğun olarak gözlenen kil seviyeleri nedeniyle bu kuyuya ait debi değeri (8.30 l/sn) bu bölgedeki en düşük değeri göstermektedir.

Yaylaköy sondaj kuyuları iki adet olup, çalışma alanının güneyinde ve alüvyon kalınlığının giderek inceldiği ova kenarında açılmıştır. Bu kuyuların debileri ise 2 ve 6.24 l/sn'dir. Yaylaköy'e ait kuyulardan 47622 no'lu kuyuda kireçtaşından, 47623

no'lu kuyuda ise alüvyondan su alınmaktadır. Alüvyon kalınlığının ince olması ve geçirimsiz kil seviyelerinin artış göstermesi nedeniyle debilerin düşük olduğu gözlenmektedir.

Ovanın ortasında yer alan Kocayatak tepenin doğu yamacına kurulmuş Harmankaya köyüne ait kuyular alüvyon içerisinde açılmış olup bu kuyuların debileri 40.62-45.10 l/sn arasında değişmektedir. Bu bölgede alüvyon kalınlığı 130 m'ye kadar ulaşmakta ve bu bölgede alüvyon akifer içerisinde kalın kil seviyeleri kesilmektedir (EK-2).

İnceleme alanının güneydoğusunda bulunan Kayalı köyüne ait sondaj kuyularının debileri 20.37-30.08 l/sn arasında değişmektedir. Bu kuyularda alüvyondan su alınmaktadır. Aynı derinlikte açılmış olan bu kuyularda debilerdeki değişim alüvyon kalınlığı ve kil seviyelerindeki değişime bağlı olarak doğru orantılıdır. Kayalı köyünün kuzeydoğusunda kurulmuş olan Kılavuzlar köyüne ait sondaj kuyuları alüvyon içerisinde açılmış olup debileri 33.81-44.34 l/sn arasında değişmektedir. Bu kuyularda alüvyondan su alınmakta ve alüvyon kalınlığının fazla olduğu görülmektedir.

İnceleme alanında, Kemer ilçe merkezine ait iki adet sondaj kuyusu bulunmaktadır. Bu kuyuların debileri 2 ve 11.67 l/sn'dir. Bu kuyulardan debisi daha yüksek olan kuyuda (56666 no'lu kuyu) yeraltısuyu alüvyondan alınırken, debisi düşük olan kuyuda (36433 no'lu kuyu) ise kireçtaşından alınmaktadır. Elmacık köyünde DSİ tarafından açılmış bir adet sondaj kuyusu bulunmaktadır ve bu kuyunun debisi 5.17 l/sn'dir. Bu kuyuda alüvyondan su alınırken, kuyunun açıldığı bölgede kil içeriğinin ve seviyelerinin kalın olması nedeniyle debi değeri düşüktür.

Çalışma alanında Kozluca kasabasına ait iki adet sondaj kuyusu bulunmaktadır. Bu kuyulardan 43709 no'lu kuyu dere yatağında açılmış ve bu kuyuda metan gazı ve köpük çıkışları nedeniyle seviye ve debi ölçümleri yapılamamıştır. Kozluca kasabasının kuzeyinde bulunan İğdeli köyünde ise bir adet sondaj kuyusu bulunmaktadır. Buradaki kuyunun debisi ise 10 l/sn'dir (EK-2).

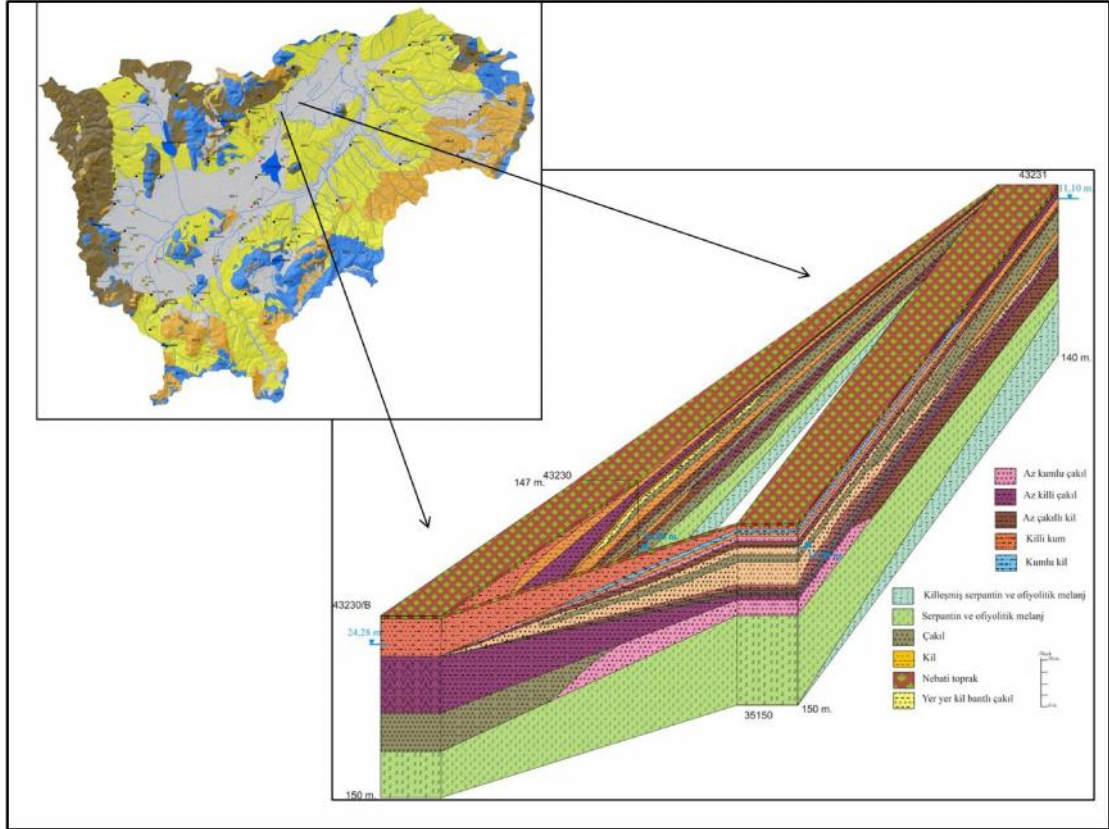
4.5.2. Litolojik birimlerin hidrojeolojik özellikleri

İnceleme alanı içerisinde yer alan jeolojik birimler, hidrojeolojik özellikleri dikkate alınarak taneli ortam akiferi (Akf-1), erimeli-çatlaklı kaya ortam akiferi (Akf-2), akıttard ortam-1 (Akt-1) ve akifüj ortam (Akj) olarak ayırtlanmış ve buna göre bölgenin hidrojeoloji haritası hazırlanmıştır (EK-3).

4.5.2.1. Taneli ortam akiferi (Akf-1)

Alüvyon, yamaç molozu ve eski akarsu taraçaları inceleme alanında yayılımı ve verimi fazla olan taneli ortam akiferini temsil etmektedir. Ova içerisinde geniş bir yayılıma sahip olan alüvyon malzeme güncel akarsuların ve yamaç döküntülerinin oluşturduğu tutturulmamış tortullardan oluşmakta ve allokon konumlu birimler arasındaki çukurluk alanlarda, akarsuların yakın çevrelerinde ve Karataş Gölü çevresinde yayılım göstermektedir (EK-3). Alüvyon havzada yaklaşık olarak 174 km²'lik bir alanda bulunmaktadır. Kalınlıkları Tefenni Ovası genelinde 5-130 m arasında değişmektedir. Alüvyon birim içerisinde bulunan kil seviyelerinin Tefenni Ovası orta kesimlerinde bulunan Karataş Gölü kuzeyinde daha kalın ve sık olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.33., 4.34., 4.35.). Bu bölgede alüvyon akiferde açılmış sondaj kuyuların debileri 2-34.58 l/s arasında değişmektedir. Karataş Gölü güneyinde ise alüvyon akifer içerisindeki kil seviyelerinde azalma gözlenmektedir. Bu bölgedeki kuyuların debileri ise 15-45 l/s arasında değişmektedir.

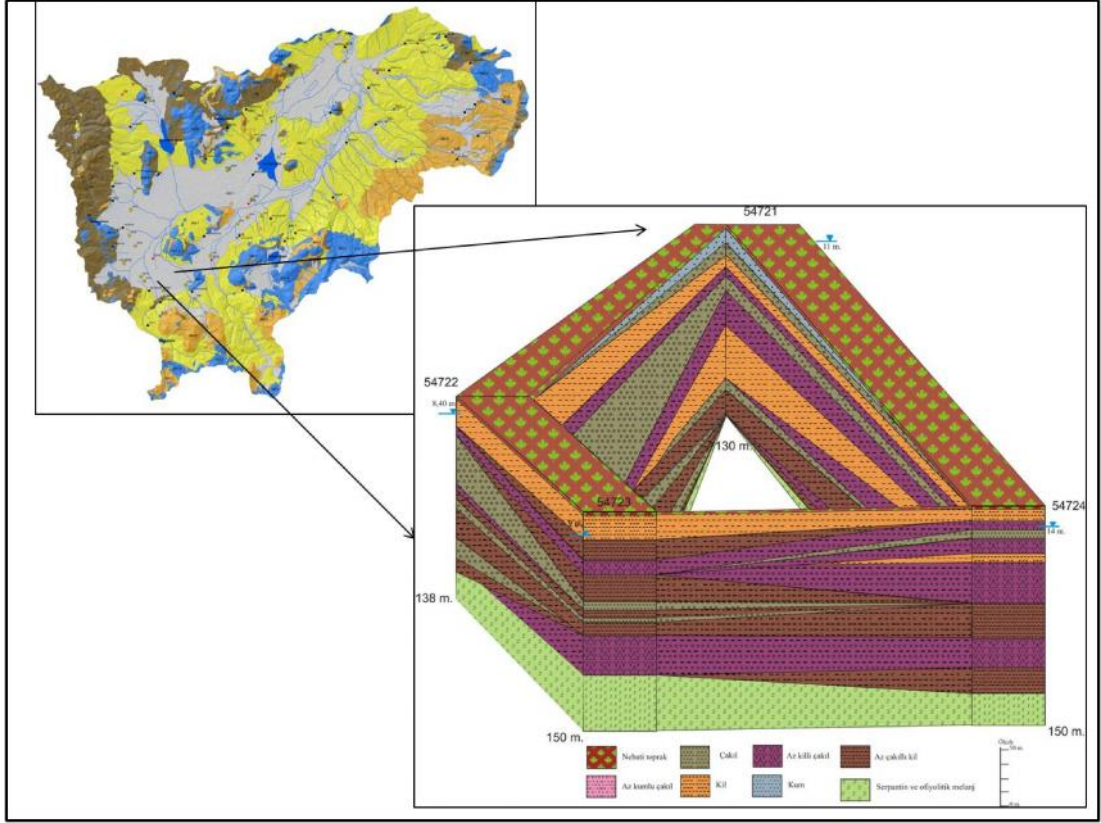
Aynı şekilde, geçirimli birimler içerisinde yer alan yamaç molozu ve birikinti konileri de genellikle Kızılcadağ ofiyolitleri birimine ait değişik boyutlu ve farklı derecelerde yuvarlaklaşmış çakıllardan ve ova kenarlarında gevşek, az yuvarlak, köşeli veya yuvarlak çakıl ile az oranda kum ve çamurtaşlarından oluşmaktadır. Yuvarlak çakıllı, orta derecede tutturulmuş çakıltaşlarının oluşturduğu eski akarsu taraçaları da çalışma alanında taneli ortam akiferini oluşturan birimlerdir.



Şekil 4.33. Tefenni Ovası batısında (Karataş gölü kuzeyi – Mürseller köyü) alüvyon akifer içerisinde açılan sondaj kuyularına ait panel diyagram

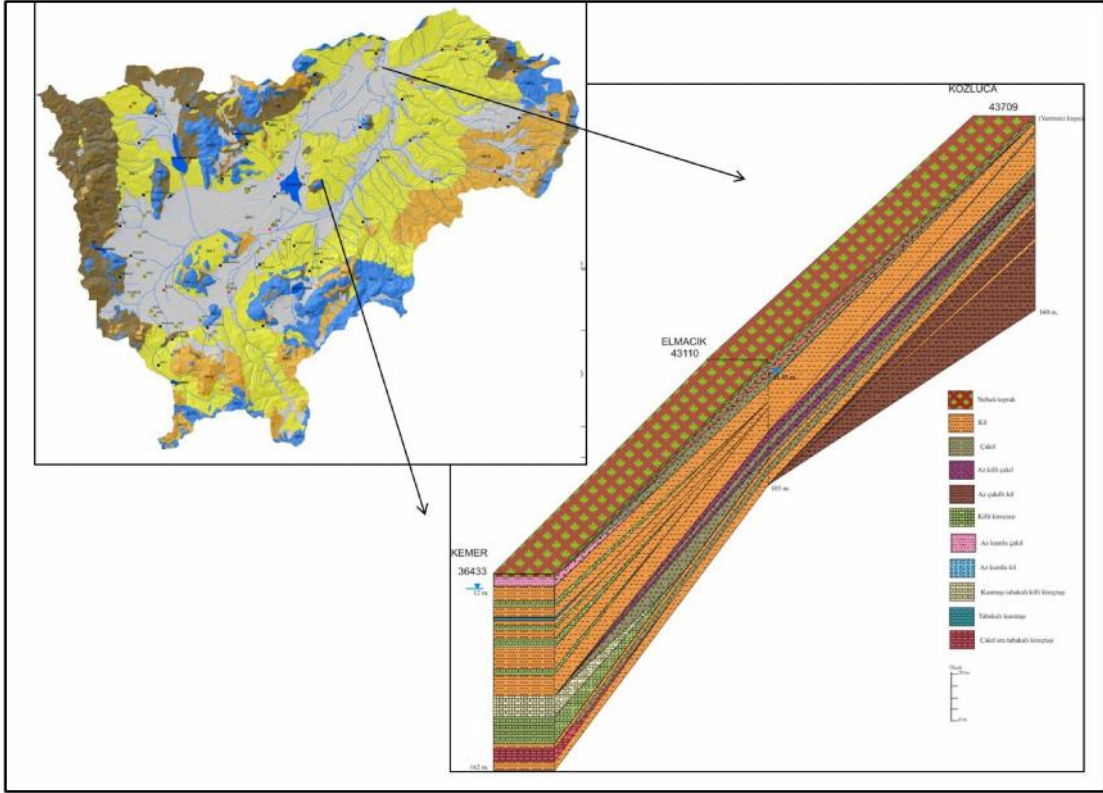
4.5.2.2. Erimeli çatlaklı kaya ortam akiferi (Akf-2)

Kireçtaşları, çatlak ve erime boşluklarında önemli miktarlarda yeraltısuyu bulundurabilen ve suyun hareketine izin veren yapılardır. İnceleme alanında da kireçtaşı birimleri geniş bir yayılıma sahiptir. Dutdere kireçtaşı, Karanasıflar formasyonu ve Kayalısırtı birimi '*Erimeli çatlaklı kaya ortam akiferi*' olarak sınıflandırılmıştır. Farklı yaş ve adlandırmalara sahip kireçtaşlarından oluşan birimler, sahip oldukları kırıklı-çatlaklı ve karstik boşluklu yapılarından dolayı akifer özelliği göstermektedirler.



4.34. Tefenni Ovası güneyinde (Seydiler-Bayramlar köyleri) alüvyon akifer içerisinde açılan sondaj kuyularına ait panel diyagram

Bu birimlerden ovada en fazla yayılıma sahip olanı Duttur kireçtaşlarıdır. Soğuk su akiferi olarak önemli bir potansiyele sahip olan Duttur kireçtaşı birimi, inceleme alanı içerisinde boşalan Pınarbaşı sıcak su kaynağı ile Barutlusu mineralli su kaynağının hazne kayacı özelliğini de taşımaktadır. Duttur kireçtaşları bölgede en yaşlı birim olsa da tektonizmanın aktif ve yoğun olduğu bölgede bindirmelerin etkisiyle yüzeye çıkmakta ve kendisinden daha genç birimlerle birlikte görülmektedir. Rekristalize ve dolomitik kireçtaşlarının oluşturduğu Duttur kireçtaşı birimi, inceleme alanında daha çok güney ve batı kesimler ile yükseltilerin fazla olduğu lokasyonlarda yüzeye çıkmaktadır.



4.35. Tefenni Ovası doğusunda (Kemer- Kozluca-Elmacık köyleri) alüvyon akifer içerisinde açılan sondaj kuyularına ait panel diyagramı

İnceleme alanının farklı bölgelerinde açılan pek çok sondaj kuyusunda Dutdere kireçtaşları kesilmiştir. Sazak köyü civarında açılmış olan 52338, 52339, 52340 ve 42727 no'lu kuyular bunlardan bazılarıdır. Bu kuyularda ölçülen debi değerleri kesilen kireçtaşı kalınlığına bağlı olarak 15.01-44.34 l/sn arasında değişmektedir. Aynı bölgedeki kireçtaşı kesilmeyen kuyuların (43497 ve 35135 no'lu kuyular) debileri ise 9.08 ve 19.23 l/sn arasında olup diğerlerine göre daha düşük debilere sahip oldukları görülmektedir. Diğer karstik birimler olan Karanasıflar formasyonu ve Kayalısirtı birimi ise çalışma alanının doğu kesiminde ve daha küçük alanlarda yüzeylediği görülmektedir. Bu birimlerin kesildiği sondaj kuyuları bulunmamaktadır.

4.5.2.3. Akitard ortam-1 (Akt-1)

İnceleme alanında yüzeyleyen Çameli, Yavuz ve Varsakyayla formasyonları litolojileri ve yayılımları dikkate alınarak '*Akitard ortam-1*' olarak sınıflandırılmıştır

(EK-3). Çameli formasyonu, çakıltaşı, kumtaşı, kıltaşı, killi kireçtaşı, marn, konglomera vb., kaya türlerinden oluşmaktadır. Birim içerisinde bulunan kıltaşı, marn seviyelerinin geçirimsiz özellikte olması, birimin akifer olabilme kapasitesini kısıtlamaktadır. Formasyon, çalışma alanında en geniş yayılıma sahip birimlerden olup genel olarak ova kenarlarında Kuvaterner birimleriyle birlikte görülmektedir.

Yavuz formasyonu, kireçtaşı ara seviyeli kumtaşı ve kıltaşlarından oluşmaktadır. Kireçtaşı seviyeleri su bulundurabilme özelliğine sahip iken formasyon içerisinde bulunan kıltaşı seviyeleri yeraltısuyu hareketini ve iletimliliğini kısıtlamaktadır. İnceleme alanının kuzeyindeki birkaç küçük mostradan başka özellikle ovanın güneyinde yaygın olarak görülen formasyon, Bayramlar ve Işıklar köylerinden başlayarak güneye doğru devam etmektedir. Bunun yanı sıra Kemer ilçesinin hemen altında da D-B yönünde geniş bir alanda yüzeylemektedir. Varsakyayla formasyonu, çakıltaşı, kireçtaşı, marn ve kıltaşı seviyelerinden oluşmaktadır. İnceleme alanının güneyinde geniş alanlarda yüzeyleyen formasyon içerisinde bulunan çakıltaşı ve kireçtaşı seviyelerinin kalınlık ve dağılımlarına bağlı olarak yeraltısuyu bulundurabilmektedir. İnceleme alanında Çameli, Yavuz ve Varsakyayla formasyonlarının kesildiği sondaj kuyusu bulunmamaktadır.

4.5.2.4. Akitard ortam (Akt-2)

İnceleme alanında yayılımları kısıtlı alanlarda olan ve su bulundurma açısından benzer hidrojeolojik özellikler taşıyan Karaböğürtlen, Orhaniye, Elmalı, Söbüce Yayla ve Mamatlar formasyonları '*Akitard ortam-2*' olarak ayırtlanmışlardır (EK-3). Karaböğürtlen formasyonu, konglomera, killi kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı, kalsitürbidit, kumtaşı, kıltaşı ve silttaşı seviyelerinden oluşmaktadır. Formasyon içerisindeki konglomera ve kırıklı-çatlaklı kireçtaşı seviyeleri kısıtlı oranlarda yeraltısuyu bulundurabilmektedir. Ancak, birim inceleme alanında Çaltepe köyü ve çevresinde oldukça küçük bir alanda mostra vermektedir.

Orhaniye formasyonu, bazik volkanit, radyolarit, çört, şeyl ara düzeyli çörtlü mikrit ve dolomitik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Birim içerisindeki kalsitürbidit seviyeleri

ve dolomitik kireçtaşları az miktarda su bulundurabilse de volkanitler, radyolarit-çört-şeyl ara düzeyli çörtlü mikritler su bulundurma özelliğine sahip değildir. Bu formasyon, ovanın güney ve güneydoğu bölümlerinde yüzeylemektedir.

Elmalı formasyonu, inceleme alanının daha çok doğu kesiminde Kemer ilçesi, Bozlar ve Kapaklı köyleri çevresinde yayılım göstermektedir. Birim, kumtaşı, kıltaşı ve silttaşı ile bunlar arasında seyrek çakıltaşı, bloklu kil ve silttaşlarından oluşmaktadır. İçerisindeki kumtaşı ve çakıltaşı seviyeleri su bulundurabilir ancak formasyon içerisindeki kil ve silt yüzdesinin fazla olması nedeniyle formasyon az geçirimli birim olarak ayırtlanmıştır.

Çalışma alanının kuzeybatısında dar bir alanda gözlemlenen Mamatlar formasyonu, alttan üste doğru çakıltaşı, kıltaşı, kumtaşı ve yumru kireçtaşı, üstte ince çakıllı konglomera, kumtaşı, ağırlıklı olarak kıltaşı, marn ve killi kireçtaşından oluşmaktadır. İçerisindeki çakıltaşı, kumtaşı ve kireçtaşları formasyona su bulundurma özelliğini kazandırmakta ancak kıltaşı ve marn seviyeleri akifer olabilme özelliğini kısıtlamaktadır.

Söbüce Yayla formasyonu, kumtaşı ve kumlu kıltaşı birimlerinden oluşmaktadır. İnceleme alanında çok dar alanlarda bulunan birim kumtaşlarının kalınlık ve yayılımlarına bağlı olarak sınırlı miktarda yeraltısuyu bulundurabilmektedir.

4.5.2.5. Akifüj ortam (Akj)

İnceleme alanının batı kesimlerinde Çallıca, Karamanlı, Bedirli, Yuvalak çevrelerinde, doğu kesiminde ise Karacaören ve Kapaklı çevrelerinde yayılım gösteren Kızılcadağ ofiyolitleri ve Marmaris peridotitleri geçirimsiz birimler olarak ayırtlanmışlardır. Kızılcadağ ofiyolitleri, serpantin ve serpantin hamur içerisindeki karbonatlar, radyolarit-çört, çörtlü kireçtaşı, neritik kireçtaşları ile bazalt, split, tuf, gabro, diyabaz vb. bloklardan oluşmaktadır. Ofiyolitik malzemeler içerisindeki kireçtaşlarında yeraltısuyu bulunabilirken genel yapı itibarıyla bu birimler yeraltısuyunu iletebilecek kapasitede değildirler. Geçirimsiz birimlerden diğeri olan

Marmaris Peridotiti ise çalışma alanı içerisinde oldukça geniş bir yayılıma sahip olup genel olarak ovanın batı kesimlerinde yüzeylenmektedir. Formasyon, bünyesinde bulunan litolojik birimlerin akifer olabilme kapasitelerinin olmaması nedeniyle akifüj ortam olarak değerlendirilmiştir.

4.5.3. Akiferlerin hidrolik parametreleri

Akiferlerin hidroloji parametreleri yeraltısuyu rezervlerinden optimum düzeyde yararlanılması ve karşılaşılan problemlerinin çözümünde bilinmesi gereken önemli sayısal verilerdir. İnceleme alanında akifer olarak tanımlanan birimlerin hidrolik parametrelerini (transmisibilite, permeabilite ve depolama katsayısı) belirlemek amacıyla, bölgede DSİ 18. Bölge Müdürlüğü tarafından açılmış kuyulardan 56 adedi seçilmiştir. Seçilen kuyuların büyük bir çoğunluğu ovada en önemli akifer olan alüvyon birim içerisinde açılmıştır. Kuyularda hidrolik parametrelerini belirlemek için Aquifer Test 4.0 bilgisayar yazılım programından yararlanılmıştır. Bu kuyularda açıldığı tarihlerde yapılmış sabit seviyeli düşüm deney verilerinin değerlendirilmesinde gözenekli akiferde, dengesiz rejim için geçerli olan Cooper-Jacob Time-DrawDown ve Theis yöntemleri seçilmiştir (Çizelge 4.10.). Alüvyon ortam içerisinde açılmış olan sondaj kuyularında hesaplanan transmissibilite katsayısı ova genelinde $1.03 \times 10^{-3} - 9.54 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sn}$ arasında değişmektedir. Permeabilite katsayısı değerleri ise $1.18 \times 10^{-4} - 8.48 \times 10^{-6} \text{ m/sn}$ ' dir (Çizelge 4.10.). Kireçtaşı birimi içerisinde açılan kuyularda belirlenen transmissibilite ve permeabilite katsayıları ise sırasıyla $5.23 \times 10^{-4} - 9.89 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sn}$, $1.31 \times 10^{-5} - 2.41 \times 10^{-5} \text{ m/sn}$ değerleri arasındadır (Çizelge 4.10.). Çizelgede verilen hidrolik parametreler kuyu logları ile birlikte değerlendirildiğinde; tane boyutları arttıkça permeabilite ve transmisibilite katsayılarının arttığı görülmektedir. Kil seviyelerindeki artışa bağlı olarak ise hidrolik parametrelerde düşüş tespit edilmiştir. Ayrıca, ova genelinde alüvyon akiferde kuzeyden güneye doğru hidrolik parametrelerde artış gözlenmektedir.

4.5.4. Yeraltısuyu dinamiği

Yeraltısuyu dinamiği akifer ortamlar içerisinde bulunan yeraltısuyunun hareketini, akım yönlerini ve mevsimsel değişimlerini açıklamaktadır. Bu veriler hidrojeoloji araştırmalarında olduğu gibi pek çok mühendislik jeolojisi ve farklı disiplinlere ait araştırmalarda da kullanılan önemli bir veridir. Araştırma alanında bulunan yeraltısuyu kuyuları genel olarak yaygın verimli akifer olan alüvyon birim üzerinde açılmıştır. Bu birimde yeraltısuyu seviye değişimleri ve akım yönünün belirlenmesi amacıyla, temsili olarak seçilen 26 adet kuyuda yağışlı ve kurak dönemler için dört dönem (Mayıs - Ekim 2009 ve Mayıs - Ekim 2010) yeraltısuyu seviye ölçümleri yapılmıştır (Çizelge 4.11.). Kurak ve yağışlı dönemleri temsil eden en güncel veriler olarak Mayıs-Ekim 2010 ölçümlerine göre yeraltısuyu seviye haritaları hazırlanmıştır (Şekil 4.36., 4.37.).

Mayıs ve Ekim (2010) dönemlerine ait yeraltısuyu seviye haritalarında genel olarak, yeraltısuyu seviye eğrilerinin bölgenin batısında seyrekleştiği, bunun yanında kuzey ve kuzey doğu kesimlerinde ise sıklaştığı dikkati çekmektedir. Yeraltısuyu seviye eğrilerinin sıklaştığı Çallıca - Mürseller bölgeleri arasında hidrolik eğim 1.11×10^{-3} . Kılavuzlar - Kağılcık arasında ise 0.010 'dur. Eğrilerin sıklaştığı bölgeler düşük permeabiliteli, yüksek hidrolik eğimli ortamları temsil etmektedir. Bu bölgelerde alüvyon akifer içerisinde kil seviyeleri daha kalın ve/veya sık aralanmalı olarak bulunmaktadır. Yeraltısuyu seviye eğrilerinin seyrekleştiği Karataş Gölü güneyindeki bölgelerde Yuvalak- Seydiler arasında hidrolik eğim 2.72×10^{-3} , Ece-Kağılcık arasında 3.15×10^{-3} ve Kılavuzlar- Karataş gölü arasındaki bölgelerde ise hidrolik eğim 3.44×10^{-3} 'dür. Tefenni ovasını yarı kapalı havza özelliği kazandıran ve ovayı bütünüyle katederek Burdur gölüne boşalan Eren çayı (Bozçay) yeraltısuyu seviye haritalarındaki durumu göz önünde bulundurulduğunda yeraltısuyu tarafından beslendiği görülmektedir. Bölgedeki en önemli yüzey suyu olan Karataş gölü de yine yeraltısuyu tarafından beslenmektedir. Mayıs döneminde yapılan yeraltısuyu seviye haritasında da aynı durum gözlenmektedir. Hazırlanan her iki haritada da yeraltısuyu akım yönünün ovanın kuzeyinde bulunan Burdur Gölü'ne doğru olduğu görülmektedir.

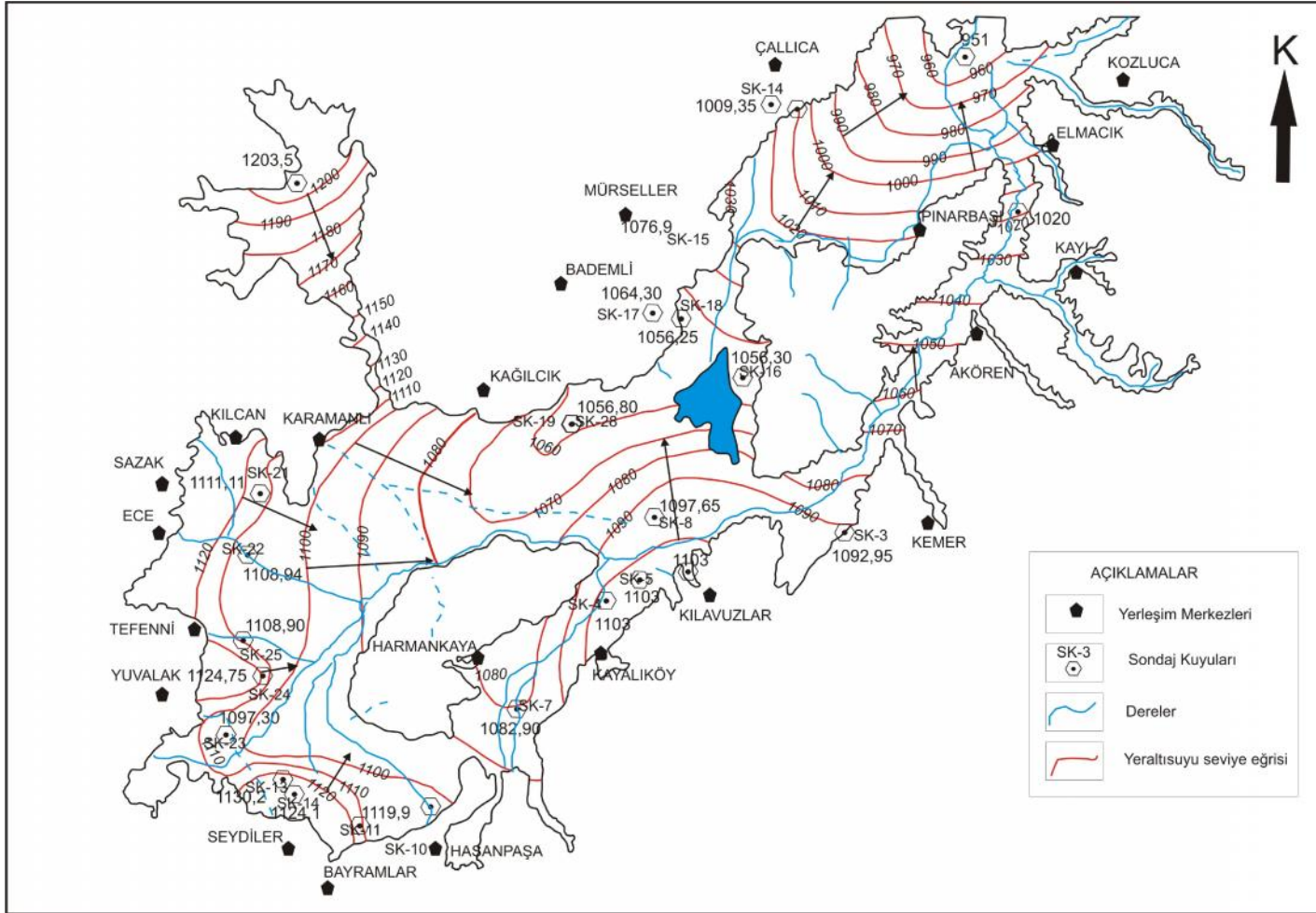
Yeraltısuyu seviye haritaları doğal ve yapay kökenli etkenlere bağlı olarak yeraltısuyundaki değişimin irdelenmesinde en önemli görsel verilerden biridir. Doğal etkenler olan yağış, buharlaşma ve yüzeysel akış ile yapay etkenler olan yeraltısuyu çekimi ve Karataş Gölü ile Karamanlı Barajı'ndan sulama, yeraltısuyu seviyesinin mevsimsel değişimini denetleyen unsurlardır. Ekim ayında yapılan ölçümlerde statik seviyenin Mayıs ayına göre daha düşük değerlerde olduğu görülmektedir. Bu durum, sulama amacıyla su çekimi ile doğrudan bağlantılıdır. Ekim ayına kadar olan dönemde kurak mevsimde olunması ve su kullanımının asgari değere ulaşması yeraltısuyu seviyesini düşürmektedir. Düşüm miktarı bütün kuyularda aynı oranda gerçekleşmemektedir. Alüvyon akiferde yeraltısuyunun yüzeyden derinliği Mayıs - 2009 döneminde 3.75 - 50.05 m, Ekim-2009 döneminde 5.20 - 49.90 m arasında değişirken Mayıs-2010 döneminde 3.70-49.06 m Ekim-2010 döneminde ise 7.75-48.35 m arasında değişmektedir (Çizelge 4.11.). Ova genelinde 2010 yılında yeraltısuyu seviyelerinin 2009 yılına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum 2010 yılında gerçekleşen yağış miktarının artışı ile doğru orantılıdır. Kozluca'da bulunan 56801 nolu kuyu yüksek bir topoğrafyada kireçtaşı birimi içerisinde açılmıştır. Bu kuyuda yeraltısuyunun yüzeyden derinliği 2009 yılında 128.35-129.34 m, 2010 yılında ise 129.71-130.0 m arasında değerler ölçülmüştür (Çizelge 4.11.). Su çekiminin kısıtlı olduğu bu kuyuda seviye değişimleri düşük oranlarda gerçekleşmiştir.

Cizelge 4.10. Akifer parametreleri

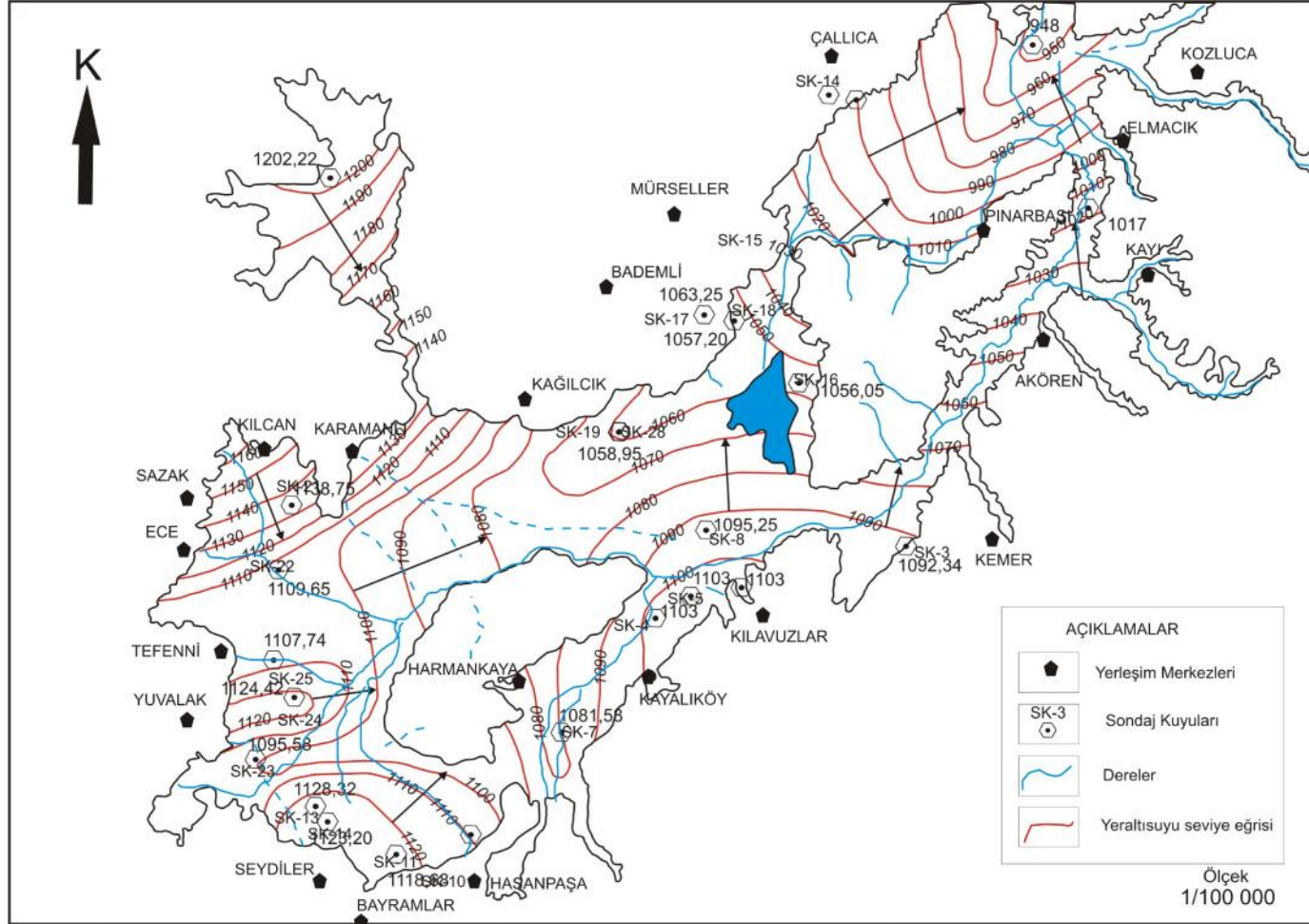
Bölge Kuyu No.		Theis			Cooper- Jacob (Time – Drawdown)		Bölge Kuyu No.		Theis			Cooper- Jacob (Time – Drawdown)	
		T (m ² /s)	K(m/s)	S	T (m ² /s)	K(m/s)			T (m ² /s)	K(m/s)	S	T (m ² /s)	K(m/s)
Mürseller	43230-B	2,95x10 ⁻⁴	6,25x10 ⁻⁶	1,0x10 ⁻¹⁵	2,95x10 ⁻⁴	6,25x10 ⁻⁶	Manca	32779	3,76x10 ⁻³	3,66x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	3,76x10 ⁻³	3,66x10 ⁻⁵
	43231-B	1,03x10 ⁻³	8,48x10 ⁻⁶	1,0x10 ⁻¹⁵	1,03x10 ⁻³	8,48x10 ⁻⁶		40110	4,32x10 ⁻³	4,50x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	4,32x10 ⁻³	4,50x10 ⁻⁵
	35150	1,06x10 ⁻³	1,93x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	1,06x10 ⁻³	1,93x10 ⁻⁵		40111	4,97x10 ⁻³	5,13x10 ⁻⁵	1,70x10 ⁻¹⁵	4,97x10 ⁻³	5,13x10 ⁻⁵
	57562	1,78x10 ⁻³	2,31x10 ⁻⁵	1,65x10 ⁻¹²	1,78x10 ⁻³	2,31x10 ⁻⁵		40112	5,16x10 ⁻³	6,07x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	5,16x10 ⁻³	6,07x10 ⁻⁵
Çaltepe	57894	5,23x10 ⁻⁴	1,31x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	5,23x10 ⁻⁴	1,31x10 ⁻⁵	Seydiler	54721	4,01x10 ⁻⁴	6,08x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	4,01x10 ⁻⁴	6,08x10 ⁻⁵
	57895	9,89x10 ⁻⁴	2,41x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	9,89x10 ⁻⁴	2,41x10 ⁻⁵		54722	1,29x10 ⁻³	2,01x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	1,29x10 ⁻³	2,01x10 ⁻⁵
Bedirli	53548	2,26x10 ⁻³	1,33x10 ⁻⁴	1,0x10 ⁻¹⁵	2,26x10 ⁻³	1,33x10 ⁻⁴		54723	2,82x10 ⁻⁴	5,99x10 ⁻⁶	1,0x10 ⁻¹⁵	2,82x10 ⁻⁴	5,99x10 ⁻⁶
Karamanlı	45771	3,90x10 ⁻³	3,90x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	3,90x10 ⁻³	3,90x10 ⁻⁵		54724	5,48x10 ⁻⁴	7,82x10 ⁻⁶	1,0x10 ⁻¹⁵	5,48x10 ⁻⁴	7,82x10 ⁻⁶
	45772	3,68x10 ⁻³	3,17x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	3,68x10 ⁻³	3,17x10 ⁻⁵	Bayramlar	49462	5,78x10 ⁻⁴	8,38x10 ⁻⁶	1,0x10 ⁻¹⁵	5,78x10 ⁻⁴	8,38x10 ⁻⁶
Kılcan	47605	3,18x10 ⁻³	3,83x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	3,18x10 ⁻³	3,83x10 ⁻⁵		49463	5,88x10 ⁻⁴	1,18x10 ⁻⁴	1,0x10 ⁻¹⁵	5,88x10 ⁻⁴	1,18x10 ⁻⁴
	47606	2,92x10 ⁻³	3,21x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	2,92x10 ⁻³	3,21x10 ⁻⁵		49464	1,38x10 ⁻³	2,07x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	1,38x10 ⁻³	2,07x10 ⁻⁵
Sazak	43497	3,76x10 ⁻⁴	4,65x10 ⁻⁶	1,0x10 ⁻¹⁵	3,76x10 ⁻⁴	4,65x10 ⁻⁶	Yaylaköy	47622	4,92x10 ⁻⁵	1,76x10 ⁻⁶	1,0x10 ⁻¹⁵	4,92x10 ⁻⁵	1,76x10 ⁻⁶
	35135	9,54x10 ⁻⁴	3,29x10 ⁻⁵	2,03x10 ⁻¹⁴	9,54x10 ⁻⁴	3,29x10 ⁻⁵		47623	2,12x10 ⁻⁴	3,12x10 ⁻⁶	1,0x10 ⁻¹⁵	2,12x10 ⁻⁴	3,12x10 ⁻⁶
	52338	6,84x10 ⁻⁴	1,52x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	6,84x10 ⁻⁴	1,52x10 ⁻⁵	H.paşa	43695B	3,13x10 ⁻⁴	5,40x10 ⁻⁶	1,0x10 ⁻¹⁵	3,13x10 ⁻⁴	5,40x10 ⁻⁶
	52339	3,32x10 ⁻³	6,03x10 ⁻⁵	2,89x10 ⁻¹⁵	3,32x10 ⁻³	6,03x10 ⁻⁵		47745	9,15x10 ⁻⁴	1,16x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	9,15x10 ⁻⁴	1,16x10 ⁻⁵
	52340	8,45x10 ⁻⁴	2,35x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	8,45x10 ⁻⁴	2,35x10 ⁻⁵		40107	1,13x10 ⁻³	1,16x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	1,13x10 ⁻³	1,16x10 ⁻⁵
	42727	2,54x10 ⁻³	3,74x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	2,54x10 ⁻³	3,74x10 ⁻⁵		40108	4,54x10 ⁻⁴	3,69x10 ⁻⁶	6,84x10 ⁻¹³	4,54x10 ⁻⁴	3,69x10 ⁻⁶
Ece	35195	4,94x10 ⁻³	6,03x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	4,94x10 ⁻³	6,03x10 ⁻⁵	40109	2,03x10 ⁻³	4,51x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	2,03x10 ⁻³	4,51x10 ⁻⁵	
	43211	4,04x10 ⁻³	5,05x10 ⁻⁴	2,70x10 ⁻¹⁴	4,04x10 ⁻³	5,05x10 ⁻⁴	49470	1,09x10 ⁻³	1,85x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	1,09x10 ⁻³	1,85x10 ⁻⁵	
Tefenni	10343	1,29x10 ⁻³	6,47x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	1,29x10 ⁻³	6,47x10 ⁻⁵	Kayalı	49471	1,03x10 ⁻³	1,86x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	1,03x10 ⁻³	1,86x10 ⁻⁵
	10345	2,43x10 ⁻³	1,80x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	2,43x10 ⁻³	1,80x10 ⁻⁵		49472	8,36x10 ⁻⁴	1,14x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	8,36x10 ⁻⁴	1,14x10 ⁻⁵
	43239	1,82x10 ⁻³	2,21x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	1,82x10 ⁻³	2,21x10 ⁻⁵		45753	6,61x10 ⁻³	7,68x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	6,61x10 ⁻³	7,68x10 ⁻⁵
	43240	3,61x10 ⁻³	1,83x10 ⁻⁵	1,24x10 ⁻⁵	3,61x10 ⁻³	1,83x10 ⁻⁵	Kılavuzlar	45754	9,21x10 ⁻³	1,23x10 ⁻⁴	1,0x10 ⁻¹⁵	9,21x10 ⁻³	1,23x10 ⁻⁴
43241	6,63x10 ⁻⁴	5,14x10 ⁻⁶	1,0x10 ⁻¹⁵	6,63x10 ⁻⁴	5,14x10 ⁻⁶	45756		5,00x10 ⁻³	7,82x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	5,00x10 ⁻³	7,82x10 ⁻⁵	
45758	2,25x10 ⁻³	2,62x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	2,25x10 ⁻³	2,62x10 ⁻⁵	45757		8,32x10 ⁻³	7,43x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	8,32x10 ⁻³	7,43x10 ⁻⁵	
Yuvalak	45759	4,69x10 ⁻³	4,19x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	4,69x10 ⁻³	4,19x10 ⁻⁵	Elmacık	43110	2,17x10 ⁻⁴	4,43x10 ⁻⁶	3,06x10 ⁻¹⁵	2,17x10 ⁻⁴	4,43x10 ⁻⁶
	45760	2,35x10 ⁻³	1,94x10 ⁻⁵	7,38x10 ⁻¹⁴	2,35x10 ⁻³	1,94x10 ⁻⁵	İğdeli	54080	3,13x10 ⁻⁴	6,31x10 ⁻⁶	1,0x10 ⁻¹⁵	3,13x10 ⁻⁴	6,31x10 ⁻⁶
	45761	2,02x10 ⁻³	6,53x10 ⁻⁵	1,0x10 ⁻¹⁵	2,02x10 ⁻³	6,53x10 ⁻⁵	Dereköy	56666	3,60x10 ⁻⁴	3,64x10 ⁻⁶	5,78x10 ⁻¹¹	3,60x10 ⁻⁴	3,64x10 ⁻⁶
	43762	3,25x10 ⁻³	3,96x10 ⁻⁵	1,11x10 ⁻¹⁵	3,25x10 ⁻³	3,96x10 ⁻⁵							

Çizelge 4.11. Tefenni Ovası'nda bulunan sondaj kuyularında mevsimlik yeraltısuyu statik seviye ölçümleri (2009-2010)

Kuyu No	Örnek No.	Mevkii	Kot (m)	Mayıs 2009	Ekim 2009	Seviye farkı	Mayıs 2010	Ekim 2010	Seviye farkı
54080	SK1	İğdeli	1211	18.43	22,90	4.47	18,00	20,90	2.9
56801	SK2	Kozluca	1184	128.35	129,34	0.99	129,71	130,00	0.29
36433	SK3	Kemer	1101	8.36	9,08	0.72	8,05	8,66	0.61
40110	SK7	Manca	1100	21.02	21,97	0.95	17,10	18,42	1.32
45755	SK8	Kılavuzlar	1103	7.04	7,60	0.56	5,35	7,75	2.4
43695	SK9	Kavak mah.	1272	6.14	14,20	8.06	10,60	16,93	6.33
32933	SK10	Işıklar mah.	1270	34.88	26,48	-8.4	17,78	18,92	1.14
49462	SK11	Bayramlar	1138	21.78	21,54	-0.24	18,10	19,32	1.22
54721	SK12	Seydiler	1137	14.94	16,35	1.41	12,90	13,80	0.90
(54723)	SK13	Seydiler	1139	10.37	12,45	2.08	8,80	10,68	1.88
56663	SK14	Çallıca	1022	13.14	14,90	1.76	12,65	15,00	2.35
(-)	SK15	Mürseller	1092	15.45	15,70	0.25	15,10	15,10	0
57562	SK16	Karataş G.	1072	15.03	15,20	0.17	15,70	15,95	0.25
43230	SK17	Mürseller	1068	3.75	5,20	1.45	3,70	4,75	1.05
43231/B	SK18	Mürseller	1065	10.82	10,72	-0.1	8,75	7,80	-0.95
7	SK19	Kağılcık	1086	29.42	29,58	0.16	29,20	29,00	-0.20
9	SK20	Kağılcık	1086	27.32	27,60	0.28	26,87	27,05	0.18
47606	SK21	Kılcan	1182	35.74	46,25	10.51	70,89	43,25	-27.64
35195	SK22	Ece	1158	50.05	49,90	-0.15	49,06	48,35	-0.71
45758	SK23	Yuvalak	1121	15.98	17,05	1.07	23,70	25,42	1.72
15892	SK24	Tefenni	1139	14.15	15,15	1.00	14,25	14,58	0.33
43241	SK25	Tefenni	1140	31.69	32,80	1.11	31,10	32,26	1.16
47894	SK26	Çaltepe	1209	5.42	6,85	1.43	5,50	6,78	1.28



Şekil 4.36. Mayıs (2010) yeraltısuyu seviye haritası



Şekil 4.37. Ekim (2010) yeraltısuyu seviye haritası

4.6. Hidrojeokimya

Çeşitli şekillerde yeryüzüne düşen yağışların meydana getirdiği yeraltı suları, beslenme alanından boşalım alanına doğru birçok jeokimyasal sürecin etkisiyle farklı fiziksel ve kimyasal özellikler kazanmaktadır (Şahinci, 1991). Yeraltına süzülen sular, derinlerde temas halinde oldukları kayaç ve mineralleri çözmeye başlamakta ve bu işlem su içerisinde denge konsantrasyonlarına erişilinceye veya mineraller tamamen tükeninceye kadar devam etmektedir. Yeraltı sularının kimyasal bileşimi, suların içinden geçtikleri akiferlerin mineralojik ve kimyasal özelliklerinin, akiferlerde suyun akış hızının, akış koşullarının ve akiferdeki kalış süresinin bir fonksiyonudur (Freeze ve Cherry, 1979; Appelo ve Pastma, 1993; Andreo ve Carrasco, 1999). Kazanılan bu kimyasal özellikler yeraltı sularının farklı amaçlar için kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Yeraltı sularının verimi kadar, kullanım amacına göre fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özelliklerinin tespiti de önem taşımaktadır.

Bunlara bağlı olarak çalışmanın bu bölümünde inceleme alanındaki yeraltı sularının fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özellikleri, kirlilik parametreleri, yeraltı suyu kalitesi ve kullanım koşulları gibi konulara açıklık getirilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, Tefenni Ovası'nı genel olarak temsil eden noktalarda yüzey suyu, kaynak ve sondaj kuyularından olmak üzere 28 ayrı noktadan su örnekleri alınmıştır (Çizelge 4.12., 4.13.). Bir havzada hidrojeokimyasal değerlendirmelerin yapılabilmesi için iki hidrolojik dönemde analizlerin yapılması gerekmektedir (Mazor, 1991). Genel olarak birbirini izleyen yağışlı ve kurak dönemlerde örnekleme yapılması mevsimsel değişime bağlı olarak su kimyasında oluşabilecek farklılıkları göstermektedir. İnceleme alanındaki su noktalarından, kurak dönemi temsilen Temmuz -2009'da, yağışlı dönemi temsilen de Mayıs -2010'da iki hidrolojik dönemde su örnekleri alınmıştır. Analiz sonuçları genel olarak irdelendiğinde belirli lokasyonlarda kurak ve yağışlı dönemlerde mevsimsel değişim ile doğrudan ilişkili olarak major iyon dizilimlerinde farklılıklar olduğu görülmektedir (Çizelge 4.14.).

Ayrıca, analiz sonuçlarının değerlendirilmeleri doğruluğunun denetlenmesi için aşağıda verilen formüle göre anyon-kasyon dengesinin belirlenmesi gerekmektedir.

$$\% \text{ hata} = (\text{TK} - \text{TA}) / 0.5 \times (\text{TK} + \text{TA}) \quad (4.2)$$

TK:Toplam kasyon (mek/l), TA:Toplam anyon (mek/l)

İyon bilançosunda hata yüzdesinin genellikle % 5' den düşük olması istenir. Pozitif değer kasyon fazlalığına, negatif değer ise anyon fazlalığına karşılık gelir. Analiz yapımı sırasında ortaya çıkan hatalar dışındaki % 5' den yüksek hata, suda analizi yapılmamış iyonların yüksek derişimde olabileceği şeklinde yorumlanmaktadır. Çalışma alanındaki yeraltısularında yapılan kimyasal analizlerde anyon-kasyon dengesinin yağışlı ve kurak dönemde % 5' den düşük olduğu, dolayısı ile suda analizi yapılmamış iyonların fazla olmadığı düşünülmektedir. Kurak dönemde alınan 28 adet örnek içerisinde S6 ve S7 no'lu örneklerde, yağışlı dönemde ise 28 adet örnek içerisinde S1, S2, S6 ve S16 no'lu örneklerde dengenin negatif (-) yönde geliştiği ve dolayısı ile bu sularda anyon fazlalığı olduğu belirlenmiştir. Diğer örneklerde ise pozitif (+) değerlerin ortaya çıkması ile kasyon fazlalığı olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.12., 4.13.).

Analiz sonuçları kurak ve yağışlı dönem olarak değerlendirilmiştir. Örnek alımında her bir örnek için dörder adet örnek alınmış olup kasyon analizleri 100 ml'lik polietilen şişe içerisine % 5'lik HNO₃ ilave edilerek Acme laboratuvarında (Kanada) yaptırılmıştır. Anyon analizleri ve kirlilik parametreleri olan nitrat, nitrit, amonyak analizleri ile izotop analizleri 1'er litrelik polietilen şişelerde, DSİ genel Müdürlüğüne ait laboratuvarlardan 18. Bölge Müd. Kalite Kontrol Laboratuvarı ve DSİ TAKK Dairesi Başkanlığı İzotop Laboratuvarında yaptırılmıştır. Ayrıca, sulardaki tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan kirliliğin nedeni olan pestisitlerin varlığının belirlenmesi için 1 lt'lik steril cam kavanozlara örnekler alınmıştır. Bu örnekler Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Isparta İl Kontrol Laboratuvarında analiz edilmiştir. İnceleme alanındaki suların bakteriyolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla da yine 1 lt'lik steril koyu renkli cam şişelere örnekler alınmış ve bunlar Burdur İl Halk Sağlığı Laboratuvarlarında analiz edilmiştir. Elektriksel iletkenlik (EC), hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH) ve sıcaklık değerleri ise örnek alımı çalışmaları sırasında

yerinde ölçülmüştür. Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları farklı harita ve diyagramlar üzerinde gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. Kurak döneme ait majör iyon (mg/l) analiz sonuçları (Temmuz 2009)

Örn.Yeri	No.	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	%Hata
Çallica k.	S1	2,07	0,83	59,53	3,27	7,45	146,5	0	12	0,16
Karataş G.	S2	32,88	5,28	20,78	42,44	12,76	180	0	55	0,31
Çallica s.	S3	19,50	1,81	46,95	33,42	18,79	209	0	60	0,14
Karamanlı k.	S4	8,19	1,79	113,57	14,77	17,73	303	0	39	0,15
Kılcan k.	S5	3,69	0,41	46,84	59,63	7,45	370	0	9	0,14
Barutlusu k.	S6	35,25	0,33	16,78	1,25	46,44	39,5	51	1	-0,39
Tefenni k.	S7	3,05	0,37	7,35	78,40	8,01	350	35,1	8,03	-0,05
Bedirli k.	S8	8,24	2,22	75,60	9,20	10,99	202	0	27	0,17
Bedirli s.	S9	18,42	1,09	52,90	27,76	11,34	235	0	39	0,14
Çaltepe k.	S10	2,42	0,64	15,50	89,99	5	391	0	9	0,21
Bademli k.	S11	12,02	0,83	36,73	18,04	5,67	170,5	0	23	0,11
Yuvalak s.	S12	14,75	0,43	64,97	34,55	14,18	289	0	29	0,16
Bayramlar k.	S13	1,78	0,45	43,39	7,48	4,25	143	0	10	0,08
Hüyük s.	S14	17,43	1,03	62,98	42,78	12,41	290	0	73	0,12
Manca s.	S15	19,74	1,66	51,69	29,29	11,70	260	0	49	0,05
Kayalı k.	S16	7,66	1,63	44,26	12,64	9,57	172	0	8	0,01
Kılavuzlar s.	S17	14,46	2,26	17,97	28,28	7,80	184,5	0	23	0,05
Akpınar k.	S18	1,09	7,94	138,29	2,55	4,61	132	0	4	1,03
Kapaklı k.	S19	3,18	1,13	185,25	7,934	5	320	0	10	0,57
Bozlar s.	S20	8,99	1,17	156,08	29,41	14,18	318	0	36	0,50
Kayıköy k.	S21	14,8	1,4	69,34	38,06	17,37	321	0	20	0,16
Kozluca 1 s.	S22	522,8	2,80	10,18	51,64	259,4	1073,5	0	36	0,07
Kozluca s.	S23	36,8	3,6	120,44	101,9	112,0	410	0	230	0,09
İğdeli s.	S24	47,90	1,31	45,12	50,71	30,13	301,5	0	85	0,12
Karacaören k.	S25	35,79	0,86	93,55	10,22	6,4	235	0	11	0,50
Pınarbaşı k.	S26	17,06	1,33	46,04	27,47	10,64	215	0	32	0,17
Elmacık k.	S27	16,13	12,5	108,21	33,13	17,73	340	0	24	0,33
Boğaziçi s.	S28	60,89	4,37	87,97	86,78	65,94	405	0	155	0,20

Çizelge 4.13. Yağışlı döneme ait majör iyon (mg/l) analiz sonuçları (Mayıs 2010)

Örnek Yeri	No.	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	%Hata
Çallica k.	S1	2,29	0,39	58,5	3,76	5,32	189,1	0	8,16	-0,02
Karataş G.	S2	27,58	3,12	37,07	39,03	13,13	280,6	24,6	33,14	-0,02
Çallica s.	S3	27,12	0,39	61,72	24,44	20,23	301,34	0	36,02	0,00
Karamanlı k.	S4	8,73	1,56	110,01	25,04	14,90	419	0	28,81	0,01
Kılcan k.	S5	4,12	0,39	50,1	57,51	7,09	427	0	11,04	0,00
Barutlusu k.	S6	40	0,39	16,03	7,17	72,76	3,05	30,6	5,76	-0,03
Tefenni k.	S7	3,21	0,39	7,01	71,50	7,09	304,39	32,4	6,72	0,00
Bedirli k.	S8	17,24	0,39	62,52	20,91	8,87	303,17	0	17,77	0,00
Bedirli s.	S9	22,76	0,39	47,89	31,73	10,64	308,66	0	22,09	0,03
Çaltepe k.	S10	2,75	0,39	11,02	82,08	6,38	431,27	0	8,16	0,00
Bademli k.	S11	14,02	0,39	31,06	24,68	9,22	213,5	0	14,40	0,03
Yuvalak s.	S12	14,02	0,39	38,47	48,27	11,35	366	0	9,60	0,00
Bayramlar k.	S13	2,52	0,39	45,09	10,70	3,90	182,39	0	7,68	0,00
Hüyük s.	S14	20,92	0,78	62,52	45,84	12,42	339,77	0	84,05	0,02
Manca s.	S15	25,52	1,95	56,71	33,44	13,48	330,01	0	39,86	0,02
Kayalı k.	S16	9,19	0,78	46,09	14,59	8,51	212,89	0	12	-0,02
Kılavuzlar s.	S17	13,10	0,78	16,03	30,76	10,64	208,62	0	9,12	0,00
Akpınar k.	S18	1,14	0,39	48,09	4,86	3,90	158,6	0	6,72	0,00
Kapaklı k.	S19	3,21	2,34	112,42	9,84	6,74	380,64	0	10,08	0,00
Bozlar s.	S20	10,34	1,56	92,38	34,89	10,29	427	0	27,85	0,01
Kayıköy k.	S21	12,87	1,17	48,89	35,62	13,13	284,26	9,6	24,01	0,02
Kozluca 1 s.	S22	558,68	3,51	16,03	55,20	250,96	1295,6	0	76,36	-0,01
Kozluca s.	S23	62,76	2,73	118,23	88,03	100,45	579,5	0	170,02	0,00
İğdeli s.	S24	60	2,34	55,71	61,52	35,49	391,01	0	145,05	0,01
Karacaören k.	S25	4,36	0,39	82,16	12,52	6,03	305	0	12,96	-0,02
Pınarbaşı k.	S26	20,46	1,95	43,08	28,08	11,71	274,5	0	32,66	-0,02
Elmacık k.	S27	10,57	1,7	46,09	29,06	14,19	259,25	0	22,57	0,01
Boğaziçi s.	S28	63,91	1,95	80,16	82,80	50,05	504,47	0	191,15	0,00

Çizelge 4.14. Çalışma alanındaki suların kurak ve yağışlı dönemde majör iyon dizilimi ve su tipleri (Y: Yağışlı dönem, K: Kurak dönem)

Örnek No	İyon dizilimi	Su tipi
S1K	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-HCO ₃
S1Y	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-HCO ₃
S2K	Mg>Na>Ca>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
S2Y	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >CO ₃ >SO ₄ >Cl	Mg-Ca-HCO ₃
S3K	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
S3Y	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
S4K	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-HCO ₃
S4Y	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
S5K	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Mg-Ca-HCO ₃
S5Y	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Mg-Ca-HCO ₃
S6K	Na>Ca>Mg>K; CO ₃ >Cl>HCO ₃ >SO ₄	Na-Ca-CO ₃ -Cl
S6Y	Na>Ca>Mg>K; Cl>CO ₃ >SO ₄ >HCO ₃	Na-Ca-Cl-CO ₃
S7K	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Mg-HCO ₃
S7Y	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Mg-HCO ₃
S8K	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-HCO ₃
S8Y	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
S9K	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
S9Y	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Mg-Ca-HCO ₃
S10K	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Mg-HCO ₃
S10Y	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Mg-HCO ₃
S11K	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
S11Y	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Mg-Ca-HCO ₃
S12K	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
S12Y	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >Cl>SO ₄ >CO ₃	Mg-Ca-HCO ₃
S13K	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
S13Y	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
S14K	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
S14Y	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
S15K	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
S15Y	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
S16K	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ > Cl> SO ₄ >CO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
S16Y	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
S17K	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Mg-Ca-HCO ₃
S17Y	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >Cl>SO ₄ >CO ₃	Mg-Ca-HCO ₃
S18K	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >Cl>SO ₄ >CO ₃	Ca-HCO ₃
S18Y	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-HCO ₃
S19K	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-HCO ₃
S19Y	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-HCO ₃
S20K	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
S20Y	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
S21K	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >Cl>SO ₄ >CO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
S21Y	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Mg-Ca-HCO ₃

Çizelge 4.14.'ün devamı

Örnek No	İyon dizilimi	Su tipi
S22K	Na>Mg>Ca>K; HCO ₃ >Cl>SO ₄ >CO ₃	Na-HCO ₃ -Cl
S22Y	Na>Mg>Ca>K; HCO ₃ >Cl>SO ₄ >CO ₃	Na-HCO ₃ -Cl
S23K	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Mg-Ca-HCO ₃ -Cl-SO ₄
S23Y	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
S24K	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Mg-Ca-Na-HCO ₃ -SO ₄
S24Y	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Mg-Ca-Na-HCO ₃ -SO ₄
S25K	Ca>Na>Mg>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-Na-HCO ₃
S25Y	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-HCO ₃
S26K	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
S26Y	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Mg-Ca-HCO ₃
S27K	Ca>Mg>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
S27Y	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Mg-Ca-HCO ₃
S28K	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
S28Y	Mg>Ca>Na>K; HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄

4.6.1. Yeraltısularının kalitesini belirten iyon özellikleri

İnceleme alanında 28 ayrı noktadaki kaynak ve sondaj kuyularından kurak ve yağışlı olmak üzere iki dönemde alınan örneklerde, sıcaklık (T), Elektriksel iletkenlik (EC) ve Hidrojen İyonu Konsantrasyonu (pH) değerleri yerinde ölçümlerle belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.15. ve 4.16.'da sunulmuştur. Ayrıca, suların sertlik, SiO₂, Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR) ve yüzde sodyum değerleri de hesaplanmıştır. Bu parametreler bağımsız başlıklar altında sunularak dönemsel karşılaştırmaları yapılmış ve aşağıda açıklanmıştır.

4.6.1.1. Sıcaklık (C⁰)

İnceleme alanındaki kaynak ve kuyu sularının sıcaklık değerleri kurak dönemde 9.1-18.7 °C arasında değişmektedir. Bölgedeki tek sıcak su kaynağı olan Pınarbaşı kaynağının (S26) kurak dönem ölçüm değeri ise 27 °C'dir. İnceleme alanındaki önemli yüzey suyu olan Karataş Gölü suyunun (S2) sıcaklığı kurak dönemde yapılan ölçümlerde 26.9 °C olarak belirlenmiştir. Aynı su noktalarında yağışlı dönemde yapılan ölçümlerde ise soğuk yeraltısularının sıcaklıklarının 8.2-18.2 °C arasında değiştiği belirlenmiştir. Pınarbaşı sıcak su kaynağının (S26) sıcaklığı ise 28 °C'dir.

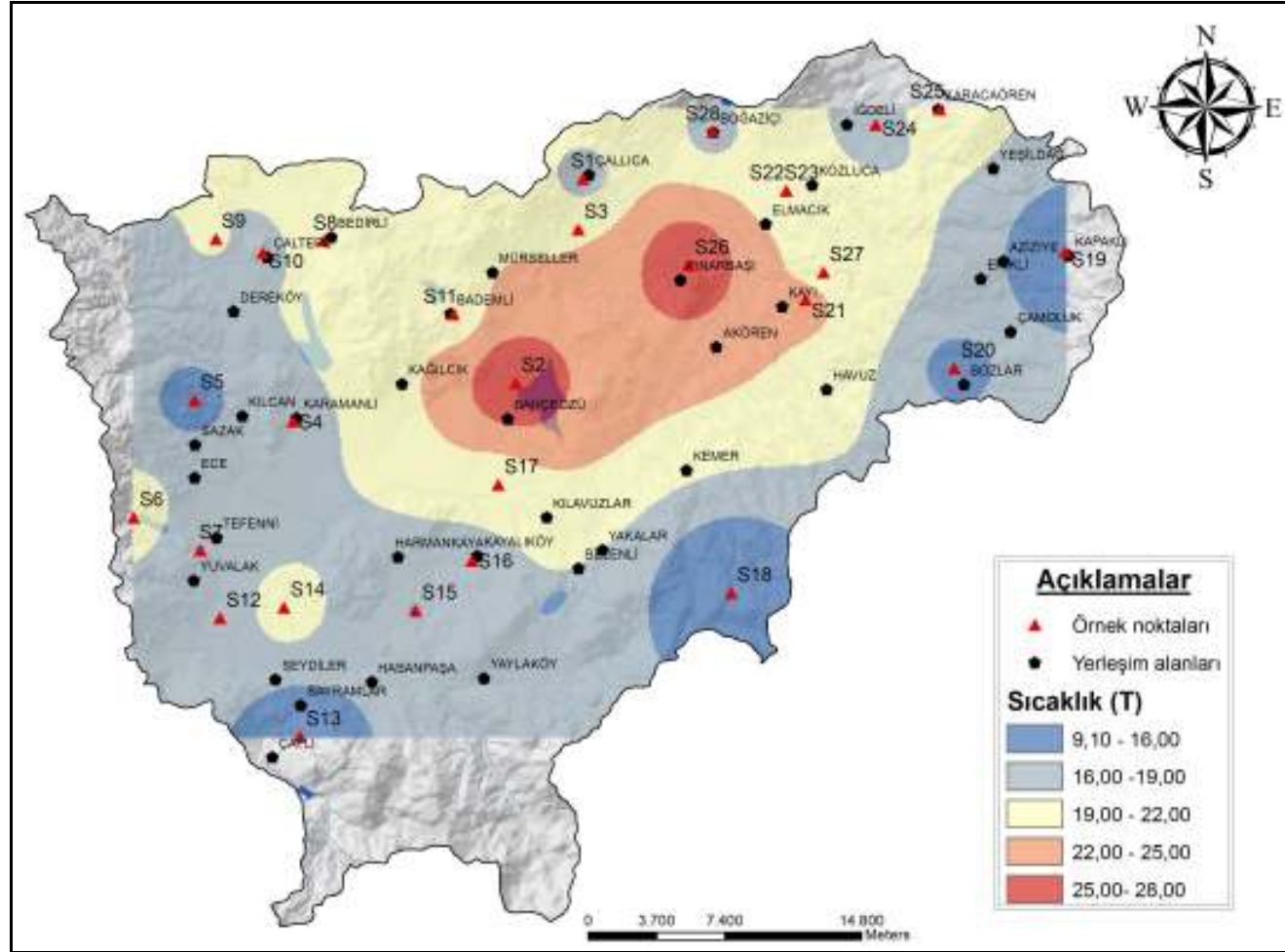
Karataş Gölü suyunun (S2) sıcaklığı ise bu dönemde 24.5 °C'dir. Bu dönemde düşük sıcaklığa sahip yeraltı suları göl suyu sıcaklığının da düşük olmasında etkindir. Soğuk yeraltı sularının iki dönem için sıcaklık farkları 0-4.2 °C arasında değişmektedir (Bkz. Çizelge 4.15, 4.16). Elde edilen sonuçlara göre, yağışlı dönemde, kurak döneme oranla sıcaklıklarda azalma olduğu görülmektedir. Bu durum ölçüm dönemlerindeki meteorolojik dolaşım derinliğine bağlı olarak normal kabul edilmektedir. Bölgedeki tek sıcak su kaynağı olan Pınarbaşı kaynağının (S26) sıcaklığında ise inceleme alanındaki en derin dolaşıma sahip su olmasına bağlı olarak sıcaklık değerinde bir değişim görülmemiştir. Bu durumda Pınarbaşı sıcak su kaynağının mevsimsel yağışlardan etkilenmediği söylemek mümkündür (Şekil 4.38, 4.39.).

Çizelge 4.15. Kurak dönem yerinde ölçüm değerleri (Temmuz-2009)

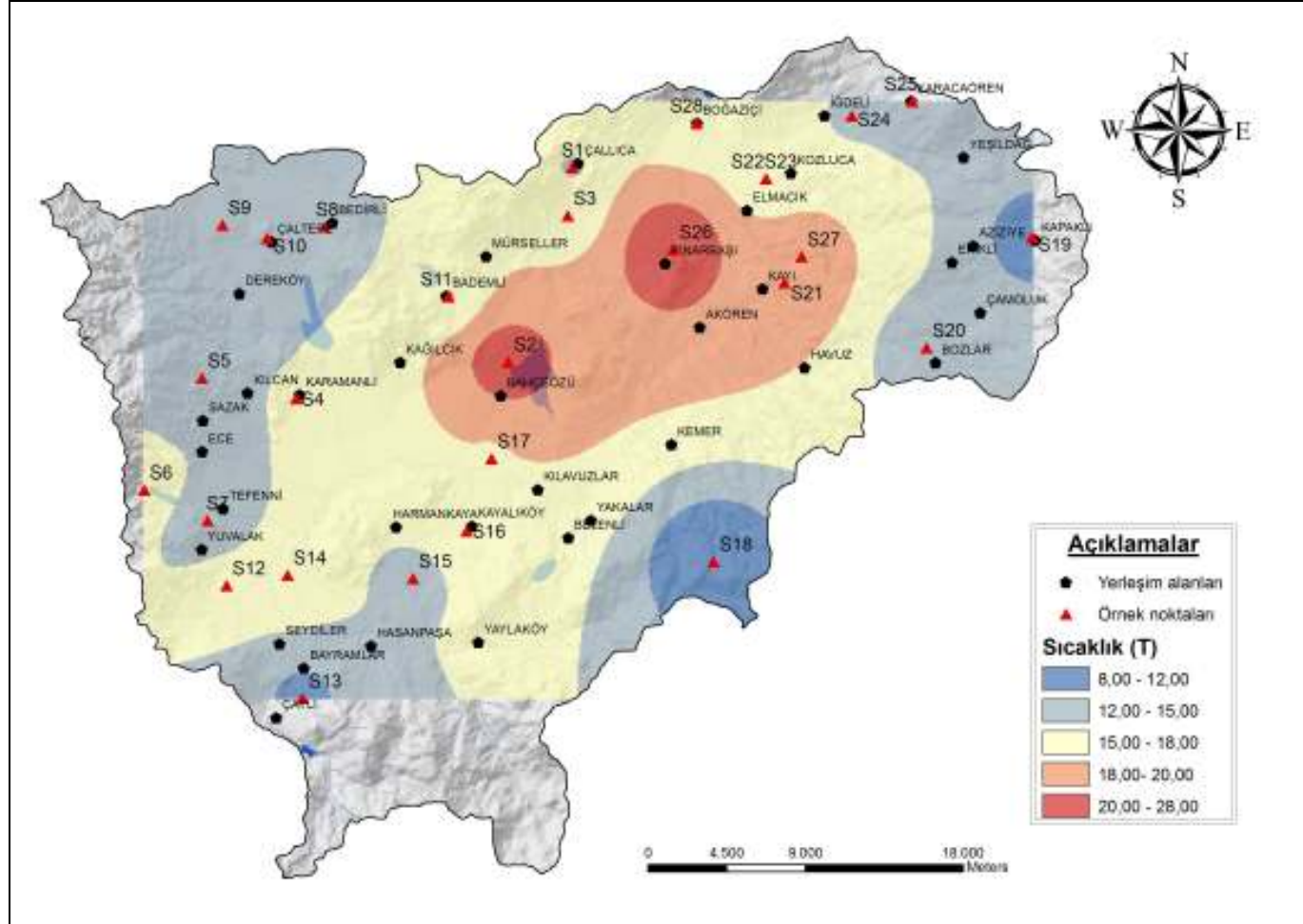
Örn.Yeri	No.	Kot (m.)	EC (µohm/cm)	T (°C)	pH	Sertlik (F ⁰)	SAR	% Na	SiO ₂
Çallica k.	S1	1191	1359	15,2	7,5	16,20	0,08	3,29	0,38
Karataş G.	S2	1054	1372,5	26,9	6,3	22,64	0,75	20,19	0,62
Çallica s.	S3	1033	1372,5	18,1	7,5	26,22	0,74	18,95	1,12
Karamanlı k.	S4	1153	1215	15,7	6,8	34,42	0,20	5,27	0,59
Kılcan k.	S5	1340	976,5	12,6	6,6	36,22	0,09	2,56	1,76
Barutlusu k.	S6	1290	1066,5	17,6	9,2	4,69	2,09	55,73	0,86
Tefenni k.	S7	1257	1092	13,7	8,0	34,09	0,08	2,35	1,03
Bedirli k.	S8	1258	1080	17,3	7,1	22,65	0,48	13,57	0,92
Bedirli s.	S9	1225	1048,5	16,1	7,5	24,62	0,63	16,67	1,17
Çaltepe k.	S10	1251	1147,5	15,5	7,5	40,90	0,06	1,75	1,40
Bademli k.	S11	1165	1044	17,1	7,5	16,59	0,46	14,76	0,87
Yuvalak s.	S12	1132	1035	14,7	7,1	30,43	0,36	9,52	1,33
Bayramlar k.	S13	1382	639	11	7,3	13,90	0,09	3,69	0,32
Hüyük s.	S14	1382	1102,5	17,3	7,2	33,32	0,49	11,89	0,78
Manca s.	S15	1138	949,5	13,7	7,0	24,95	0,66	17,21	0,64
Kayalı k.	S16	1121	787,5	15,1	7,0	16,25	0,30	10,71	0,49
Kılavuzlar s.	S17	1075	841,5	17,3	7,5	16,11	0,44	15,05	0,93
Akpınar k.	S18	1669	630	9,1	6,7	35,57	0,04	2,10	0,27
Kapaklı k.	S19	1435	900	11,3	5,8	50,01	0,08	3,02	0,41
Bozlar s.	S20	1259	999	13,1	5,9	51,07	0,23	6,15	1,24
Kayıköy k.	S21	1097	1170	18,7	6,6	32,97	0,34	9,90	0,35
Kozluca 1 s.	S22	1083	5,27	17,3	8,0	23,78	14,87	82,04	0,96
Kozluca s.	S23	1040	3028,5	16,5	7,3	72	1,07	17,57	0,86
İğdeli s.	S24	1132	1219,5	14,8	7,2	32,12	1,32	25,40	0,78
Karacaören k.	S25	1400	1107	17,3	7,2	27,55	0,12	3,75	0,40
Pınarbaşı k.	S26	981	1372	27	7,1	22,79	0,60	17,41	0,95
Elmacık k.	S27	1040	1242	17,2	6,0	40,65	0,30	9,46	0,38
Boğaziçi s.	S28	978	1485	15,5	7,0	57,66	1,20	20,92	1,56

Çizelge 4.16. Yağışlı dönem yerinde ölçüm değerleri (Mayıs-2010)

Örn.Yeri	No.	Kot (m.)	EC ($\mu\text{ohm/cm}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	pH	Sertlik (F°)	SAR	% Na	SiO ₂
Çallica k.	S1	1191	747	14,2	8	16,15	0,07	3,28	0,81
Karataş G.	S2	1054	1553,85	24,5	8,6	25,3	0,95	25,74	1,67
Çallica s.	S3	1033	1273,05	14,9	7,7	31,45	0,53	15,03	2,55
Karamanlı k.	S4	1153	1521	14,6	7,4	37,75	0,19	5,62	1,53
Kılcan k.	S5	1340	1368	12,1	7,7	36,15	0,08	2,29	3,73
Barutlusu k.	S6	1290	771,75	15,9	10,4	6,95	2,23	62,10	1,86
Tefenni k.	S7	1257	1185,75	12,5	8,5	31,15	0,07	2,01	3,88
Bedirli k.	S8	1258	1071	13,2	7,6	24,2	0,24	8,48	1,32
Bedirli s.	S9	1225	1102,5	13,7	8	25	0,51	14,43	2,65
Çaltepe k.	S10	1251	1375,65	12,3	8,3	36,5	0,05	1,57	3,21
Bademli k.	S11	1165	834,75	14,3	7,9	17,9	0,40	14,03	2,14
Yuvalak s.	S12	1132	1309,95	15,2	8	29,45	0,37	9,66	1,73
Bayramlar k.	S13	1382	606,6	11,3	8	15,65	0,07	3,13	0,71
Hüyük s.	S14	1382	1498,5	15,8	7,8	34,45	0,42	10,60	2,05
Manca s.	S15	1138	1258,65	13,7	7,8	28,15	0,54	15,28	1,33
Kayalı k.	S16	1121	832,5	15,3	7,7	17,5	0,26	10,22	1,02
Kılavuzlar s.	S17	1075	821,7	16,4	8,4	16,65	0,50	17,60	1,87
Akpınar k.	S18	1669	520,2	8,2	7,9	14	0,03	3,40	0,61
Kapaklı k.	S19	1435	1143,45	10,8	7,2	32,1	0,06	1,69	0,98
Bozlar s.	S20	1259	1417,5	12,4	7,5	37,4	0,17	3,95	1,19
Kayıköy k.	S21	1097	1242,45	18,2	8,4	26,85	0,35	9,35	0,00
Kozluca 1 s.	S22	1083	5,85	15,1	8,1	26,7	14,74	82,73	2,49
Kozluca s.	S23	1040	2875,5	14,5	7,4	65,7	0,60	10,51	1,41
İğdeli s.	S24	1132	1857,6	14,1	7,6	39,2	1,16	24,74	1,83
Karacaören k.	S25	1400	980,1	13,1	7,8	25,65	0,94	22,28	0,96
Pınarbaşı k.	S26	981	1374,3	28	7,5	22,3	0,49	14,45	2,52
Elmacık k.	S27	1040	1252,35	18	8,4	23,45	0,35	11,16	1,36
Boğaziçi s.	S28	978	2390,4	14,3	7,4	54,05	1,10	19,31	3,82



Şekil 4.38. Kurak dönem (Temmuz-2009) sıcaklık (T) dağılım haritası



Şekil 4.39. Yağışlı dönem (Mayıs-2010) sıcaklık (T) dağılım haritası

4.6.1.2. Elektriksel iletkenlik (EC)

İçme ve sulama suları sınıflandırmasında bir ölçüt olarak kullanılan özgül elektriksel iletkenlik (EC) suyun elektriği iletebilme yeteneğidir. Suların elektriksel iletkenlikleri, sudaki iyon varlığına, toplam derişimlerine ve sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklık ve iyon konsantrasyonunun artışı ile doğru orantılı olarak suların elektriksel iletkenlikleri artmaktadır (Şahinci, 1991).

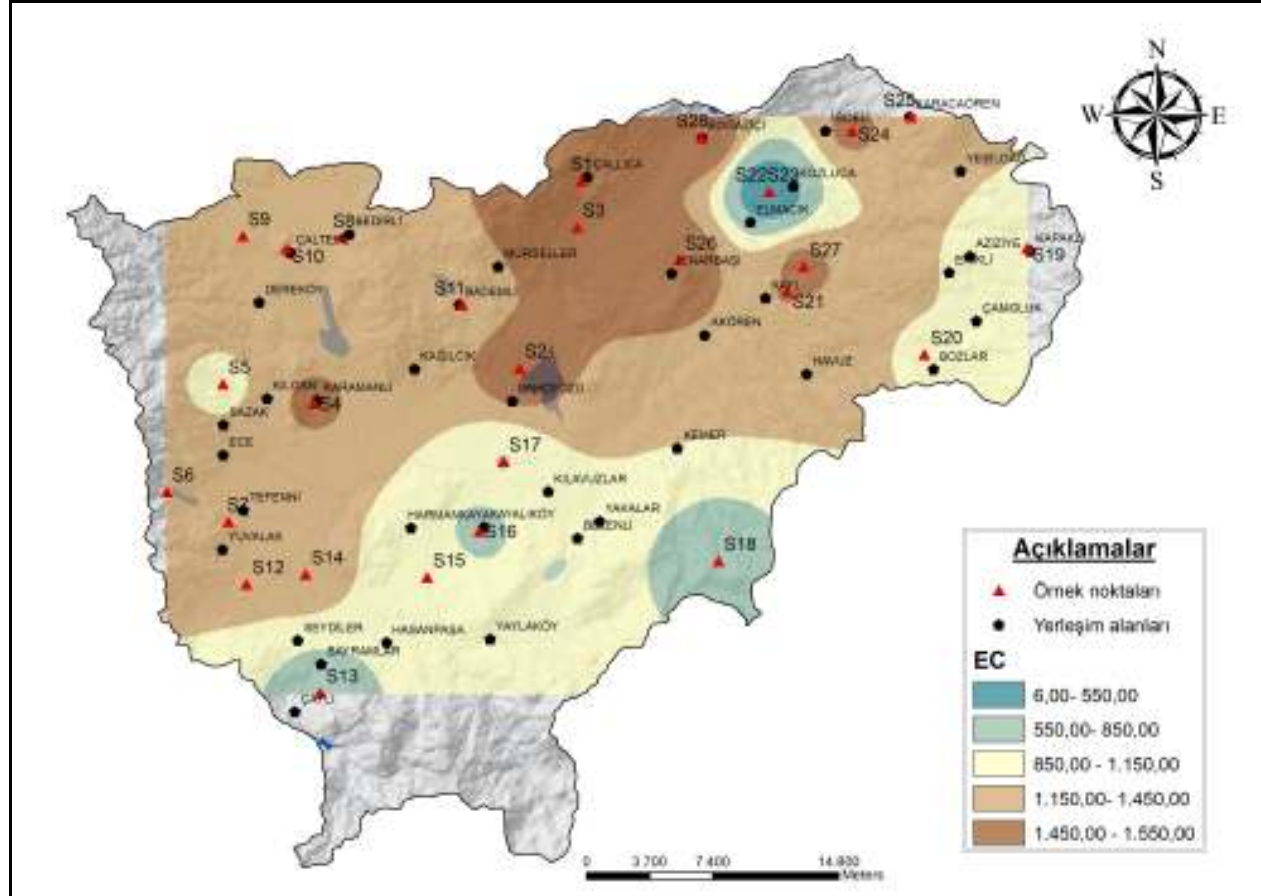
İnceleme alanındaki soğuk yeraltısularının elektriksel iletkenlikleri (Bkz. Çizelge 4.15., 4.16.) Şekil 4.40., 4.41.'de sunulmuştur. EC değerleri kurak dönem için 5.27 - 3028.5 $\mu\text{ohm/cm}$ arasında, yağışlı dönem için 5.85 - 2875.5 $\mu\text{ohm/cm}$ arasında değişmektedir. Pınarbaşı kaynağının elektriksel iletkenliği ise kurak dönemde 1372 $\mu\text{ohm/cm}$, yağışlı dönemde 1374.5 $\mu\text{ohm/cm}$ 'dir. Sıcak yeraltısularının EC değerlerinin sıcaklığa bağlı olarak artış göstermesi beklenen bir durumdur. Nitekim bölgedeki Pınarbaşı sıcak su kaynağının EC değeri sıcaklığına bağlı olarak yüksek değerdedir. Soğuk suların EC değerleri ise suyun dolaşım derinliği ile doğru orantılı bir artış göstermektedir. Dolaşım derinliği yüksek soğuk suların akifer kayaçlarla temas sürelerinin fazla olması nedeniyle iyon içeriği artmakta ve buna bağlı olarak da elektriksel iletkenliklerinde artış gözlenmektedir.

4.6.1.3. Hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH)

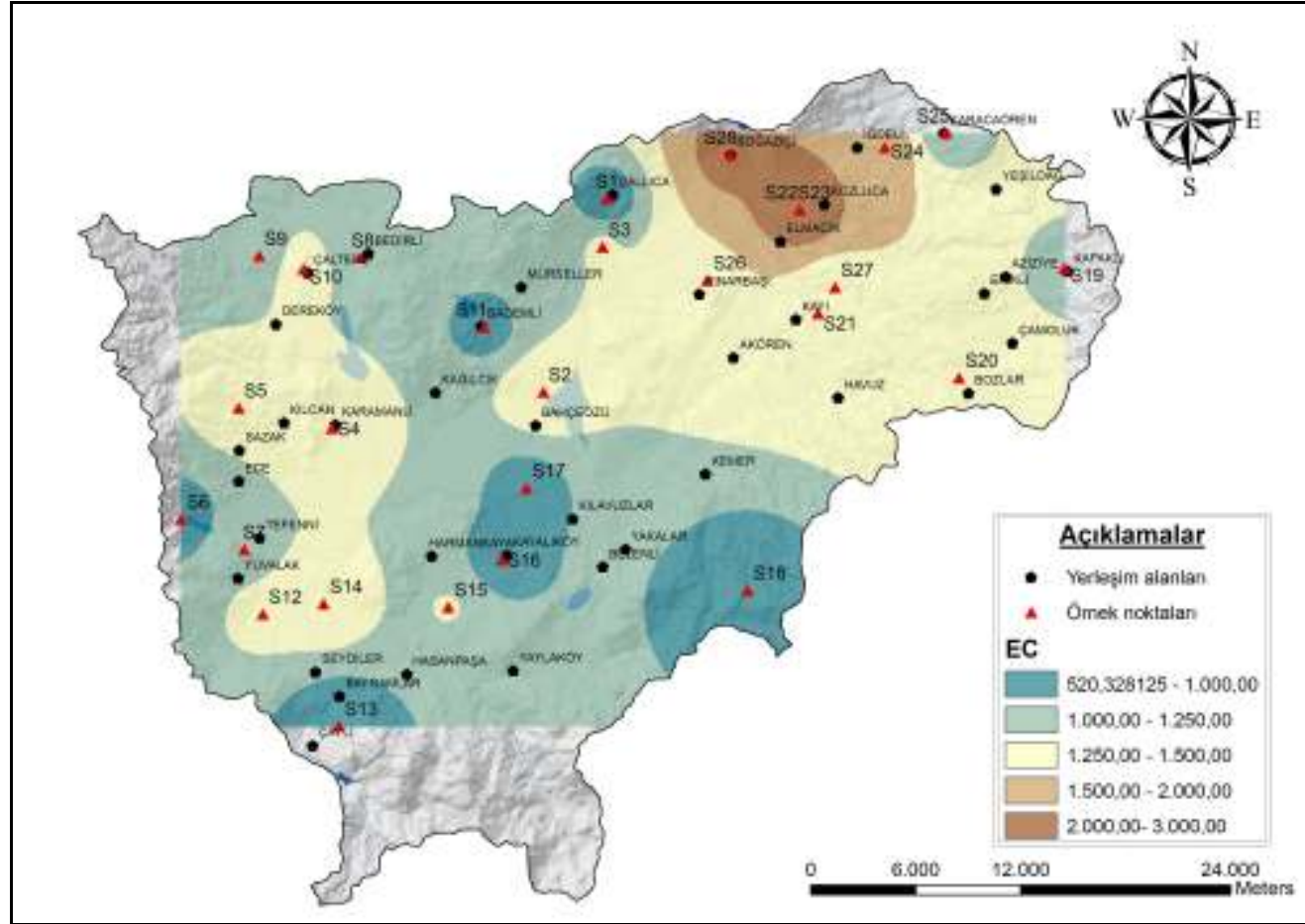
Hidrojen iyonu konsantrasyonu, su içerisinde bulunan hidronyum ve OH^- iyon konsantrasyonlarının azalıp artmasına bağlı olarak suyun asit veya bazik özelliğe sahip olmasıdır. Yeraltısuları, genel olarak $\text{pH} < 7$ olan asidik özelliğe sahip iken yerüstü suları $\text{pH} > 8$ olan bazik özellikteki sulardır (Çizelge 4.17.).

Çizelge 4.17. Suların pH değerlerine göre sınıflandırılması (Şahinci, 1991)

pH	
>8,5	Bazik
8,5 – 7	Bazik karakterli
7	Nötr
7 – 4,5	Asit karakterli
4,5	Asidik



Şekil 4.40. Kurak dönem (Temmuz- 2009) Elektriksel iletkenlik dağılım haritası



Şekil 4.41. Yağışlı dönem (Mayıs - 2010) Elektriksel iletkenlik dağılım haritası

İnceleme alanında su noktalarından alınan örneklerin pH değerleri genel olarak kurak dönemde 5.8-9.2 arasında değişirken, yağışlı dönemde ise 7.2-10.4 arasında değişmektedir (Bkz. Çizelge 4.15., 4.16., Şekil 4.42., 4.43.). İnceleme alanındaki en geniş yüzey suyu kaynağı olan Karataş gölüne (S2) ait pH değerlerinde de yağışlı dönemde kurak döneme nazaran artış söz konusudur. Bu durum, sıcaklığın düşmesine bağlı olarak ortamdaki CO₂ gazının çözünürlüğünün artması ve ortamdaki ayrılmasına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Tefenni Ovası'ndaki yüzey ve yeraltı suları genel olarak kurak dönemde '*asit karakterli sular*' sınıfına dahil olurken, yağışlı dönemde '*bazik sular*' sınıfındadır.

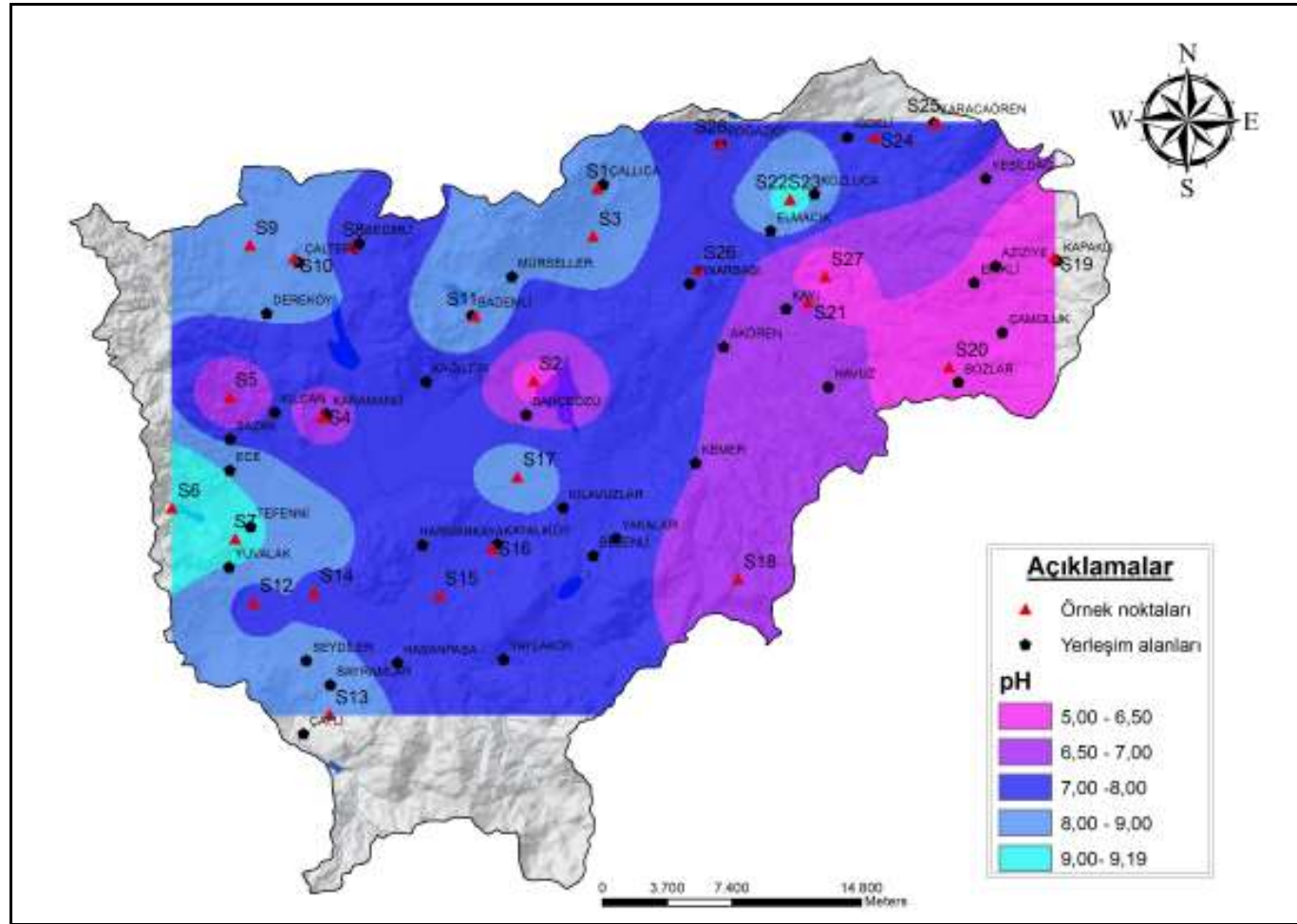
4.6.1.4. Sertlik (°F)

Yeraltı sularının sertlik dereceleri, bileşiminde bulunan katyonlar içerisinde en önemlileri olan Ca⁺² ve Mg⁺² olmak üzere Ca-Mg SO₄, Ca-Mg NO₃ ve +2 veya daha yüksek değerliğe sahip metal katyonlarına (Sr⁺², Mn⁺², Fe⁺², Fe⁺³, Al⁺³) bağlı olarak değişim göstermektedir. Bunlar dışındaki diğer katyonların sudaki miktarları son derece düşük olduğu için dikkate alınmamaktadır. Sulardaki toplam sertlik geçici ve kalıcı sertlik olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Ca ve Mg HCO₃'lerden ileri gelen sertlik geçici sertliktir ve bu iyonların ısıtılarak çöktürülmesi ile giderilmesi mümkündür.

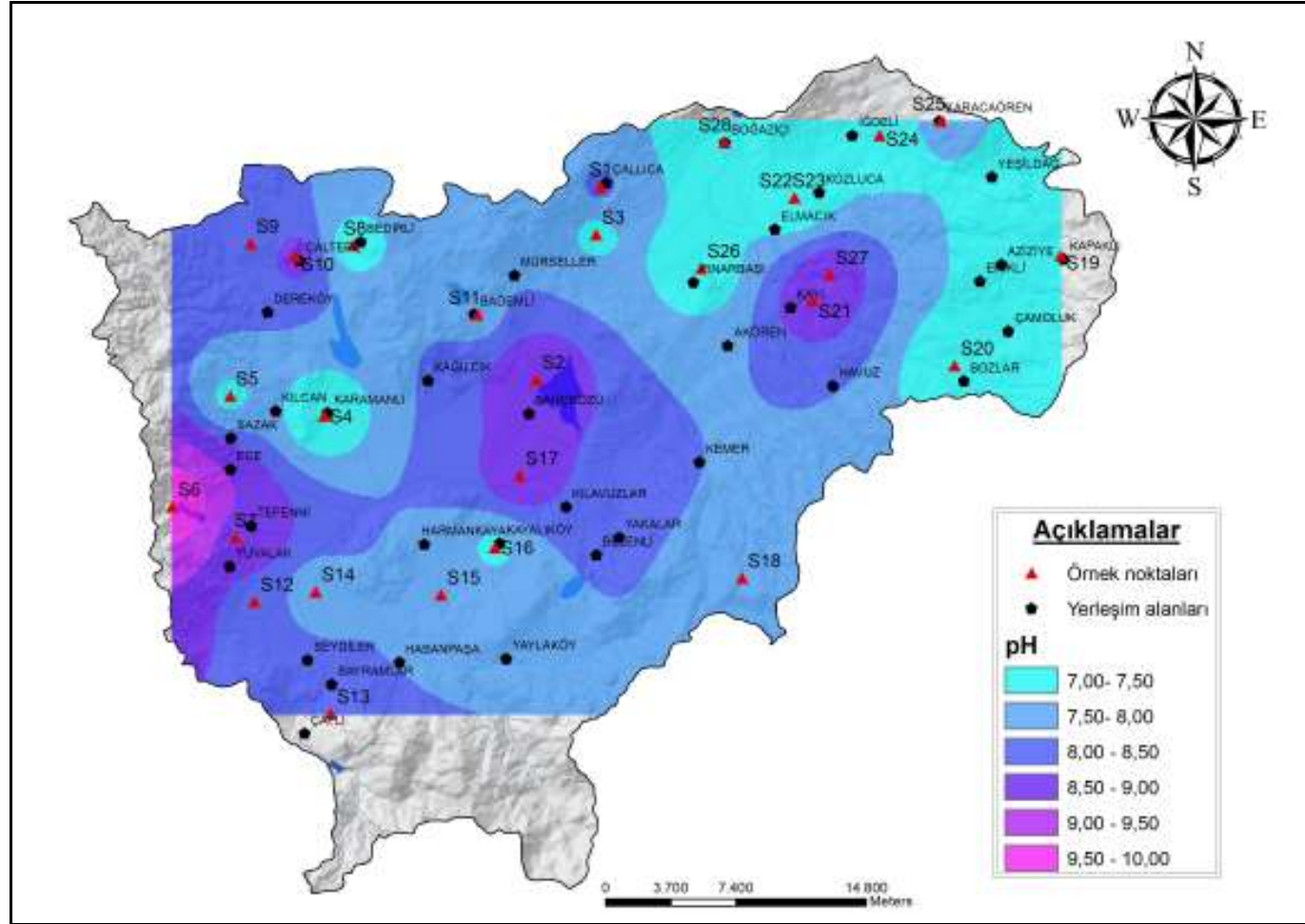
Ca ve Mg iyonlarının diğer tuzlarından kaynaklanan sertlik ise kalıcı sertliktir ve giderilmesi ısıtmakla mümkün olmaz (Şahinci, 1991). Suları sertlik derecelerine göre sınıflandıran pek çok sınıflandırma olmakla birlikte bunlardan ülkemizde de en çok kullanılanı Fransız sertlik sınıflamasıdır (°F). Fransız sertliği 100 ml suda bulunan 1 mg CaCO₃ miktarı olarak tanımlanmaktadır (Şahinci, 1991; Çizelge 4.18.).

Çizelge 4.18. Fransız sertlik sınıflaması (Şahinci, 1991)

Konsantrasyon (mg/l)	Sertlik Derecesi
0,0 – 7,2	Çok yumuşak
7,2 – 14,5	Yumuşak
14,5 – 21,5	Az sert
21,5 -32,5	Oldukça sert
32,5 – 54	Sert
54 <	Çok sert



Şekil 4.42. Kurak dönem (Temmuz- 2009) hidrojen iyon konsantrasyonu (pH) dağılım haritası



Şekil 4.43. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) hidrojen iyon konsantrasyonu (pH) dağılım haritası

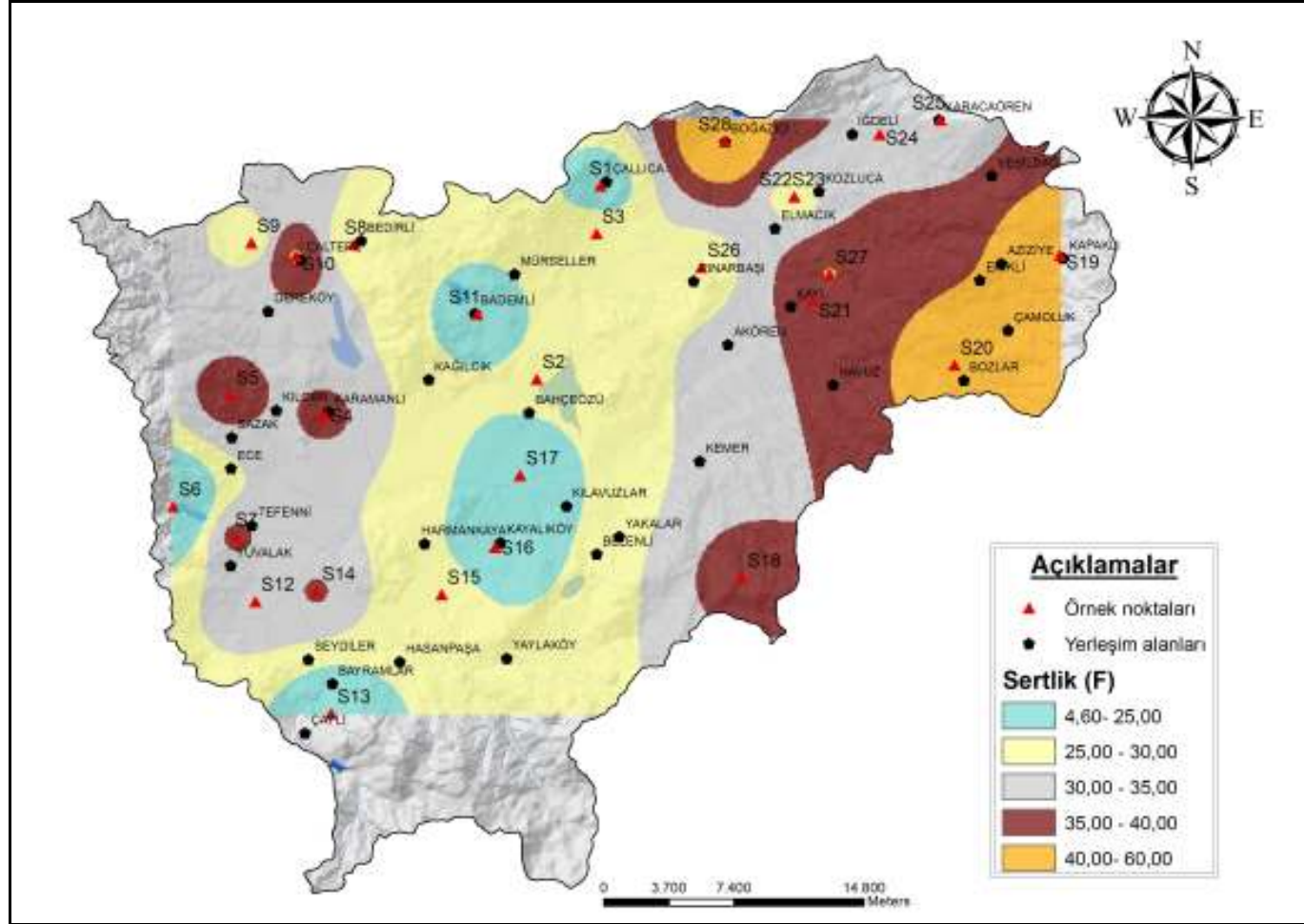
İnceleme alanındaki yüzey ve yeraltı suları kurak dönemde 6.95-65.70 arasında, yağışlı dönemde 4.70-71.95 arasında olup '*çok yumuşak su*' tipinden, '*çok sert su*' tipine kadar çok farklı sertlik derecelerindedir (Bkz. Çizelge 4.15., 4.16., Şekil 4.44., 4.45.). Barutlusu kaynağı (S6) her iki dönemde de bölgedeki '*çok yumuşak*' su özelliğini taşımaktadır (kurak dönemde 6.95, yağışlı dönemde 4.70). Kozluca (S23) sondaj kuyusundan alınan örneklerin sertlik derecesi ise çalışma alanındaki en sert su özelliğini gösteren '*çok sert*' su sınıfında yer almaktadır (kurak dönemde 65.70, yağışlı dönemde 71.95). Yüzey suyunu temsil eden Karataş Gölü suyundan (S2) alınan örneklerin sertlik dereceleri ise yağışlı ve kurak dönemlerde sırasıyla 22.65 ve 25.30 olup '*oldukça sert sular*' sınıfına girmektedir. Genel olarak sertlik değerinin artışı Ca, Mg ve HCO₃ iyonları içeren kireçtaşı veya dolomitik kireçtaşları ile temas süresinin fazlalığına bağlı olarak kaya su etkileşimi ile gerçekleşmektedir.

4.6.1.5. Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR)

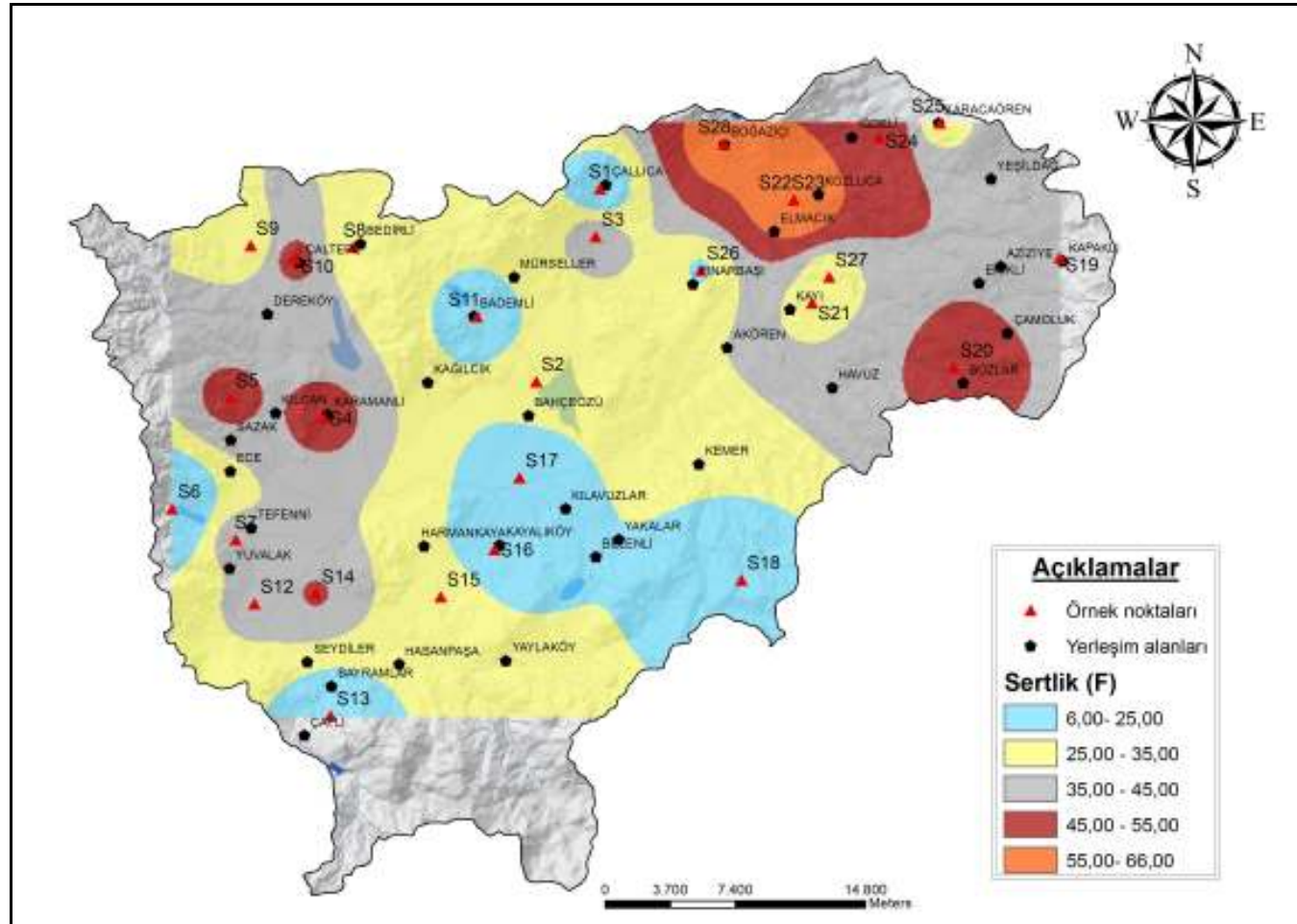
Su kaynaklarının etkili kullanımını açısından su kalitesinin izleme ve değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Sulama suyu kalitesinin belirlenmesi açısından önemli bir kriter olan sodyum miktarı toprağın yapısını bozarak geçirgenliğini azaltmakta ve sulama işleminden sonra toprak yüzeyinde kabuksu yapıların oluşmasına neden olmaktadır. Toprakta meydana gelen bu değişim sonucunda bitki kökleri hava alamaz hale gelmekte ve burada bitkiler için zehirli bir ortam ortaya çıkmaktadır. Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR), sulamaya uygunluğun belirlenmesinde en çok kullanılan ölçütlerden biridir. Bu nedenle sulama suyu açısından sudaki SAR değerinin bilinmesi önemlidir (Çizelge 4.19.).

Çizelge 4.19. Sulama sularının SAR değerine göre sınıflandırılması (Şahinci, 1991)

SAR	
<10	Çok iyi özellikte sulama suları
10- 18	İyi özellikte sulama suları
18- 26	Orta özellikte sulama suları
> 26	kötü özellikte sulama suları



Şekil 4.44. Kurak dönem (Temmuz- 2009) sularda sertlik dağılım haritası



Şekil 4.45. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) sularda sertlik dağılım haritası

İnceleme alanındaki kaynak ve kuyu sularından genel olarak sulama amaçlı yararlanılmaktadır. Havzadaki suların SAR değerleri yağışlı ve kurak dönem için ayrı ayrı belirlenmiştir (Bkz. Çizelge 4.15., 4.16.). Yağışlı dönemde kaynak sularından alınan örneklerin SAR değeri, 0.03-2.23 arasında ve '**çok iyi özellikte sulama suları**' sınıfında yer almaktadır. Yağışlı dönemde kuyu sularında yapılan örnekleme Kozluca 1 (S22) su kuyusu dışında SAR değerleri 0.17- 1.16 arasında değişmekte ve '**çok iyi özellikte sulama suları**' sınıfında yer almaktadır. Kozluca 1 (S22) su kuyusunun SAR değeri ise 14.74 değeri ile '**iyi özellikte sulama suları**' sınıfına girmektedir.

Kurak dönem için yapılan çalışmada kaynak sularının SAR değerleri 0.04-2.09 arasında olup '**çok iyi özellikte sulama suları**' sınıfındadır. Kurak dönemde kuyu sularında Kozluca 1 (S22) su kuyusu dışında SAR değerleri 0.23-1.32 arasında değişmektedir ve '**çok iyi özellikte sulama suları**' sınıfında yer almaktadır. Kozluca 1 (S22) kuyusuna ait SAR değeri ise 14.87 olup, '**iyi özellikte sulama suları**' sınıfına girmektedir.

İnceleme alanındaki tek yüzey suyu örneği olan Karataş Gölü suyundan alınan örneklerde yağışlı dönem ve kurak dönemlerde sırasıyla SAR değeri 0.95 ve 0.75'dir ve göl suyu '**çok iyi özellikte sulama suları**' sınıfına girmektedir.

4.6.1.6. Sodyum iyonu yüzdesi (%Na)

Sulama suyu sınıflamalarında sodyum iyonu yüzdesi değeri önemli bir ölçüt olarak kullanılmaktadır. Su içerisinde çözülmüş fazla miktardaki iyonlar, bitkileri ve tarım toprağını fiziksel ve kimyasal yollarla etkileyerek verimi düşürmektedir. Bu iyonların fazlalığı bitkileri doğrudan etkilediği gibi toprak üzerinde yarattığı olumsuz etkilerle bitki gelişimini etkilemektedir. Özellikle tuzlu sulardaki Na^+ , zemindeki Ca^+ iyonları ile yer değiştirerek toprağın geçirgenliğini azaltır ve havalanmasını engellemekte; böylece dolaylı olarak bitkilerin gelişmesi yavaşlamaktadır. Bu nedenlerle, % Na değerinin sınır değerleri aşması istenmemektedir. İnceleme alanında yağışlı ve kurak döneme ait analiz sonuçlarına göre; yağışlı dönemde % Na

değeri 1.57-82.73 arasında, kurak dönemde ise 1.75-82.04 arasında değişmektedir (Bkz. Çizelge 4.15., 4.16.).

4.6.2. Yeraltısularının kimyasal özellikleri

Suları oluşturan majör iyonlar, anyon ve katyonlar olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Başlıca anyonları, HCO_3 , CO_3 , SO_4^{-2} ve Cl^- oluştururken, katyonları ise Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ ve K^+ iyonları oluşturmaktadır. İncelenen sulara ölçülen ana anyon ve katyon değerleri, kurak ve yağışlı dönem olarak Çizelge 4.12., 4.13.'de verilmiştir. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2006) ve Türk Standartları Enstitüsü (TSE-266, 2005) tarafından içme suları için belirlenen sınır değerler dikkate alınmıştır.

4.6.2.1. Kalsiyum (Ca^{++})

Kalsiyum, yerkabuğunda ağırlık yüzdesine göre oksijen, silisyum, alüminyum ve demirden sonra beşinci sırada yer almaktadır. Sulara kalsiyum çoğunlukla Ca^{++} iyonu şeklinde bulunur. Kalsiyumun 385 minerali olmasına rağmen, en çok rastlanan mineralleri kalsit, dolomit, jips, anhidrit, apatit ve flüorittir. Ayrıca magmatik ve metamorfik kayaların ana kayaç yapıcı minerallerinin de ana elementleri arasındadır. Yeraltısularında kalsiyumun kaynağı da esas olarak bu minerallerin bozunumundan ortaya çıkan kalsiyumdur (Şahinci, 1991; Çizelge 4.20.).

Çizelge 4.20. Çalışma alanındaki örneklere ait Ca^{++} iyonu miktarları (mg/l)

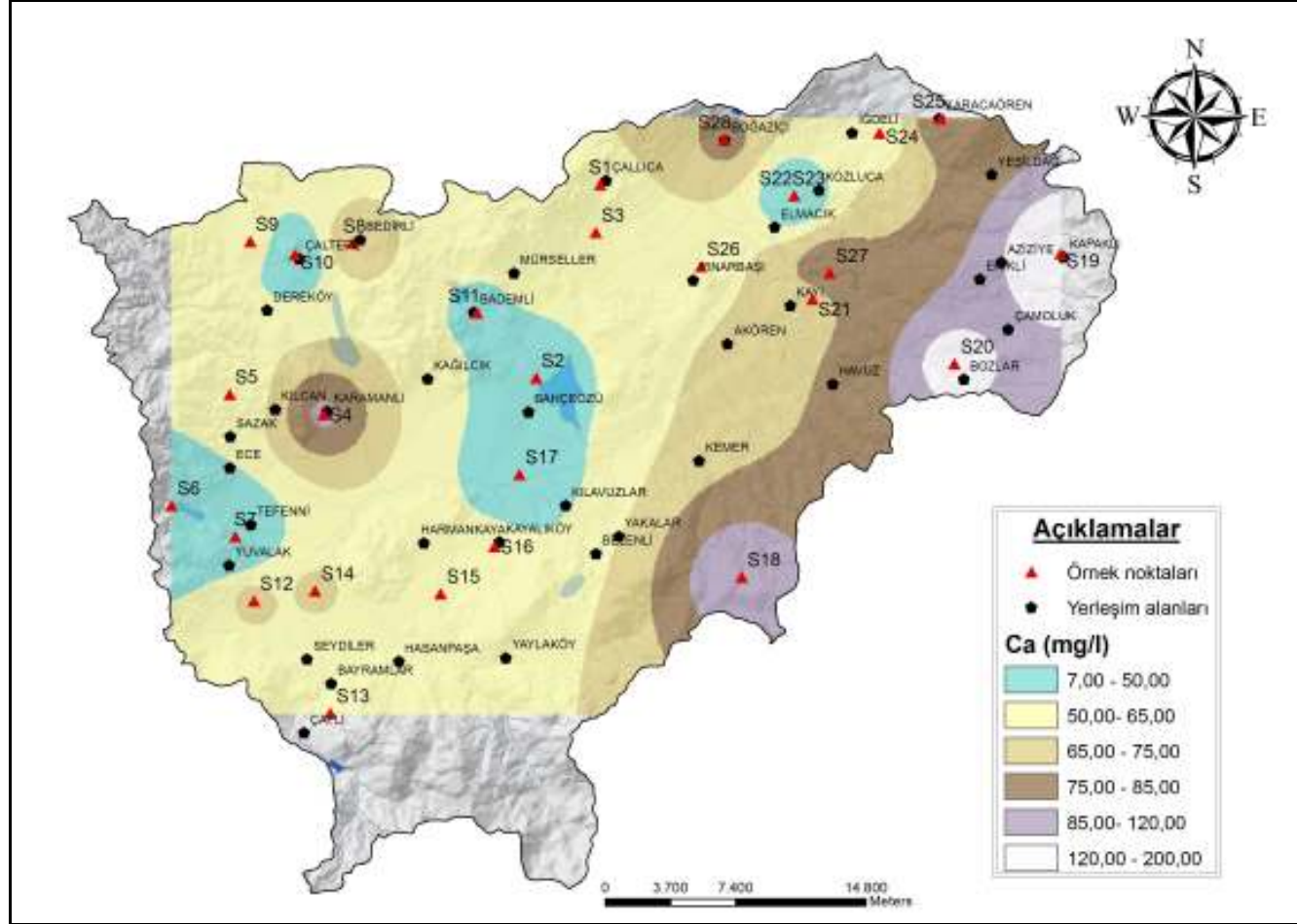
Örnek Yeri	Örnek No	Kurak Dön.	Yağışlı Dön.	Örnek Yeri	Örnek No	Kurak Dön.	Yağışlı Dön.
Çallica k.	S1	59,53	58,5	Manca s.	S15	51,69	56,71
Karataş	S2	20,78	37,07	Kayalı k.	S16	44,26	46,09
Çallica s.	S3	46,95	61,72	Kılavuzlar s.	S17	17,97	16,03
Karamanlı	S4	113,57	110,01	Akpınar k.	S18	138,29	48,09
Kılcan k.	S5	46,84	50,1	Kapaklı k.	S19	185,25	112,42
Barutlusu	S6	16,78	16,03	Bozlar s.	S20	156,08	92,38
Tefenni k.	S7	7,35	7,01	Kayıköy k.	S21	69,34	48,89
Bedirli k.	S8	75,60	62,52	Kozluca 1s.	S22	10,18	16,03
Bedirli s.	S9	52,90	47,89	Kozluca s.	S23	120,44	118,23
Çaltepe k.	S10	15,50	11,02	İğdeli s.	S24	45,12	55,71
Bademli k.	S11	36,73	31,06	Karacaören k.	S25	93,55	82,16
Yuvalak s.	S12	64,97	38,47	Pınarbaşı k.	S26	46,04	43,08
Bayramlar	S13	43,39	45,09	Elmacık k.	S27	108,21	46,09
Hüyük s.	S14	62,98	62,52	Boğaziçi s.	S28	87,97	80,16

Kurak ve yağışlı dönemde suların kalsiyum miktarları incelendiğinde birbirine paralel sonuçlar gözlenmektedir. Kurak dönemde Ca^{++} iyonu miktarları 7.35- 185.25 mg/l arasında değişirken, yağışlı dönemde 7.01-118.23 mg/l arasında değişmektedir. Genel olarak çalışma alanındaki su örneklerinin Ca iyonu derişimi her iki dönemde birbirine yakın değerlerdedir. S12, S18, S19, S20, S21 ve S27 no'lu örneklerde yağışlı dönemde kurak döneme göre aşırı Ca^{++} iyonu derişimindeki düşüşler ise dikkati çekmektedir. Kireçtaşlarından boşalan bu kaynaklarda kurak dönemde yüksek Ca^{++} iyonu konsantrasyonu, yağışların azalması ile ilişkilidir. Yağışlı dönemde artan yağışla birlikte yeraltısuyunun Ca^{++} iyonu derişimi seyrelemektedir. İnceleme alanındaki suların Ca^{++} iyon konsantrasyonlarının içme suyu standartları tarafından belirlenen (TSE-266) sınır değerleri (75-200 mg/l) aşmadığı görülmüştür.

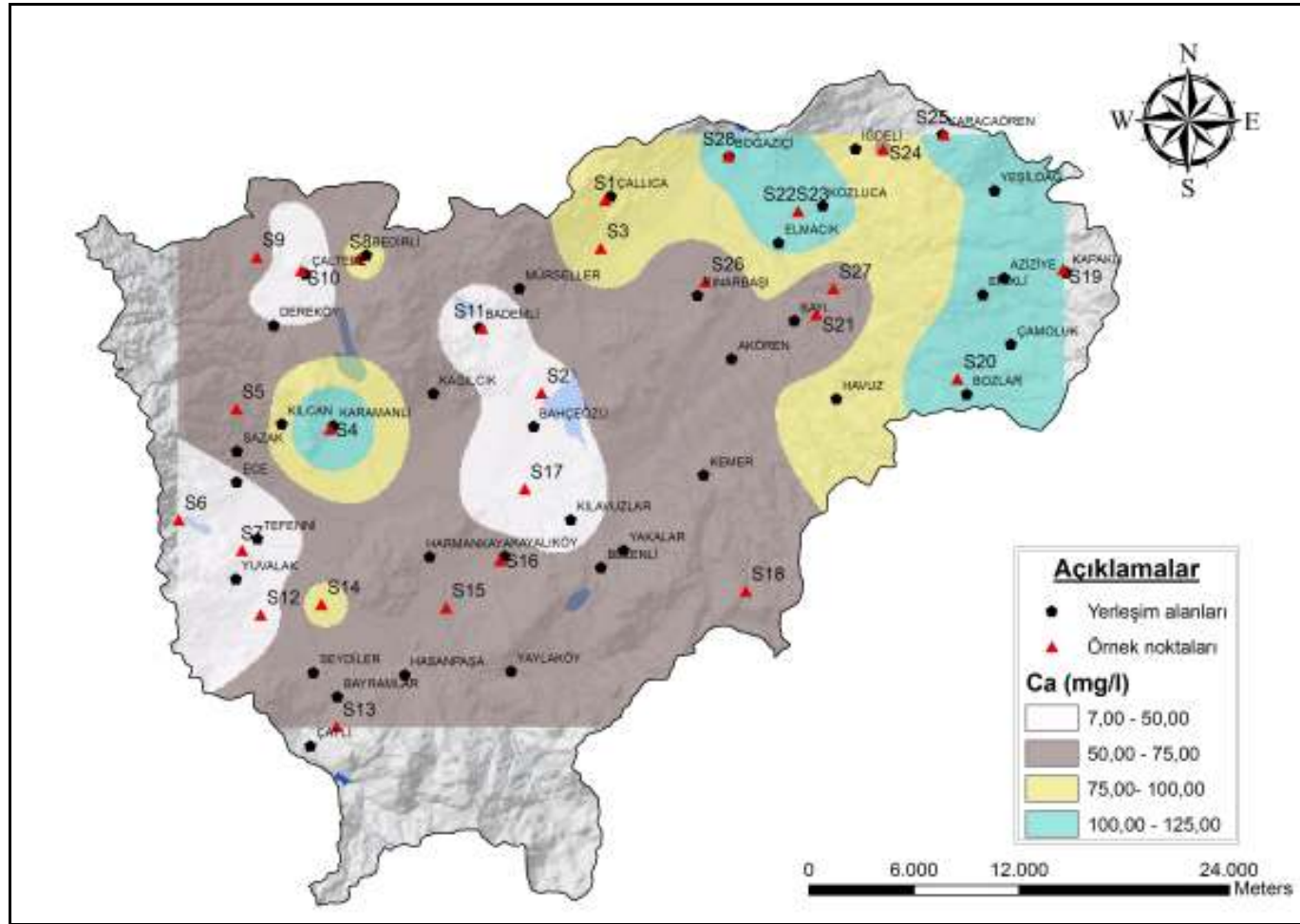
4.6.2.2. Magnezyum (Mg^{++})

Yeraltısularında Ca^{++} 'dan sonra en fazla bulunan katyon Mg^{++} 'dur. Magnezyum, yeraltısularına çoğunlukla magnezyumlu kalkerler, dolomitler ve serpantinizasyon sonucu açığa çıkan magnezyum karbonatın eritilmesi ile karışmaktadır (Yüzer ve Erguvanlı, 1987). Magnezyum ve kalsiyumun suyun sertliği üzerine etkileri büyüktür (Şahinci, 1991).

Kurak ve yağışlı dönemlerde yapılan analiz sonuçlarına göre; kurak dönemde Mg^{++} iyon miktarı 1.25-101.9 mg/l arasında değişirken yağışlı dönemde 3.76-88.03 mg/l arasında değişmektedir (Çizelge 4.21.). Kurak dönemde en düşük Mg^{++} içeriği S6 no'lu (Barutlusu kaynağı) örneğe ait olup aynı dönemde en yüksek Mg^{++} iyon derişimi S23 no'lu (Kozluca sondaj kuyusu) kuyu suyundan alınan örnekte tespit edilmiştir. Yağışlı dönemde ise en düşük Mg^{++} iyon miktarı S1 no'lu (Çallica kaynak suyu) kaynakta, en yüksek miktar ise kurak dönemde olduğu gibi S23 (Kozluca sondaj kuyusu) no'lu kuyuda belirlenmiştir (Çizelge 4.21.).



Şekil 4.46. Kurak dönem (Temmuz- 2009) Ca^{++} iyon dağılım haritası



Şekil 4.47. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) Ca^{++} iyon dağılım haritası

Çizelge 4.21. Çalışma alanındaki örneklere ait Mg⁺⁺ iyon miktarları (mg/l)

Örnek Yeri	Örnek No	Kurak Dön.	Yağışlı Dön.	Örnek Yeri	Örnek No	Kurak Dön.	Yağışlı Dön.
Çallica k.	S1	3,27	3,76	Manca s.	S15	29,29	33,44
Karataş	S2	42,44	39,03	Kayalı k.	S16	12,64	14,59
Çallica s.	S3	33,42	24,44	Kılavuzlar s.	S17	28,28	30,76
Karamanlı	S4	14,77	25,04	Akpınar k.	S18	2,55	4,86
Kılcan k.	S5	59,63	57,51	Kapaklı k.	S19	7,934	9,84
Barutlusu	S6	1,25	7,17	Bozlar s.	S20	29,41	34,89
Tefenni k.	S7	78,40	71,50	Kayıköy k.	S21	38,06	35,62
Bedirli k.	S8	9,20	20,91	Kozluca 1s.	S22	51,64	55,20
Bedirli s.	S9	27,76	31,73	Kozluca s.	S23	101,9	88,03
Çaltepe k.	S10	89,99	82,08	İğdeli s.	S24	50,71	61,52
Bademli k.	S11	18,04	24,68	Karacaören	S25	10,22	12,52
Yuvalak s.	S12	34,55	48,27	Pınarbaşı k.	S26	27,47	28,08
Bayramlar	S13	7,48	10,70	Elmacık k.	S27	33,13	29,06
Hüyük s.	S14	42,78	45,84	Boğaziçi s.	S28	86,78	82,80

Yeraltısularında magnezyumun kaynağı, dolomit, evaporit, magmatik kaya mineralleri (olivin, ojit, biyotit, hornblend) ve metamorfik kayalarda bulunan (serpantin, talk, diopsid, tremolit) mineralleridir. Nemli iklimlerde ultrabazik kayalardan oluşan topraklar magnezyumca zengindir (Şahinci, 1991).

İnceleme alanında Mg⁺⁺ konsantrasyonu, havzanın büyük bir bölümünde yüzeylemekte olan kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşlarından oluşan Dutedere kireçtaşları ve yine çalışma alanında geniş alanlarda gözlemlenen Kızılcadağ ofiyolit ve melanjuna ait dolomitik kireçtaşı blokları ile bazik bileşimli kayalar ve ultrabazik kayaç topluluklarından (harzburjit, dunit, serpantinit) oluşan Marmaris peridotitlerinin yağış suları ile ilişkisine bağlı olarak değişim göstermektedir (Şekil ?). İnceleme alanındaki su kaynaklarına ait Mg⁺⁺ iyon konsantrasyonları içme suyu standartları tarafından belirlenen sınır değerleri aşmadığı görülmektedir.

4.6.2.3. Sodyum (Na⁺)

Sodyum, alkali metaller (Li, K, Rb, Cs) arasında yer kabuğunda en fazla bulunan elementlerdendir. Magmatik kayalar, kil mineralleri, feldispatlar, feldispatoidler, evaporitler Na⁺ içeren başlıca kayaç ve minerallerdir. Yeraltısularında Na⁺ zenginleşmesinin bir başka nedeni de sodyum iyonlarının, kalsiyum ve magnezyum

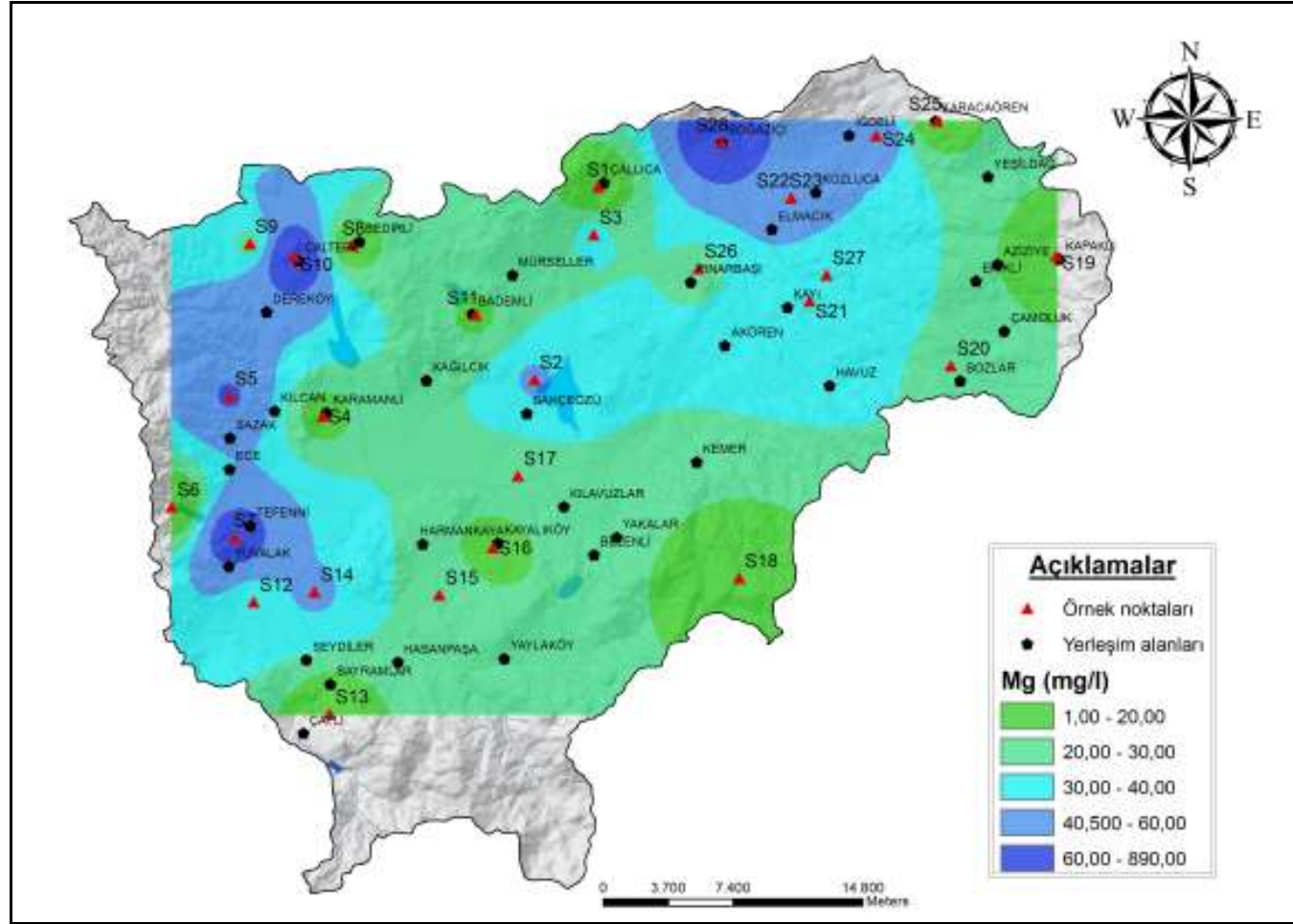
iyonlarının soğurma ve iyon değişi ile yerini almasıdır. Yeraltısularında sodyumun miktarı, mineral cinsine ve miktarına, pH'a, bozunum süresine, yeraltısuyu akım hızına, ortamdaki kalsiyum iyon derişimine, yapay ve doğal kirlenme gibi etkenlere bağlı olarak değişmektedir (Şahinci, 1991). Çalışma alanında Na⁺ iyon miktarı kurak ve yağışlı dönemlerde ayrı ayrı analiz edilmiştir (Çizelge 4.22.). Analiz sonuçlarına göre; kurak dönemde su içerisindeki Na⁺ iyon konsantrasyonu 1.09-522.8 mg/l arasında değişmektedir. Yağışlı dönem analiz sonuçlarına göre ise 1.14-558.68 mg/l arasındadır (Şekil 4.50., 4.51.).

Çizelge 4.22. Çalışma alanındaki örneklere ait Na⁺ iyon miktarları (mg/l).

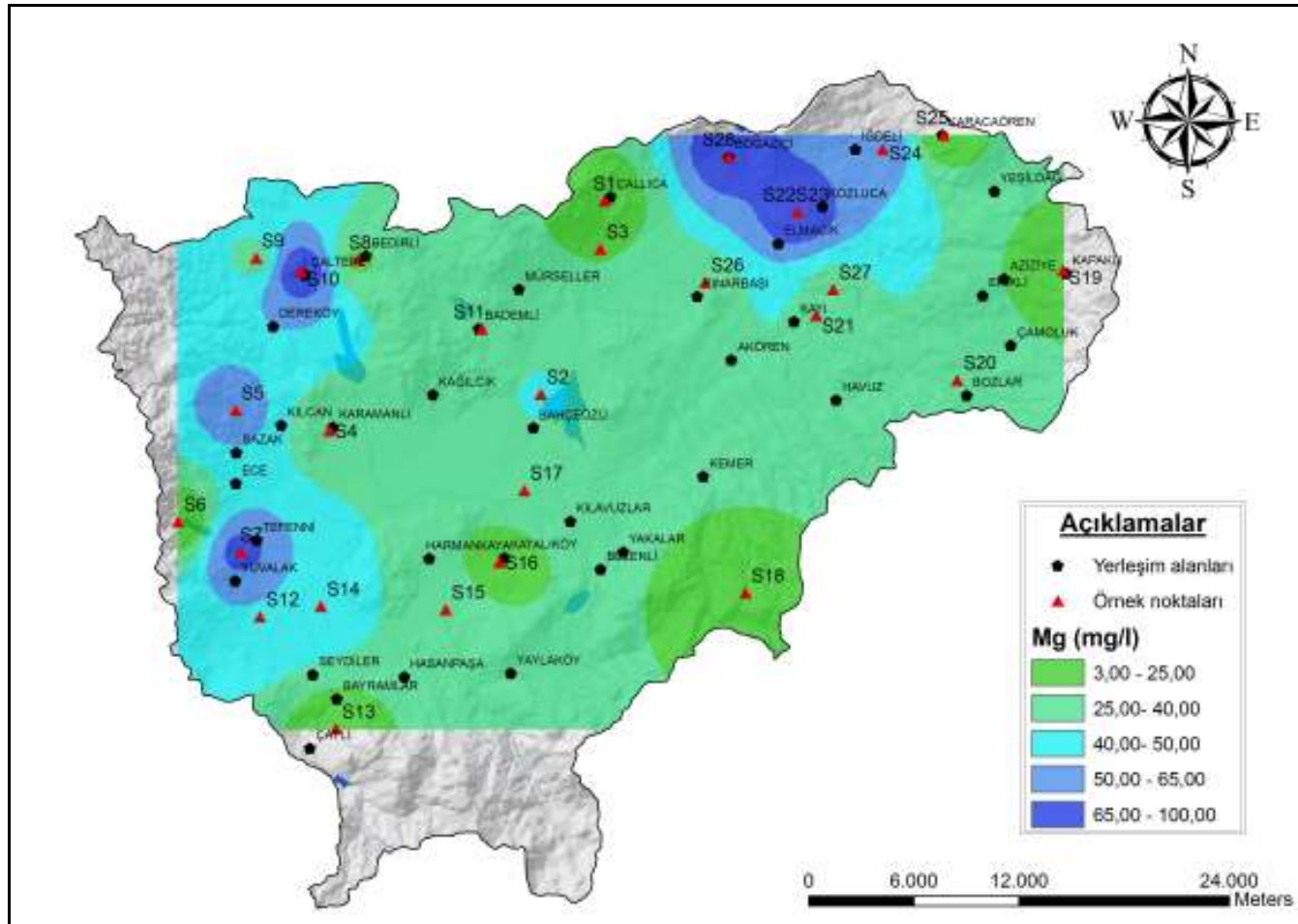
Örnek Yeri	Örnek No	Kurak Dön.	Yağışlı Dön.	Örnek Yeri	Örnek No	Kurak Dön.	Yağışlı Dön.
Çallica k.	S1	2,07	2,29	Manca s.	S15	19,74	25,52
Karataş	S2	32,88	27,58	Kayalı k.	S16	7,66	9,19
Çallica s.	S3	19,50	27,12	Kılavuzlar s.	S17	14,46	13,10
Karamanlı	S4	8,19	8,73	Akpınar k.	S18	1,09	1,14
Kılcan k.	S5	3,69	4,12	Kapaklı k.	S19	3,18	3,21
Barutlusu k.	S6	35,25	40	Bozlar s.	S20	8,99	10,34
Tefenni k.	S7	3,05	3,21	Kayıköy k.	S21	14,8	12,87
Bedirli k.	S8	8,24	17,24	Kozluca 1s.	S22	522,8	558,68
Bedirli s.	S9	18,42	22,76	Kozluca s.	S23	36,8	62,76
Çaltepe k.	S10	2,42	2,75	İğdeli s.	S24	47,90	60
Bademli k.	S11	12,02	14,02	Karacaören	S25	35,79	4,36
Yuvalak s.	S12	14,75	14,02	Pınarbaşı k.	S26	17,06	20,46
Bayramlar	S13	1,78	2,52	Elmacık k.	S27	16,13	10,57
Hüyük s.	S14	17,43	20,92	Boğaziçi s.	S28	60,89	63,91

İçme ve kullanma suları standartlarına göre su içerisindeki sodyum iyonu için maksimum değer 200 mg/l olarak belirlenmiştir (TSE-266, 2005; WHO, 2006). Bu sınır değerler dikkate alındığında bölgedeki sulardan Kozluca sondaj kuyusuna (S22) ait su örneği sınır değeri aşmakta diğer suların ise sınır değeri aşmadığı görölmektedir.

İnceleme alanındaki su örneklerinin kurak ve yağışlı dönem analiz sonuçları birbirine yakın değerler sunmaktadır. Kurak ve yağışlı dönemlerde en düşük Na⁺ iyon derişimine sahip örnek noktası, S18 (Akpınar kaynağı) no'lu kaynak suyu ve en yüksek Na⁺ içeren yeraltısuyu S22 (Kozluca1 sondaj kuyusu) no'lu sondaj kuyusundan alınan örnektir.



Şekil 4.48. Kurak dönem (Temmuz- 2009) Mg⁺⁺ iyon dağılım haritası



Şekil 4.49.Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) Mg⁺⁺ iyon dağılım haritası

İnceleme alanının büyük bir bölümünü kaplayan ve özellikle alüvyon kenarlarında sıkça rastlanan Çameli formasyonuna ait kumtaşı, kil, kiltası gibi kayaçların oluşturduğu malzeme Na⁺ iyonunca zengin ortamları teşkil etmektedir. Buna ek olarak Na⁺ iyonunun kalsiyum ve magnezyum iyonlarını soğurarak yerini almasıyla da sulardaki Na⁺ iyonunda artışlar söz konusudur.

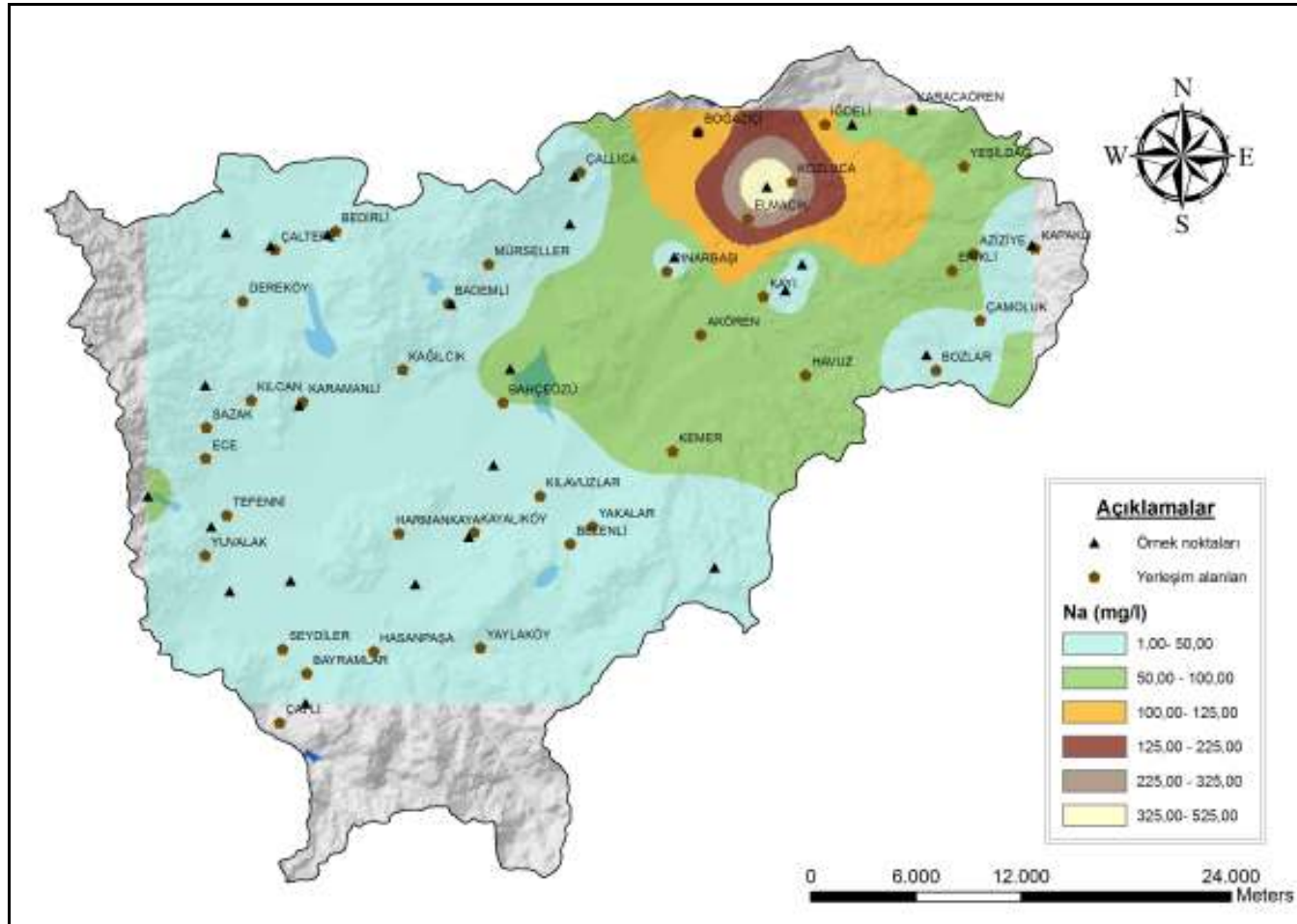
4.6.2.4. Potasyum (K⁺)

Potasyum ve sodyum yer kabuğunda yaklaşık olarak eşit miktarlarda bulunmaktadır. Potasyum, esas olarak feldispatlarda, mikalarda, feldispatoyidlerde ve kil minerallerinde bulunur. Doğal sulara potasyum içeriği genelde 20 mg/l'i aşmamaktadır. Ancak sıcak su kaynaklarında bu değer 100 mg/l'ye ulaşabilmektedir. Genellikle sodyumla birlikte bulunan potasyum nemli ve kurak iklimlerde asidik yıkanma şeklinde, kayaları tümüyle bozunuma uğratarak üst seviyelere göç etmektedir (Şahinci, 1991).

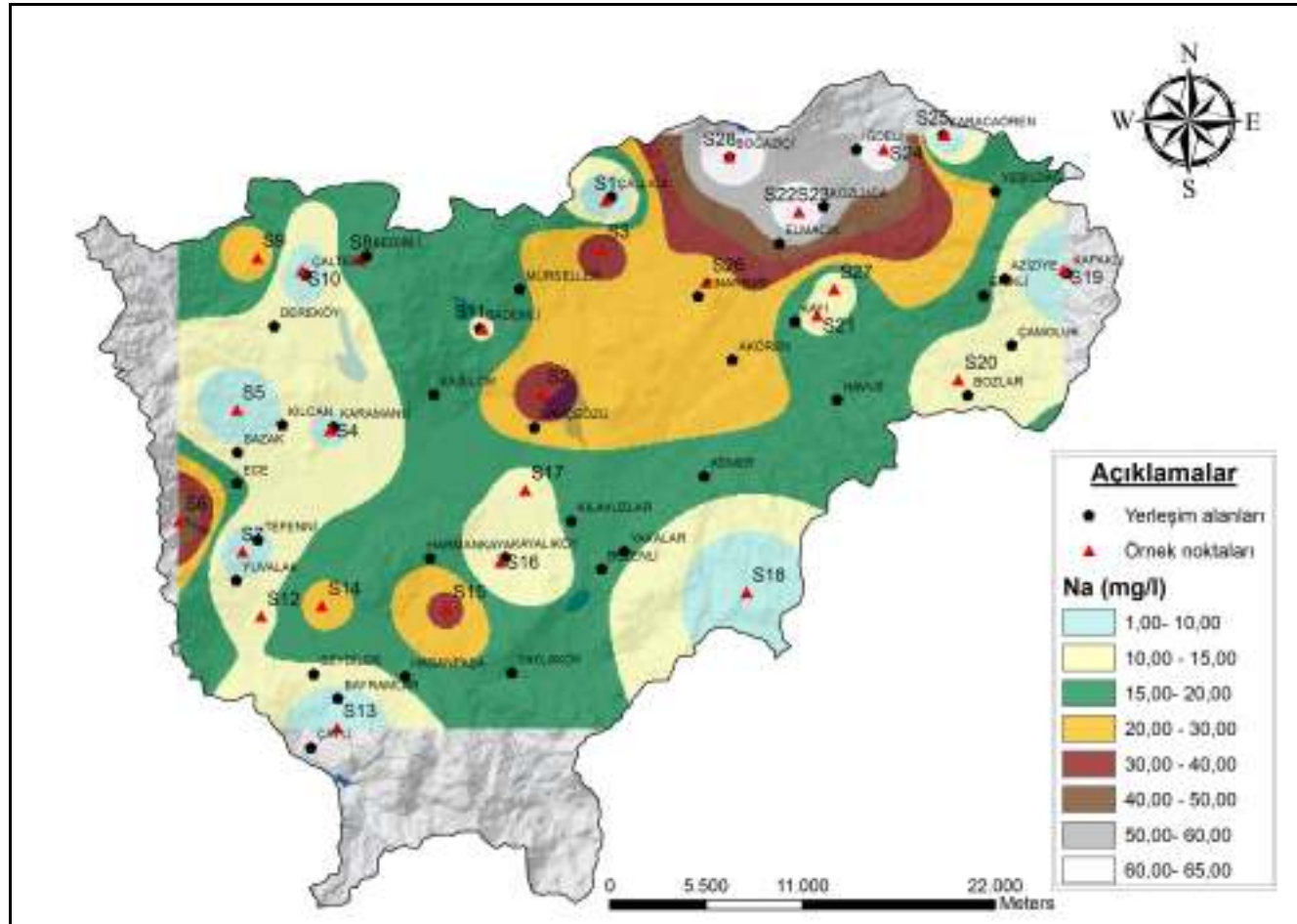
Analiz sonuçlarına göre; kurak dönemde suların K⁺ iyon içeriği 0.33-12.5 mg/l arasında değişmekte, yağışlı dönemde ise 0.39-3.51 mg/l arasında değişmektedir. Kurak dönemde en düşük değer S6 no'lu örnekte en yüksek değer ise S27 no'lu örnekte ortaya çıkmıştır. Yağışlı dönemde en düşük K⁺ değeri; S1, S3, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S18 ve S25 no'lu örneklere ait olup, en yüksek değer ise S22 no'lu örneğe aittir (Çizelge 4.23. ,Şekil 4.50., 4.51.).

Çizelge 4.23. Çalışma alanındaki örneklere ait K⁺ iyon miktarları (mg/l).

Örnek Yeri	Örnek No	Kurak Dön.	Yağışlı Dön.	Örnek Yeri	Örnek No	Kurak Dön.	Yağışlı Dön.
Çallica k.	S1	0,83	0,39	Manca s.	S15	1,66	1,95
Karataş	S2	5,28	3,12	Kayalı k.	S16	1,63	0,78
Çallica s.	S3	1,81	0,39	Kılavuzlar s.	S17	2,26	0,78
Karamanlı	S4	1,79	1,56	Akpınar k.	S18	7,94	0,39
Kılcan k.	S5	0,41	0,39	Kapaklı k.	S19	1,13	2,34
Barutlusu	S6	0,33	0,39	Bozlar s.	S20	1,17	1,56
Tefenni k.	S7	0,37	0,39	Kayıköy k.	S21	1,4	1,17
Bedirli k.	S8	2,22	0,39	Kozluca 1s.	S22	2,80	3,51
Bedirli s.	S9	1,09	0,39	Kozluca s.	S23	3,6	2,73
Çaltepe k.	S10	0,64	0,39	İğdeli s.	S24	1,31	2,34
Bademli k.	S11	0,83	0,39	Karacaören k.	S25	0,86	0,39
Yuvalak s.	S12	0,43	0,39	Pınarbaşı k.	S26	1,33	1,95
Bayramlar	S13	0,45	0,39	Elmacık k.	S27	12,5	1,7
Hüyük s.	S14	1,03	0,78	Boğaziçi s.	S28	4,37	3,12



Şekil 4.50. Kurak dönem (Temmuz- 2009) Na⁺ iyon dağılım haritası



Şekil 4.51. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) Na⁺ iyon dağılım haritası

Yeraltısularının kimyasal yapısında bulunan major elementlerden Na^{++} iyonunda olduğu gibi K^+ iyonlarının en fazla bulunduğu litolojik birimler killi zeminlerdir. Çalışma alanında en yüksek K^+ iyonu içeren su örneği Na^{++} iyonu açısından da yüksek değerdedir. Kil içeriği fazla olan Çameli formasyonu bölgedeki K^+ iyonu artışında etkindir.

4.6.2.5. Karbonat (CO_3^{-2}) - Bikarbonat (HCO_3^-)

Yeraltısularındaki karbonat ve bikarbonat iyonlarının büyük bir kısmı atmosfer ve topraktaki CO_2 ' den ayrıca karbonatlı kayaçların erimesi ile ortaya çıkmaktadır. Bikarbonat iyonu sulama suları için yararlıdır ancak fazlası toprakta kireç birikimine neden olmaktadır (Erguvanlı, 1987).

İnceleme alanındaki yüzey ve yeraltısularında baskın anyon HCO_3^- iyonudur. HCO_3^- iyonları kurak dönemde 39.5-1073.5 mg/l arasında değişim göstermekte, yağışlı dönemde ise 3.05- 1295.6 mg/l arasında değişmektedir. Genel olarak HCO_3^- iyonu konsantrasyonu yağışlı dönemde kurak döneme göre artış göstermektedir (Çizelge 4.24.).

Toplam HCO_3^- ve CO_3^{-2} iyon miktarının içme ve kullanma sularında 500 mg/l'yi geçmemesi gerekmektedir Sulama sularında ise bu iyonların egemen oluşu sodyum tehlikesini azaltıcı etki oluşturmaktadır (Şahinci, 1991). İnceleme alanındaki sulara toplam HCO_3^- ve CO_3^{-2} iyon miktarı kurak ve yağışlı dönemlerde Kozluca1 sondaj kuyusunda (S22), Boğaziçi sondaj kuyusunda (S28) ise sadece yağışlı dönemde sınır değeri aşmaktadır.

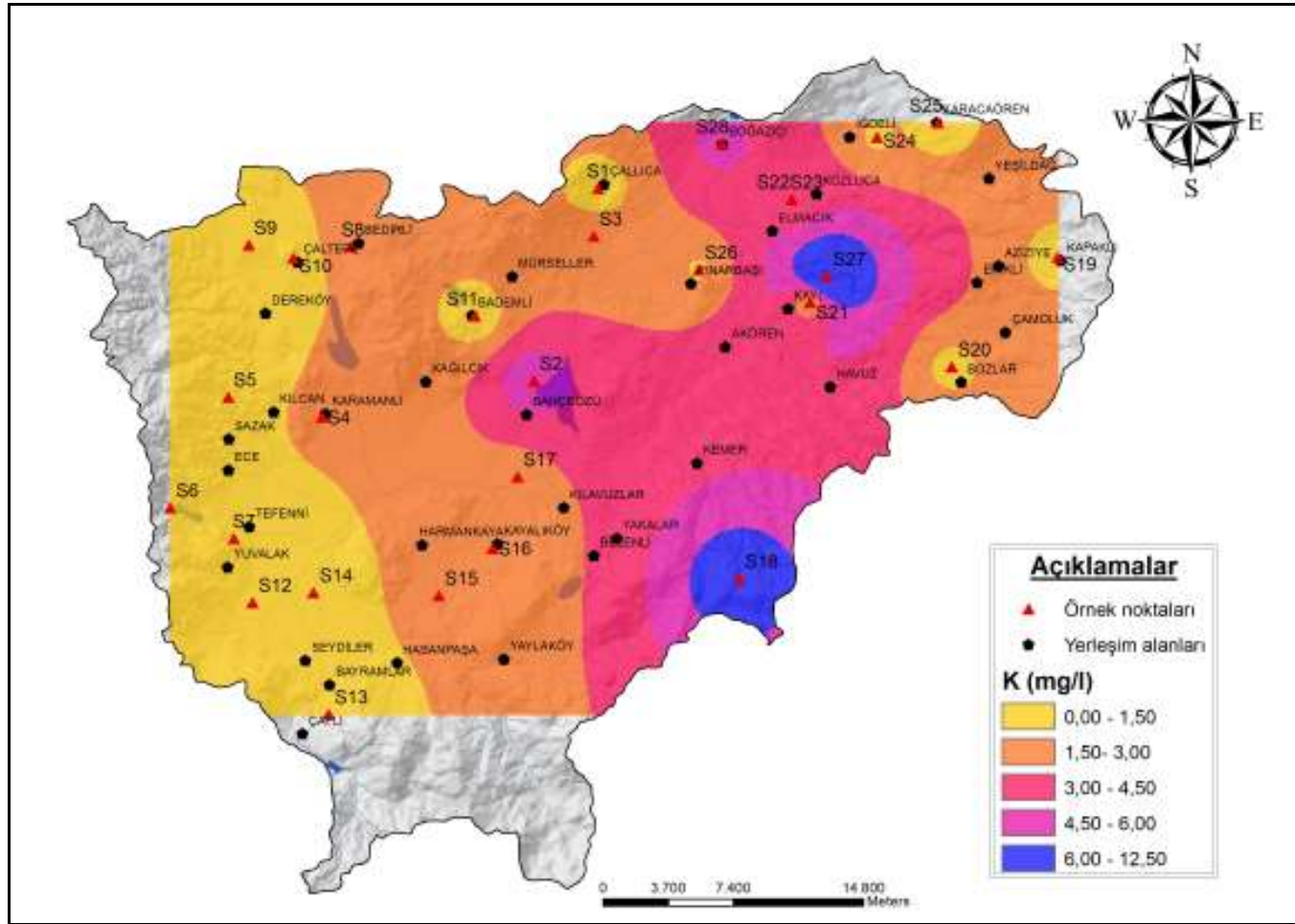
Sularda alkalitenin başlıca kaynağı olan HCO_3^- ve CO_3^{-2} iyonları ile sudaki H^+ iyon konsantrasyonları arasında yakın bir ilişki söz konusu olup, suyun pH değeri 8.2' nin üzerine çıktığında bikarbonat iyonları karbonat ve hidrojen iyonlarına ayrılmaktadır. Bu koşulda suyun pH derecesi 8.2' nin üzerinde ise CO_3^{-2} iyonları artmakta, bu değer altındaysa ise HCO_3^- iyonu artarak egemen iyon konumuna gelmektedir (Şahinci, 1991; Yüksel, 2007).

Çalışma alanındaki su örneklerinde de böyle bir ilişkinin varlığı özellikle kurak dönemde S6 ve S7 no'lu örneklerde, yağışlı dönemde ise S2, S6, S7 ve S21 no'lu örneklerde görülmektedir (Çizelge 4.24.).

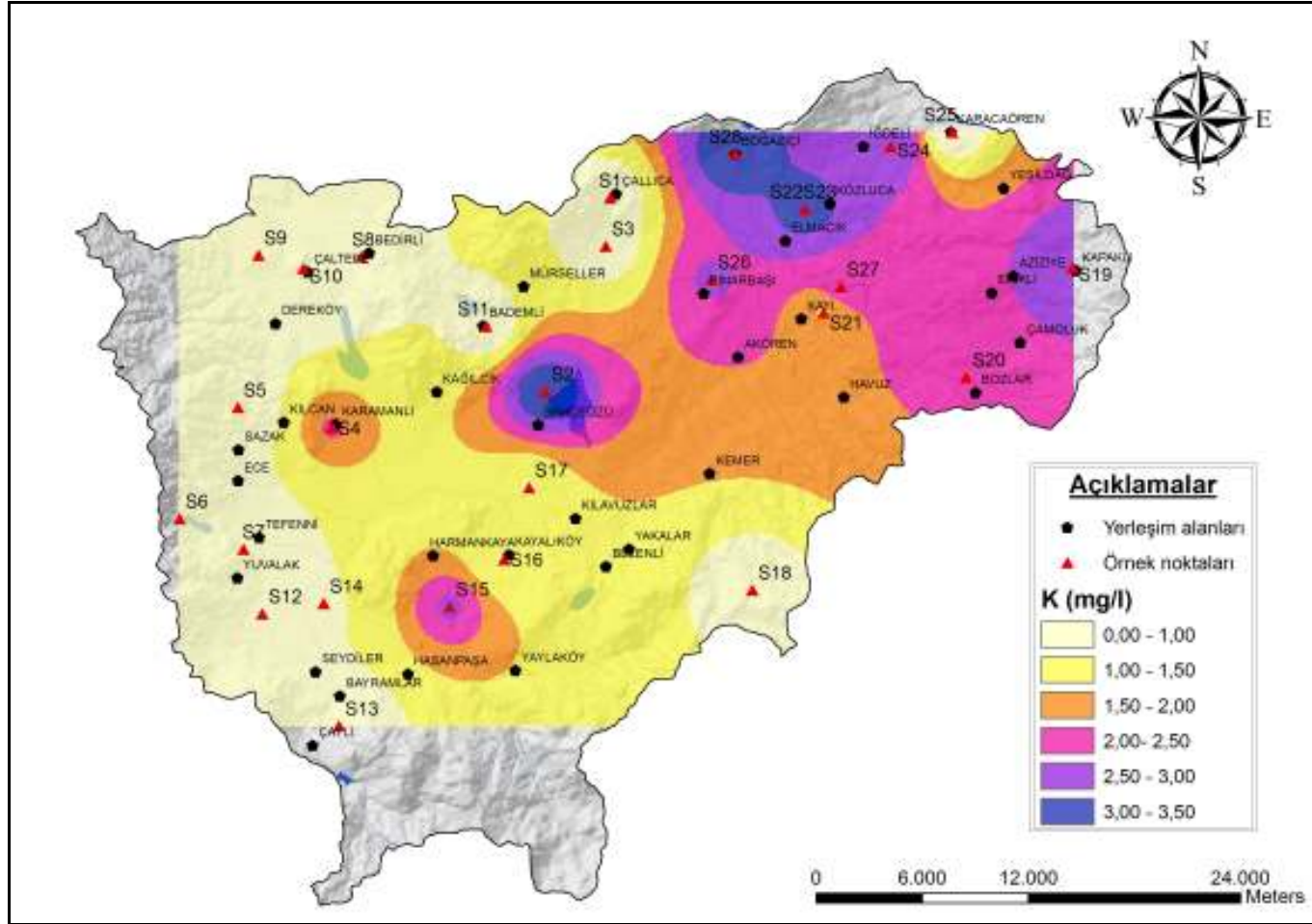
Çizelge 4.24. Çalışma alanındaki örneklere ait HCO₃ – CO₃ iyon miktarları (mg/l).

Örnek Yeri	Örnek No	Kurak Dönem				Yağışlı Dönem			
		HCO ₃	CO ₃	pH	Sertlik	HCO ₃	CO ₃	pH	Sertlik
Çallıca k.	S1	146,5	0	7,5	16,20	189,1	0	8	16,15
Karataş Gölü	S2	180	0	6,3	22,64	280,6	24,6	8,6	25,3
Çallıca s.	S3	209	0	7,5	26,22	301,34	0	7,7	31,45
Karamanlı k.	S4	303	0	6,8	34,42	419	0	7,4	37,75
Kılcan k.	S5	370	0	6,6	36,22	427	0	7,7	36,15
B.su k.	S6	39,5	51	9,2	4,69	3,05	30,6	10,4	6,95
Tefenni k.	S7	350	35,1	8,3	34,09	304,39	32,4	8,5	31,15
Bedirli k.	S8	202	0	7,1	22,65	303,17	0	7,6	24,2
Bedirli s.	S9	235	0	7,5	24,62	308,66	0	8	25
Çaltepe k.	S10	391	0	7,5	40,90	431,27	0	8,3	36,5
Bademli k.	S11	170,5	0	7,5	16,59	213,5	0	7,9	17,9
Yuvalak s.	S12	289	0	7,1	30,43	366	0	8	29,45
Bayramlar k.	S13	143	0	7,3	13,90	182,39	0	8	15,65
Hüyük s.	S14	290	0	7,2	33,32	339,77	0	7,8	34,45
Manca s.	S15	260	0	7	24,95	330,01	0	7,8	28,15
Kayalı k.	S16	172	0	7	16,25	212,89	0	7,7	17,5
Kılavuzlar s.	S17	184,5	0	7,5	16,11	208,62	0	8,4	16,65
Akpınar k.	S18	132	0	6,7	35,57	158,6	0	7,9	14
Kapaklı k.	S19	320	0	5,8	50,01	380,64	0	7,2	32,1
Bozlar s.	S20	318	0	5,9	51,07	427	0	7,5	37,4
Kayıköy k.	S21	321	0	6,6	32,97	284,26	9,6	8,4	26,85
Kozluca 1s.	S22	1073,5	0	8	23,78	1295,6	0	8,1	26,7
Kozluca s.	S23	410	0	7,3	72	579,5	0	7,4	65,7
İğdeli s.	S24	301,5	0	7,2	32,12	391,01	0	7,6	39,2
Karacaören k.	S25	235	0	7,2	27,55	305	0	7,8	25,65
Pınarbaşı k.	S26	215	0	7,1	22,79	274,5	0	7,5	22,3
Elmacık k.	S27	340	0	6	40,65	259,25	0	8,4	23,45
Boğaziçi s.	S28	405	0	7	57,66	504,47	0	7,4	54,05

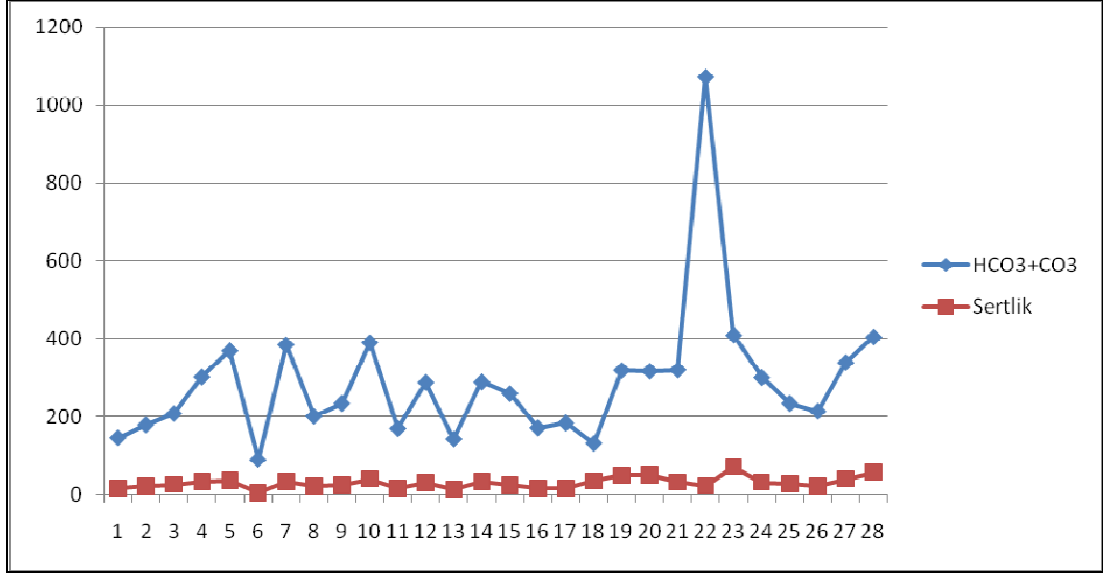
Su içerisinde bulunan HCO₃⁻ ve CO₃⁻² iyonları suyun geçici sertlik derecesinin belirlenmesinde de etkin rol oynamakta ve aralarında doğrusal bir ilişki sunmaktadır. Çalışma alanına ait su örneklerinin her iki döneme ait sertlik dereceleri ile HCO₃⁻-CO₃⁻² iyon miktarları karşılaştırıldığında da bu doğrusal ilişki göze çarpmaktadır (Şekil 4.54., 4.55., 4.56, 4.57., 4.58., 4.59.).



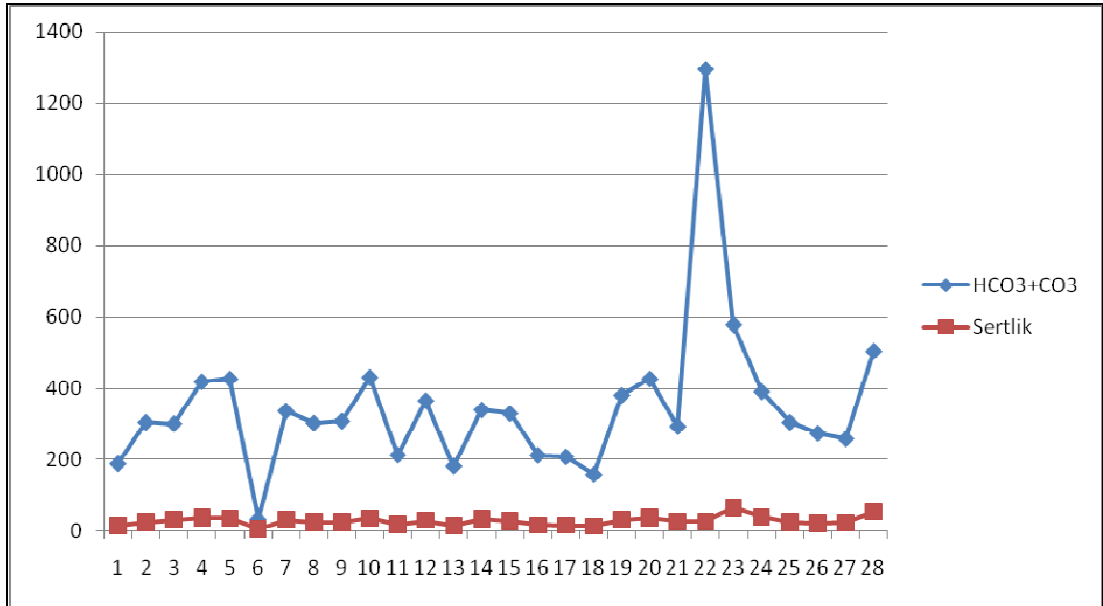
Şekil 4.52. Kurak dönem (Temmuz- 2009) K⁺ iyon dağılım haritası



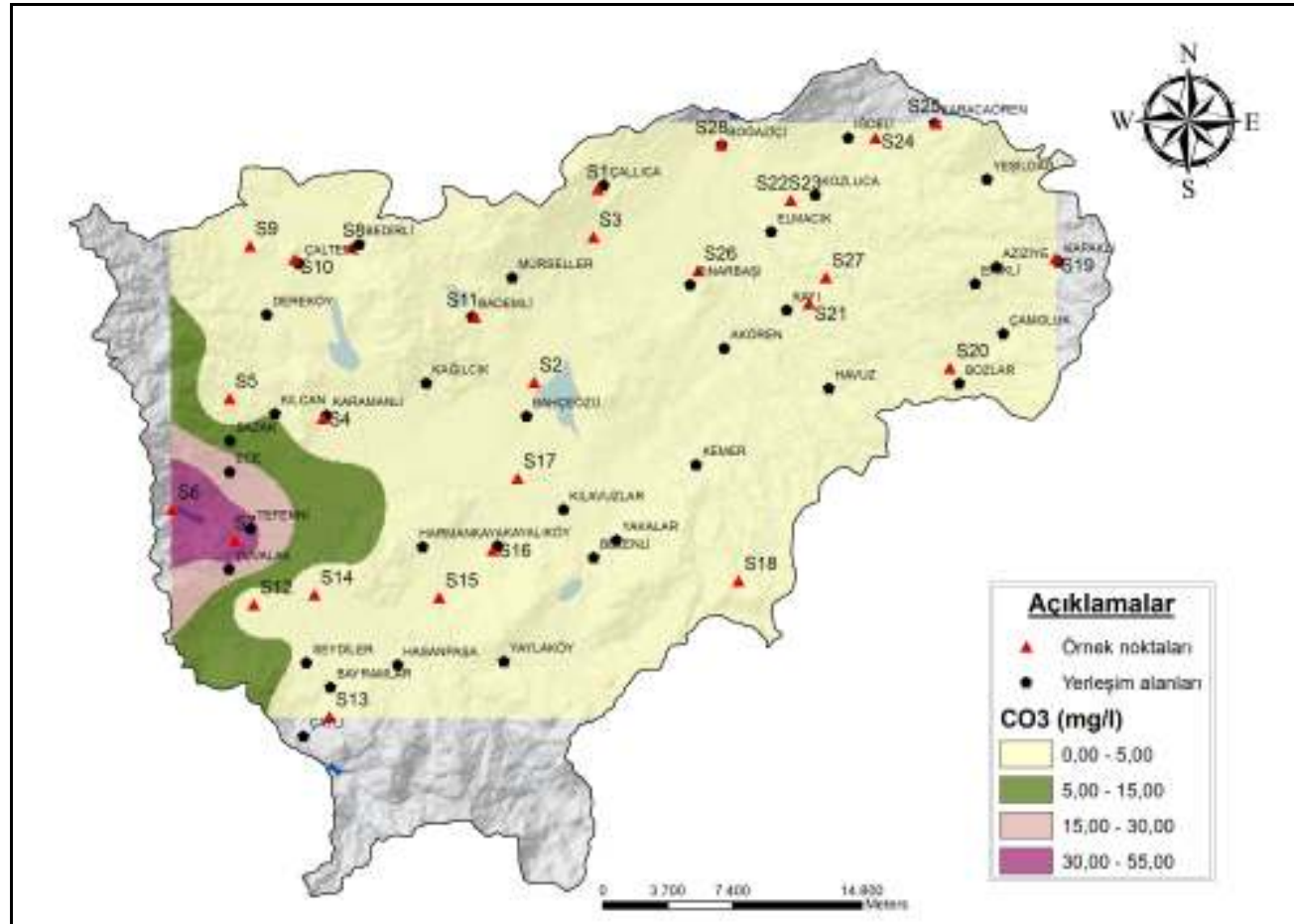
Şekil 4.53. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) K⁺ iyon dağılım haritası



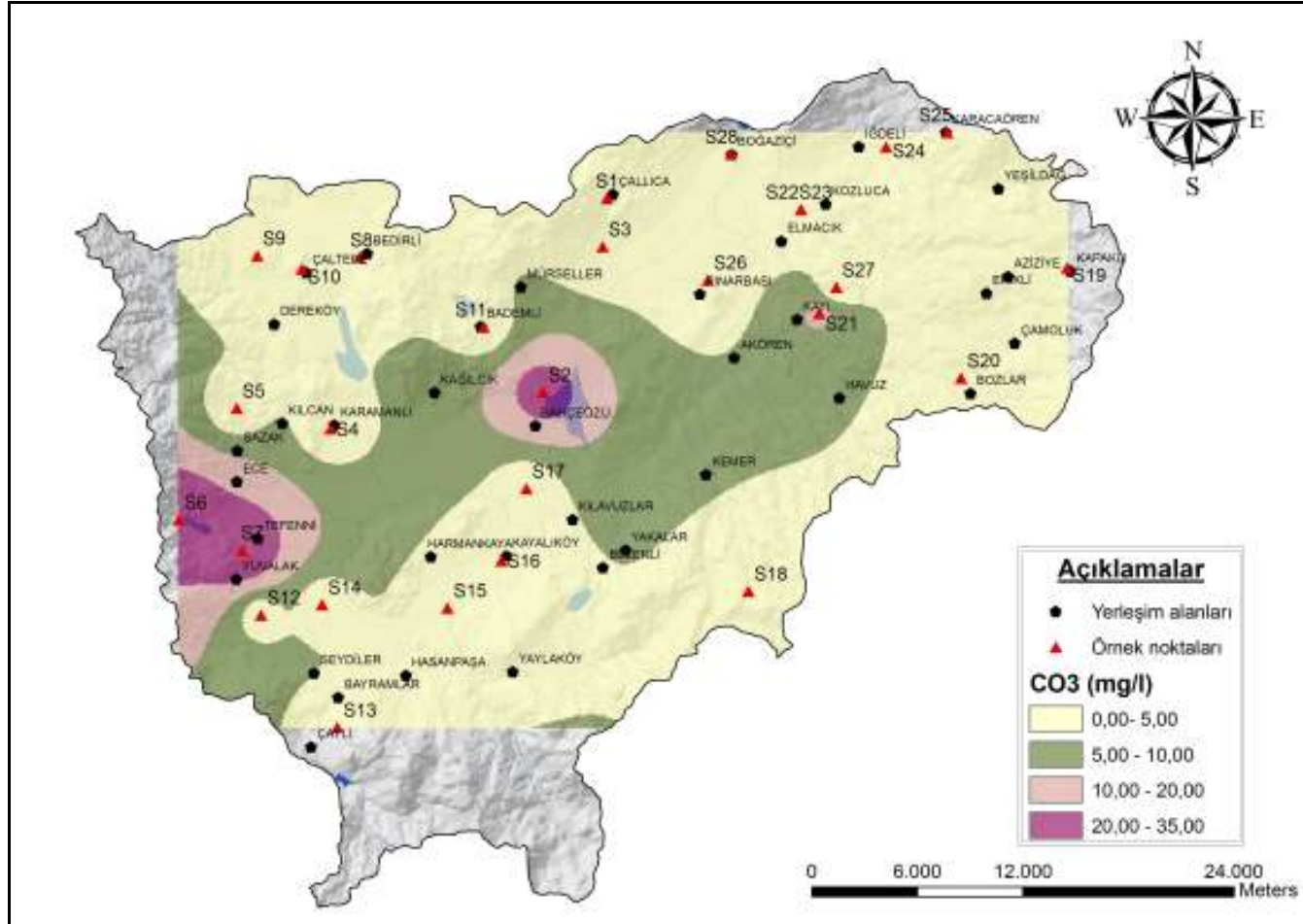
Şekil 4.54. Kurak dönem HCO₃+CO₃ iyonları ve sertlik değerleri ilişkisi



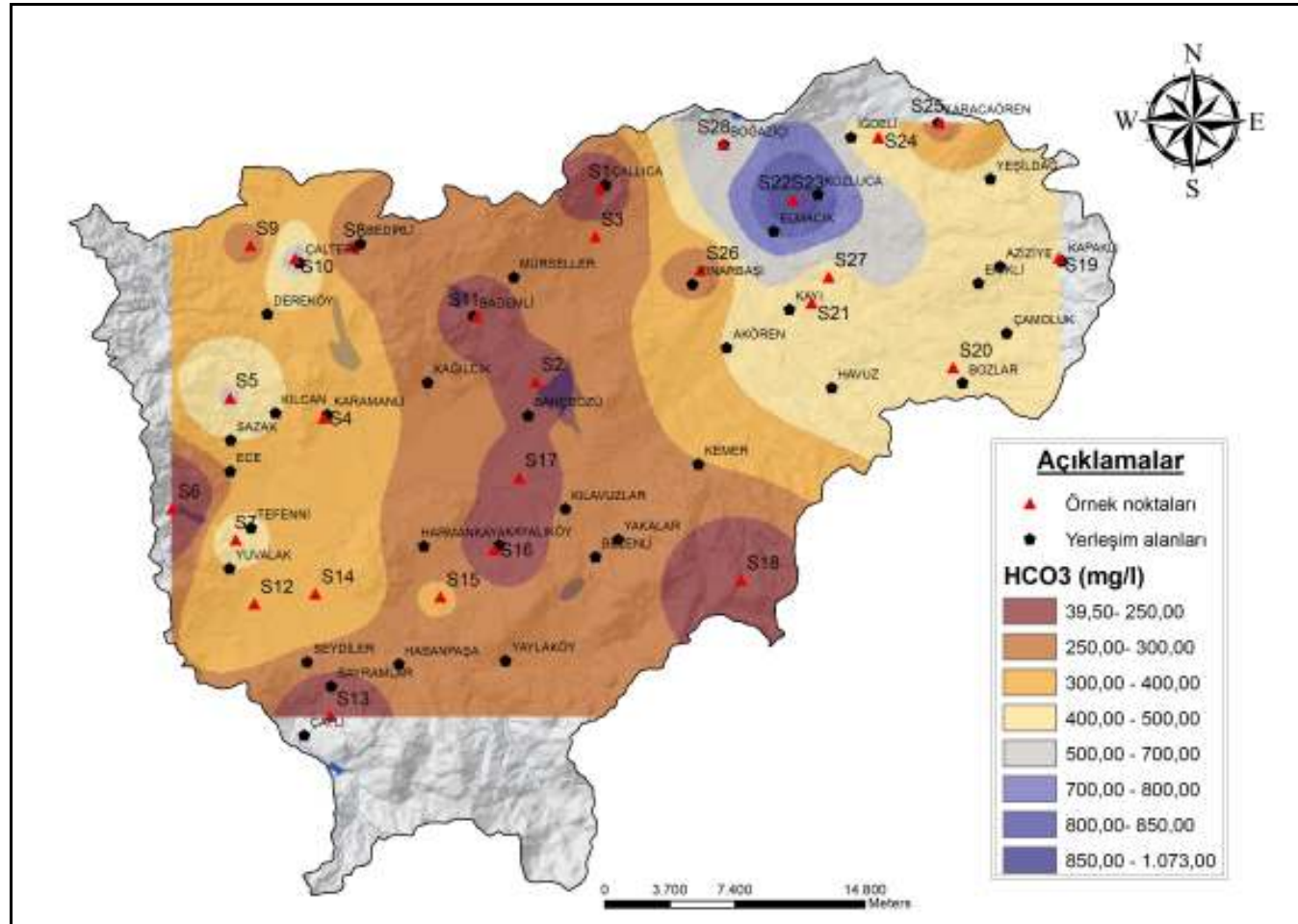
Şekil 4.55. Yağışlı dönem HCO₃+CO₃ iyonları ve sertlik değerleri ilişkisi



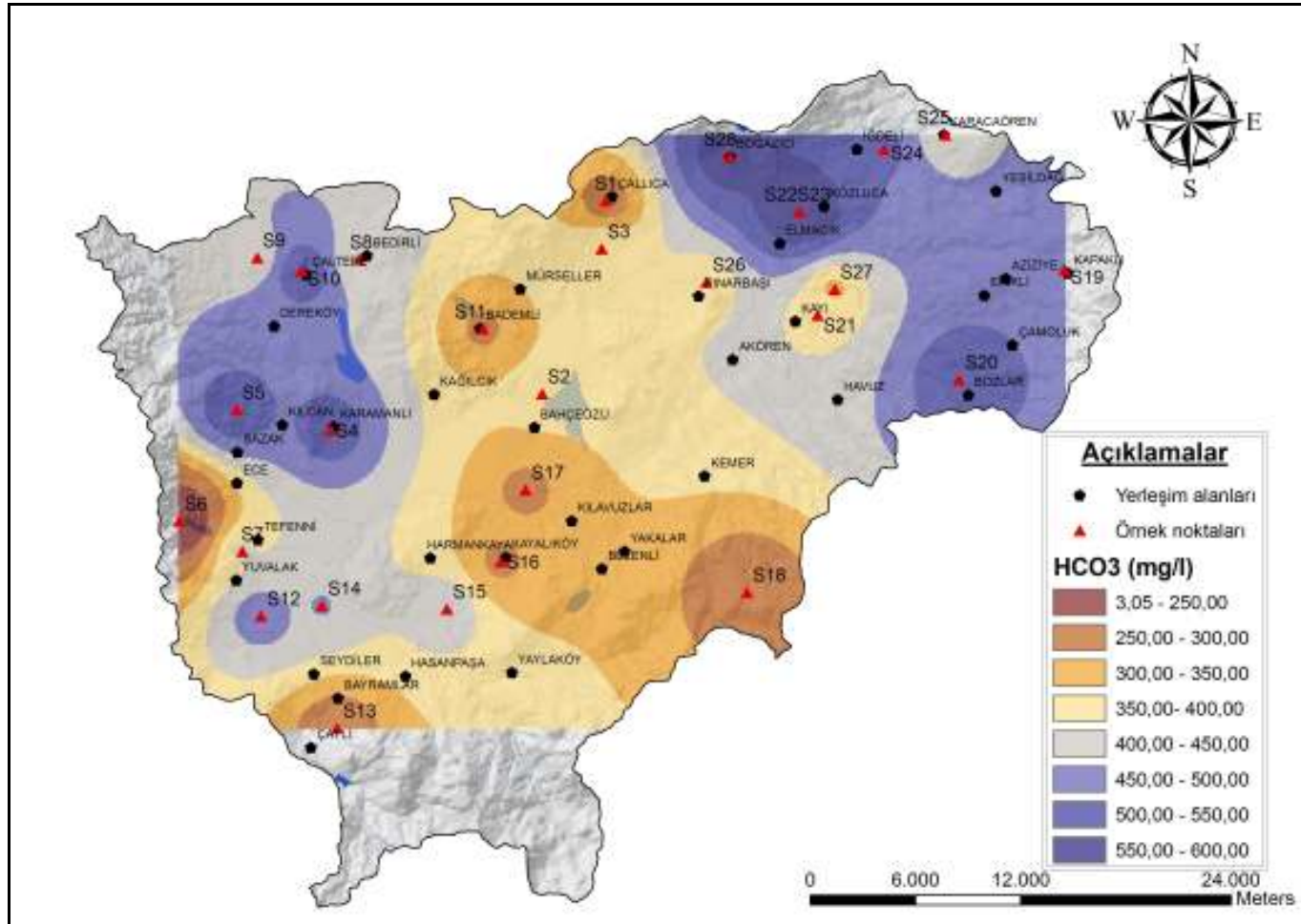
Şekil 4.56. Kurak dönem (Temmuz- 2009) CO₃ iyon dağılım haritası



Şekil 4.57. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) CO₃ iyon dağılım haritası



Şekil 4.58. Kurak dönem (Temmuz- 2009) HCO₃ iyon dağılım haritası



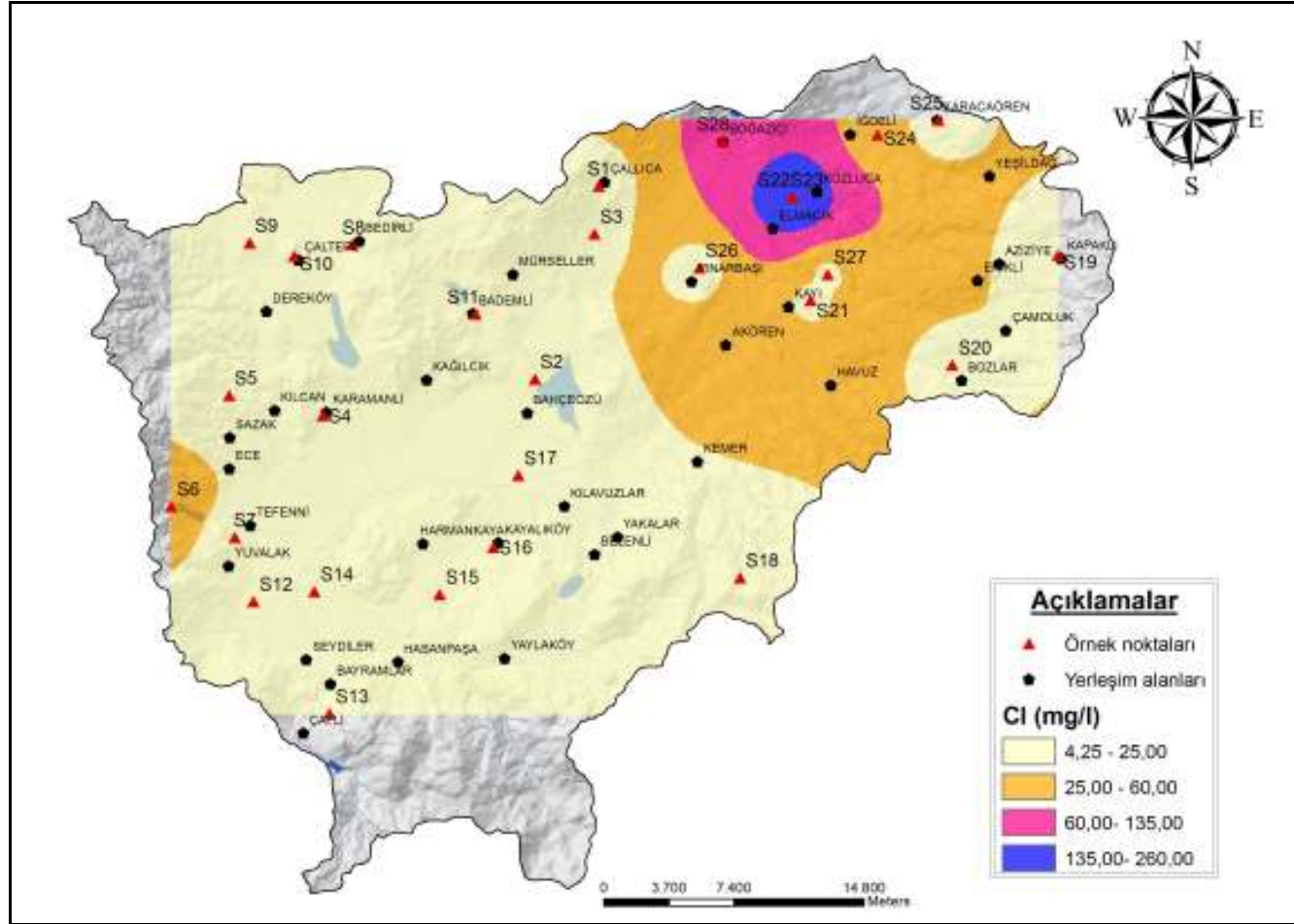
Şekil 4.59. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) HCO₃ iyon dağılım haritası

4.6.2.6. Klorür (Cl)

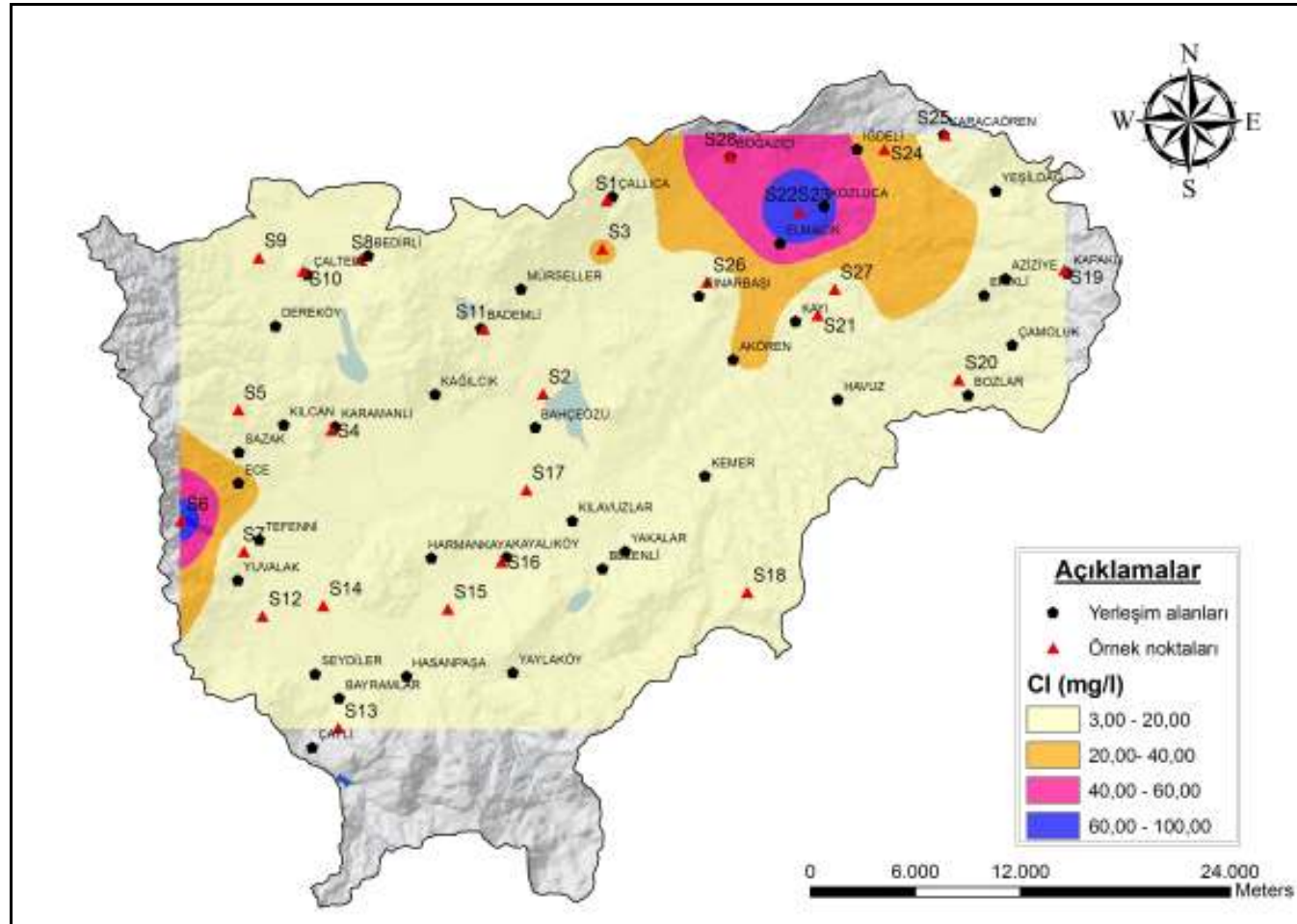
Doğal sularda genellikle düşük konsantrasyonlarda gözlemlenen klorür iyonu mağmadan HCl şeklinde yüzeye taşınmakta ve yer kabuğunun üst seviyelerinde asidik kayalar içerisinde birikmektedir. Magmatik kayalarda klorun önemli kaynakları arasında feldispatoyid grubu mineraller, klorapatit, mikalar ve hornblend sayılabilmektedir. Ancak, klorun asıl kaynağını sedimanter kayalar ve bunlar arasında da özellikle evaporitler oluşturmaktadır. Klorür doğal sularda sadece Cl formunda bulunmaktadır. Eksi yüklü oluşu, klorürün kolloidler tarafından tutulmasını engellemekte ve ayrıca iyon yarıçapının büyük olması da Ca, Mg, Na, K, Sr, Ba ve diğer elementlerle yaptığı tuzların suda kolayca çözünmesine neden olmaktadır. Kirilenmemiş doğal sularda klorür içeriği genellikle 10-20 ppm aralığındadır. Bu değer yağış sularının klorür içeriği ile yakından ilişkili olduğunu göstermektedir (Demiroğlu, 2008). Yeraltısularındaki klorür fazlalığı litolojik etkileşimin olmadığı alanlarda evsel, endüstriyel veya tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan kirliliğin nedeni olarak tanımlanmaktadır. İnceleme alanındaki su kaynaklarının Cl iyonu konsantrasyonu kurak dönemde 4.25-259.4 mg/l, yağışlı dönemde ise 3.90-250.96 mg/l arasında değişim göstermektedir (Çizelge 4.25.). Sulardaki Cl iyon konsantrasyonunun TSE266 ve WHO tarafından içme ve kullanma sularında en fazla bulunabileceği miktar 250 mg/l olarak belirlenmiş olup inceleme alanındaki sular sınır değeri aşmamaktadır (Kozluca1 sondaj kuyusu hariç).

Çizelge 4.25. Çalışma alanındaki örneklere ait Cl iyon miktarları (mg/l).

Örnek Yeri	Örnek No	Kurak Dön.	Yağışlı Dön.	Örnek Yeri	Örnek No	Kurak Dön.	Yağışlı Dön.
Çallica k.	S1	7,45	5,32	Manca s.	S15	11,70	13,48
Karataş Gölü	S2	12,76	13,13	Kayalı k.	S16	9,57	8,51
Çallica s.	S3	18,79	20,23	Kılavuzlar s.	S17	7,80	10,64
Karamanlı k.	S4	17,73	14,90	Akpınar k.	S18	4,61	3,90
Kılcan k.	S5	7,45	7,09	Kapaklı k.	S19	5	6,74
Barutlusu k.	S6	46,44	72,76	Bozlar s.	S20	14,18	10,29
Tefenni k.	S7	8,01	7,09	Kayıköy k.	S21	17,37	13,13
Bedirli k.	S8	10,99	8,87	Kozluca 1s.	S22	259,4	250,96
Bedirli s.	S9	11,34	10,64	Kozluca s.	S23	112,0	100,45
Çaltepe k.	S10	5	6,38	İğdeli s.	S24	30,13	35,49
Bademli k.	S11	5,67	9,22	Karacaören k.	S25	6,4	6,03
Yuvalak s.	S12	14,18	11,35	Pınarbaşı k.	S26	10,64	11,71
Bayramlar k.	S13	4,25	3,90	Elmacık k.	S27	17,73	14,19
Hüyük s.	S14	12,41	12,42	Boğaziçi s.	S28	65,94	50,05



Şekil 4.60. Kurak dönem (Temmuz- 2009) Çi iyon dağılım haritası



Şekil 4.61. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) Cl iyon dağılım haritası

4.6.2.7. Sülfat (SO₄⁼)

Kükürt elementi, indirgenmiş halde metal sülfürleri olarak magmatik ve sedimanter kayalarda yaygın olarak bulunmaktadır. Sülfürlü mineraller su ile temas ederek bozdukları zaman oksitlenerek sülfat iyonları oluşur ve bu iyonlar suya geçmektedir. Kükürdün göçü çoğunlukla SO₄⁼ şeklindedir. Oldukça büyük iyon yarıçapına sahip olan SO₄⁼ çok hareketlidir. Sülfat iyonunun sularda bulunmasındaki başlıca doğal kaynaklar, volkanlar, pirit mineralinin oksitlenmesi, jips ve anhidritlerin çözünmesi, atmosferdeki H₂S gazlarının fotokimyasal olarak oksitleşmesi, deniz sularının buharlaşması ve rüzgar etkisiyle atmosfere taşınması şeklinde olurken ayrıca dış kökenli olarak kimyasal ilaçlar, yapay gübre ile evsel ve endüstriyel atıklar gibi çeşitli kirletici kaynaklardan toprağa ve suya karışması sayılabilir. Yeraltı suları içerisinde sülfat değerleri genelde düşüktür.

Dünya Sağlık Örgütü İçme suyu standartları (WHO, 2006) ve Türk İçme Suyu standartlarına (TSE-266, 2005) göre sülfat elementi için sınır değer 250 mg/l olarak belirlenmiştir. Sülfatın toprağın tuzunu artırmaktan başka zararlı bir etkisi söz konusu değildir. Sulama sularında 250 mg/l'ye kadar olan miktarlar ise bitki beslenmesi için yararlı olarak görülmektedir (Erguvanlı vd., 1987).

İnceleme alanından alınan su örneklerinin sülfat değerleri kurak dönemde 1- 230 mg/l arasında değişmekte olup, yağışlı dönemde ise 5.76-191.15 mg/l arasındadır (Çizelge 4.26.). Yüzey ve yeraltı sularının SO₄⁼ değerlerinin kurak dönemde daha yüksek olduğu görülmektedir. Bölgedeki en yüksek sülfat değerleri her iki dönemde de Kozluca (S23) ve Boğaziçi (S28) sondaj kuyularında belirlenmiştir. Bu kuyular çakıltaşı, kumtaşı, kilitaşı, killi kireçtaşı, marn, konglomera vb., kaya türlerinden oluşan Çameli formasyonu içerisinde açılmış olup, killi birimlerin kalınlığının yüksek olduğu sondaj kuyularıdır. Bilindiği gibi SO₄⁼ iyonları en fazla killi birimler içinde tutulmaktadır. Dolayısıyla katyonlarda olduğu gibi suyun SO₄⁼ içeriği de esasen Neojen örtü birimlerle (Çameli formasyonu) ilişkilidir.

Bununla birlikte alüvyon akifer üzerinde tarımsal faaliyetler için kullanılan gübrelerin de suların sülfat içeriklerini artırması yönünde etkisi bulunmaktadır. İnceleme alanında suların sülfat içeriği açısından kurak ve yağışlı dönemlerde içme ve kullanma suyu standartlarını aşmadığı görülmektedir.

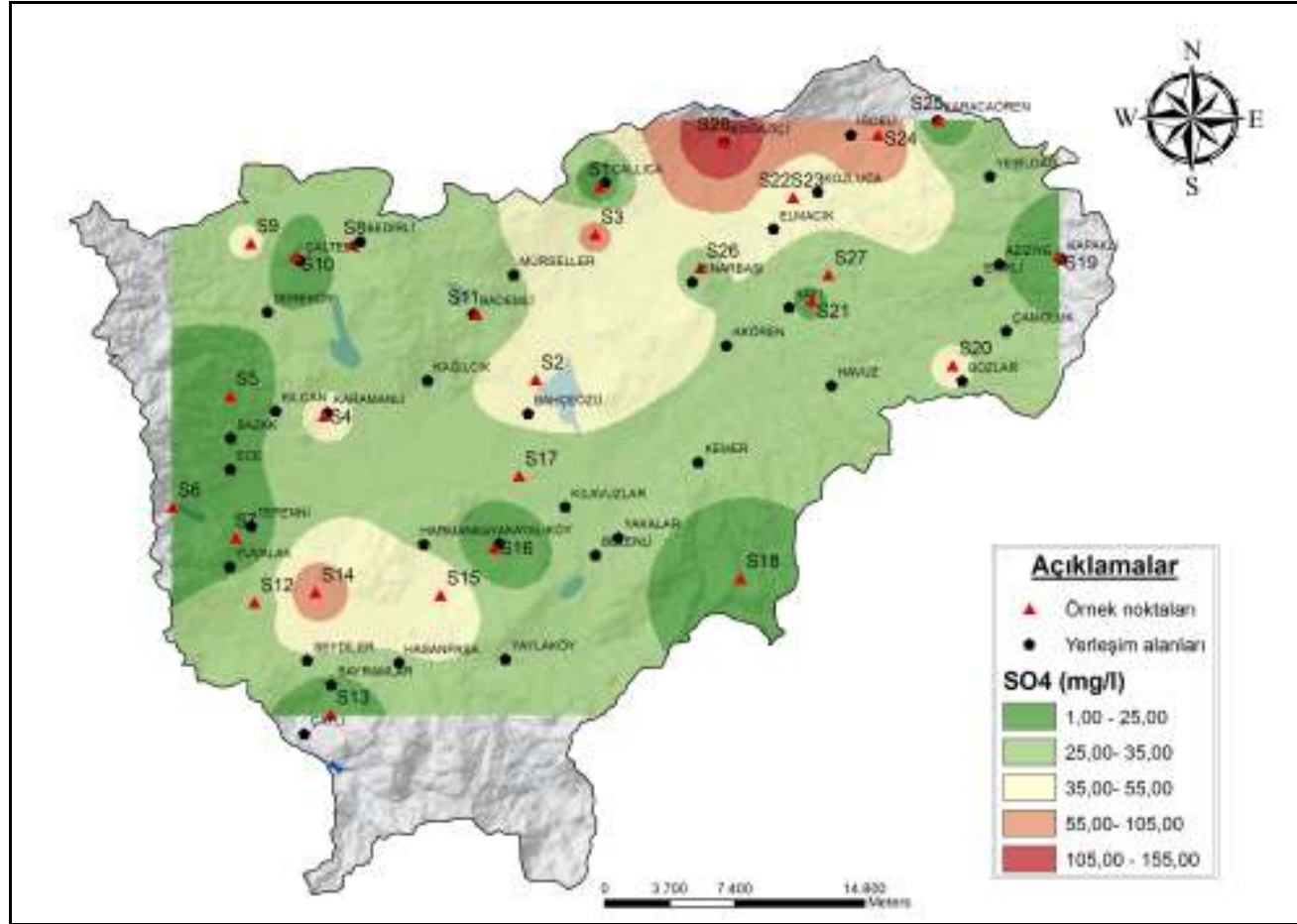
Çizelge 4.26. Çalışma alanındaki örneklere ait $SO_4^{=}$ iyon miktarları (mg/l).

Örnek Yeri	Örnek No	Kurak Dön.	Yağışlı Dön.	Örnek Yeri	Örnek No	Kurak Dön.	Yağışlı Dön.
Çallica k.	S1	12	8,16	Manca s.	S15	49	39,86
Karataş Gölü	S2	55	33,14	Kayalı k.	S16	8	12
Çallica s.	S3	60	36,02	Kılavuzlar s.	S17	23	9,12
Karamanlı k.	S4	39	28,81	Akpınar k.	S18	4	6,72
Kılcan k.	S5	9	11,04	Kapaklı k.	S19	10	10,08
Barutlusu k.	S6	1	5,76	Bozlar s.	S20	36	27,85
Tefenni k.	S7	8,03	6,72	Kayıköy k.	S21	20	24,01
Bedirli k.	S8	27	17,77	Kozluca 1s.	S22	36	76,36
Bedirli s.	S9	39	22,09	Kozluca s.	S23	230	170,02
Çaltepe k.	S10	9	8,16	İğdeli s.	S24	85	145,05
Bademli k.	S11	23	14,40	Karacaören k.	S25	11	12,96
Yuvalak s.	S12	29	9,60	Pınarbaşı k.	S26	32	32,66
Bayramlar k.	S13	10	7,68	Elmacık k.	S27	24	22,57
Hüyük s.	S14	73	84,05	Boğaziçi s.	S28	155	191,15

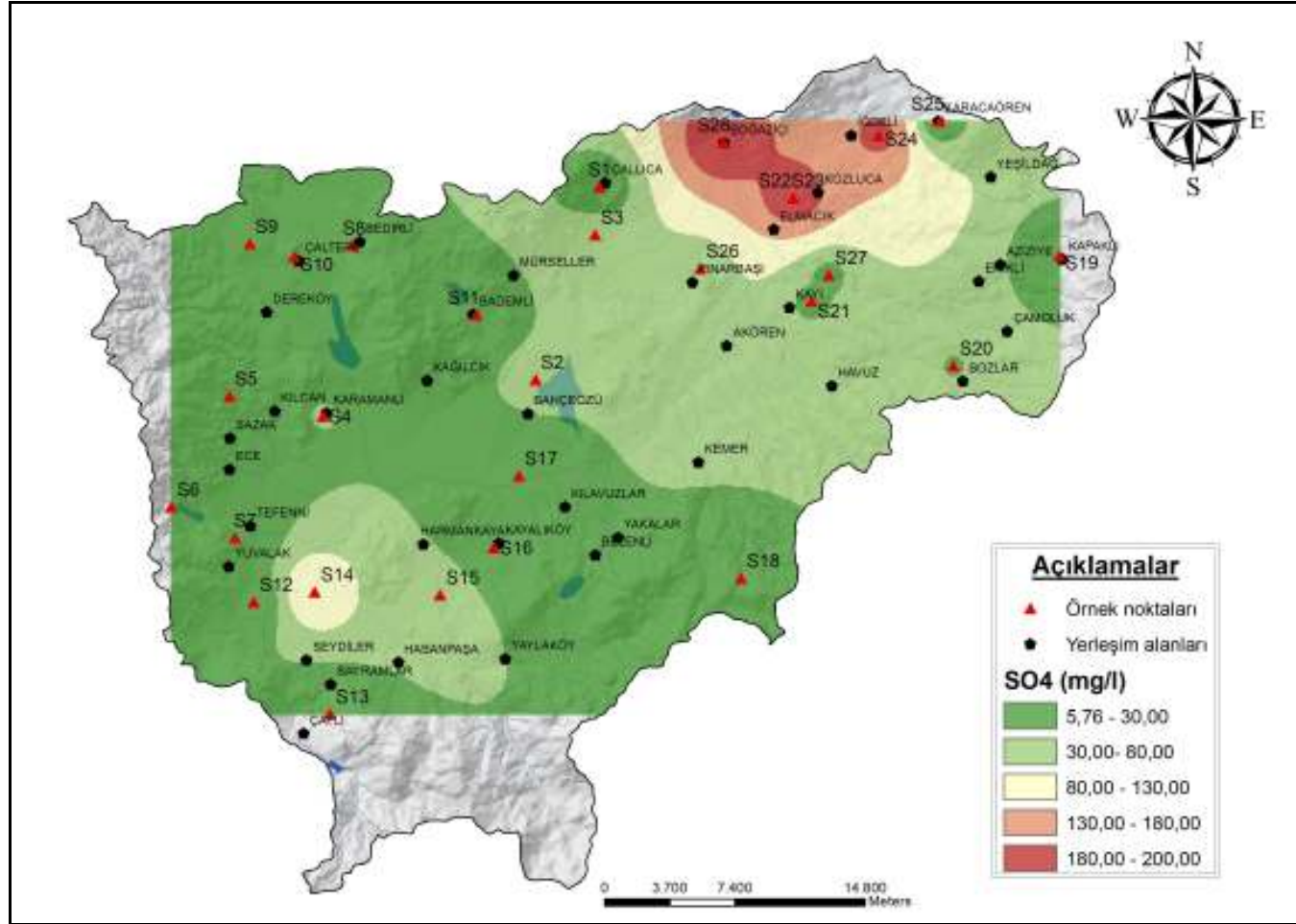
4.6.2.8. Majör iyonlar arasındaki ilişkinin istatistiksel değerlendirilmesi

Mühendislik uygulamalarında, veri setlerini temsil eden değerlerin bilinmesi ve ortalama etrafında değişimin ortaya konması oldukça önemlidir. Bunun için merkezi eğilim (mod, medyan, aritmetik ortalama vb.) ve dağılım ölçülerinin (varyans, standart sapma, değişkenlik katsayısı vb.) bulunması gereklidir. Böylece veri setlerinin birbirleriyle kıyaslanması da mümkün olabilmektedir (Mc Bean ve Rovers, 1998). Doğada birçok değişken birbirlerini etkileyerek değer alırlar. Biri diğerinin ortaya çıkmasında yada çıkmamasında rol oynamaktadır. Bir değişken diğerinin nedeni olabilir. Değişkenler arasındaki neden sonuç ilişkisi regresyon yöntemleri ile incelenmektedir (Runyon vd., 2000).

İnceleme alanında farklı su kaynaklarından alınan örneklerde ortaya çıkan su tiplerindeki farklılıklar nedeni ile örneklerin bileşiminde yer alan majör iyonlar arasında yağışlı ve kurak olmak üzere her iki döneme ait analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri yapılmıştır (Çizelge 4.27., 4.28.).



Şekil 4.62. Kurak dönem (Temmuz- 2009) SO₄²⁻ iyon dağılım haritası



Şekil 4.63. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) SO₄⁼ iyon dağılım haritası

Çizelge 4.27. Yağışlı dönem su örneklerine ait major iyon içeriklerinin istatistiksel değerlendirilmesi

	Örnek Say.	Mini. (mg/l)	Maks. (mg/l)	Ortalama (mg/l)	Standart Sapma	Sapma Katsayısı	% Varyans
Ca	28	7,01	118,23	53,61	29,645	55,298	94,0
Mg	28	3,76	88,03	36,194	24,32	67,195	96,0
Na	28	1,14	558,68	37,978	103,632	272,871	100,0
K	28	0,0	3,51	1,203	1,047	87,055	100,0
CO₃	28	0,0	32,4	3,471	9,321	268,519	100,0
HCO₃	28	3,05	1295,6	345,735	219,312	63,434	100,0
Cl	28	3,9	250,96	26,356	49,172	186,568	98,0
SO₄	28	5,76	191,15	38,35	50,177	130,839	97,0

Çizelge 4.28. Kurak dönem su örneklerine ait iyon içeriklerinin major istatistiksel değerlendirilmesi

	Örnek Say.	Mini. (mg/l)	Maks. (mg/l)	Ortalama (mg/l)	Standart Sapma	Sapma Katsayısı	% Varyans
Ca	28	7,35	185,25	65,652	45,389	69,136	96,0
Mg	28	1,25	101,9	34,75	27,694	79,696	99,0
Na	28	1,09	522,8	35,249	96,718	274,382	100,0
K	28	0,33	12,5	2,195	2,637	120,106	97,0
CO₃	28	0,0	51,0	3,075	11,496	373,853	100,0
HCO₃	28	39,5	1073,5	285,929	180,011	62,957	96,0
Cl	28	4,25	259,4	26,962	50,875	188,689	98,0
SO₄	28	1,0	230,0	39,894	49,057	122,968	100,0

Yapılan hesaplamalara göre inceleme alanı genelindeki sularda yağışlı ve kurak dönemlerde Ca ve HCO₃ iyonları egemen majör iyonlar olup, K ve CO₃ iyonları ise bölgedeki sularda en düşük konsantrasyona sahip majör iyonları teşkil etmektedir.

İnceleme alanında su kaynakları içerisindeki majör iyonların birbirleriyle ilişkilerini belirlemek amacıyla SPSS 15.0 istatistik yazılım programı kullanılmıştır. Bu değerlendirmede ikili ilişkilerin analizinde yaygın olarak kullanılan ‘Pearson Korelasyon Analizi’nden yararlanılmış ve bu analizde $p < 0.05$ değeri anlamlı olarak kabul edilmiştir (Çizelge 4.29. ,4.30.).

Korelasyon analizi, iki değişken arasındaki ilişkinin derecesini ve yönünü belirlemek amacıyla kullanılan istatistik yöntemlerden birisidir. Değişkenlerin bağımlı veya bağımsız olması dikkate alınmaz. Değişik şekillerde hesaplanan ve değişik amaçlar için kullanılan, Pearson korelasyon katsayısı, Canonical korelasyon katsayısı, kısmi korelasyon katsayısı gibi farklı isimler alan korelasyon katsayıları adlandırılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan Pearson korelasyon katsayısı ‘r’ ile gösterilmekte ve aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

Çizelge 4.29. Kurak döneme ait su örneklerinin Pearson korelasyon analiz sonuçları

		Ca	Mg	Na	K	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄
Ca	Pearson Correlation (r)	1	-0,192	-0,246	0,310	-0,322	-0,059	-0,140	0,193
	Sig. (2-tailed) (p)		0,327	0,206	0,108	0,095	0,764	0,478	0,324
Mg	Pearson Correlation (r)	-0,192	1	0,172	0,042	-0,021	0,503	0,347	0,627
	Sig. (2-tailed) (p)	0,327		0,381	0,830	0,917	0,006	0,071	0,000
Na	Pearson Correlation (r)	-0,246	0,172	1	0,065	-0,038	0,859	0,930	0,087
	Sig. (2-tailed) (p)	0,206	0,381		0,741	0,849	0,000	0,000	0,660
K	Pearson Correlation (r)	0,310	0,042	0,065	1	-0,195	0,081	0,111	0,167
	Sig. (2-tailed) (p)	0,108	0,830	0,741		0,321	0,682	0,573	0,397
CO ₃	Pearson Correlation (r)	-0,322	-0,021	-0,038	-0,195	1	-0,185	0,021	-0,204
	Sig. (2-tailed) (p)	0,095	0,917	0,849	0,321		0,347	0,916	0,298
HCO ₃	Pearson Correlation (r)	-0,059	0,503	0,859	0,081	-0,185	1	0,844	0,230
	Sig. (2-tailed) (p)	0,764	0,006	0,000	0,682	0,347		0,000	0,240
Cl	Pearson Correlation (r)	-0,140	0,347	0,930	0,111	0,021	0,844	1	0,377
	Sig. (2-tailed) (p)	0,478	0,071	0,000	0,573	0,916	0,000		0,048
SO ₄	Pearson Correlation (r)	0,193	0,627	0,087	0,167	-0,204	0,230	0,377	1
	Sig. (2-tailed) (p)	0,324	0,000	0,660	0,397	0,298	0,240	0,048	

Çizelge 4.30. Yağışlı döneme ait su örneklerinin Pearson korelasyon analiz sonuçları

		Ca	Mg	Na	K	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄
Ca	Pearson Correlation (r)	1	-0,047	-0,206	0,308	-0,417	0,088	-0,105	0,381
	Sig. (2-tailed) (p)		0,811	0,292	0,111	0,027	0,657	0,594	0,045
Mg	Pearson Correlation (r)	-0,047	1	0,236	0,394	0,052	0,520	0,315	0,641
	Sig. (2-tailed) (p)	0,811		0,227	0,038	0,793	0,005	0,103	0,000
Na	Pearson Correlation (r)	-0,206	0,236	1	0,525	-0,060	0,868	0,945	0,297
	Sig. (2-tailed) (p)	0,292	0,227		0,004	0,762	0,000	0,000	0,125
K	Pearson Correlation (r)	0,308	0,394	0,525	1	-0,027	0,610	0,560	0,661
	Sig. (2-tailed) (p)	0,111	0,038	0,004		0,890	0,001	0,002	0,000
CO ₃	Pearson Correlation (r)	-0,417	0,052	-0,060	-0,027	1	-0,254	0,028	-0,181
	Sig. (2-tailed) (p)	0,027	0,793	0,762	0,890		0,192	0,890	0,356
HCO ₃	Pearson Correlation (r)	0,088	0,520	0,868	0,610	-0,254	1	0,817	0,445
	Sig. (2-tailed) (p)	0,657	0,005	0,000	0,001	0,192		0,000	0,018
Cl	Pearson Correlation (r)	-0,105	0,315	0,945	0,560	0,028	0,817	1	0,432
	Sig. (2-tailed) (p)	0,594	0,103	0,000	0,002	0,890	0,000		0,022
SO ₄	Pearson Correlation (r)	0,381	0,641	0,297	0,661	-0,181	0,445	0,432	1
	Sig. (2-tailed) (p)	0,045	0,000	0,125	0,000	0,356	0,018	0,022	

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n(\sum X^2) - (\sum X)^2][n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2]}} \quad (4.3)$$

Pearson korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değişen değerler almaktadır ($-1 \leq r \leq +1$). Katsayı, ilişkinin olmadığı durumda 0, tam ve kuvvetli bir ilişki varsa 1 yani bileşenlerden birinin değeri artıyorsa diğer bileşende de artış görülmekte, ters yönlü ve tam bir ilişki varsa yani biri artarken diğeri azalıyorsa -1 değerini almaktadır (Gültekin, 2011; Çizelge 4.31.). Pearson korelasyon katsayısını gösteren ‘**r**’ değerinin yanı sıra veriler arasındaki ilişkinin doğruluğunu ifade eden ‘**p**’ değerinin (Sig. 2-tailed) 0.05’den küçük değerler alması verilerin birbiri ile ilişkisini doğrulamakta ve ilişki ‘**anlamlı**’ olarak yorumlanmaktadır.

Çizelge 4.31. Pearson korelasyon analizinde değer aralıkları ve kavramsal ifadeleri (Gültekin, 2011)

Değer Aralığı	Kavramsal İfadesi
$r = -1.0$	Tam negatif bağımlı
$-1.0 < r < -0,9$	Kuvvetli negatif bağımlı
$-0,9 < r < -0,7$	Oldukça negatif bağımlı
$-0,7 < r < -0,5$	Zayıf negatif bağımlı
$-0,5 < r < -0,3$	Çok zayıf negatif bağımlı
$-0,3 < r < -0,1$	Önemli olmayan negatif bağımlı
$r = 0,0$	Tam bağımsız
$0,1 < r < 0,3$	Önemli olmayan pozitif bağımlı
$0,3 < r < 0,5$	Çok zayıf pozitif bağımlı
$0,5 < r < 0,7$	Zayıf pozitif bağımlı
$0,7 < r < 0,9$	Kuvvetli pozitif bağımlı
$r = 1.0$	Tam pozitif bağımlı

Kurak dönem için pearson korelasyon analizine göre;

Mg iyonu HCO_3 ve SO_4 iyonu ile pozitif korelasyon ($r = 0.50$, $p = 0.006$ ve $r = 0.62$, $p < 0.001$, sırasıyla), Na iyonu HCO_3 ve Cl iyonu ile pozitif korelasyon ($r = 0.85$, $p < 0.001$ ve $r = 0.93$, $p < 0.001$, sırasıyla) ve HCO_3 iyonu da Cl iyonu ile pozitif korelasyon ($r = 0.84$, $p < 0.001$ sırasıyla) göstermektedir.

Yağışlı dönem pearson korelasyon analizine göre ise;

Ca iyonu CO_3 iyonu ile negatif korelasyon ($r = -0.41$, $p = 0.02$), Mg iyonu K, HCO_3 ve SO_4 iyonları ile pozitif korelasyon ($r = 0.39$, $p = 0.03$, $r = 0.52$, $p = 0.005$, $r = 0.64$,

$p < 0.001$ sırasıyla), Na iyonu K, HCO_3 ve Cl iyonları ile pozitif korelasyon ($r = 0.52$, $p = 0.004$, $r = 0.86$, $p < 0.001$, $r = 0.94$, $p < 0.001$ sırasıyla), K iyonu HCO_3 , Cl ve SO_4 iyonları ile pozitif korelasyon ($r = 0.61$, $p = 0.001$, $r = 0.56$, $p = 0.002$ ve $r = 0.66$, $p < 0.001$ sırasıyla), HCO_3 iyonu Cl ve SO_4 iyonları ile pozitif korelasyon ($r = 0.81$, $p < 0.001$, $r = 0.44$, $p = 0.01$) ve Cl iyonu da SO_4 iyonu ile pozitif korelasyon ($r = 0.43$, $p = 0.02$) göstermektedir.

4.6.3. Suların hidrojeokimyasal sınıflaması

4.6.3.1. Schoeller (1955)'e göre suların sınıflaması

Schoeller (1955) suları bileşimindeki klorür, sülfat, karbonat-bikarbonat miktarları ile anyon-katyon derişim ilişkilerine göre sınıflandırmıştır (Çizelge 4.32.).

Yağışlı ve kurak dönemde yapılan analiz sonuçlarının her ikisinde de örnekler, Schoeller (1955)'in klorür sınıflamasına göre, '*Olağan klorürlü sular*', sülfat sınıflamasına göre, '*Olağan sülfatlı sular*' sınıfına girmektedir.

Karbonat-Bikarbonat sınıflamasına bakıldığında ise suların, yağışlı ve kurak dönemde farklı su sınıflarında yer aldığı görülmüştür. Yağışlı dönem analiz sonuçlarına göre, Barutlusu kaynağı (S6), '*Hipokarbonatlı sular*' sınıfında, Çaltepe kaynak suyu (S10), Kozluca 1 sondaj kuyusu (S22), Kozluca sondaj kuyusu (S23) ve Boğaziçi sondaj kuyusundan (S28) alınan su örnekleri '*Hiperkarbonatlı sular*' sınıfında yer almaktadır. Bu beş su örneği dışındaki diğer tüm su örnekleri ise '*Olağan karbonatlı sular*' sınıfında yer almaktadır. Kurak dönem analiz sonuçlarına bakıldığında ise Kozluca1 sondaj kuyusuna (S22) ait su örneğinin '*Hiperkarbonatlı sular*' sınıfında olduğu ve diğer tüm su örneklerinin ise '*Olağan karbonatlı sular*' sınıfında yer aldığı görülmektedir. Karataş Gölü'ne ait yüzey suyu örneği ise kurak ve yağışlı dönem analiz sonuçlarına göre '*Olağan karbonatlı sular*' sınıfına girmektedir.

Çizelge 4.32. Schoeller (1955)'e göre su sınıflaması

Klorür Sınıflaması		Sülfat Sınıflaması		Karbonat-Bikarbonat Sınıf.	
Su sınıfı	Klorür miktarı (mek/l)	Su sınıfı	Sülfat miktarı (mek/l)	Su sınıfı	Karbonat-Bikarbonat miktarı (mek/l)
Hiperklorürlü Sular	>700	Hiposülfatlı Sular	>58	Hiperkarbonatlı Sular	>7
Klorotalasik Sular	420-700	Sülfatlı Sular	24-58	Olağan Karbonatlı Sular	2-7
Klorürce zengin sular	140-120	Oligosülfatlı Sular	6-24	Hipokarbonatlı Sular	<2
Orta Klorürlü Sular	40-140	Olağan Sülfatlı Sular	<6		
Oligoklorürlü Sular	15-40				
Olağan Klorürlü Sular	<15				

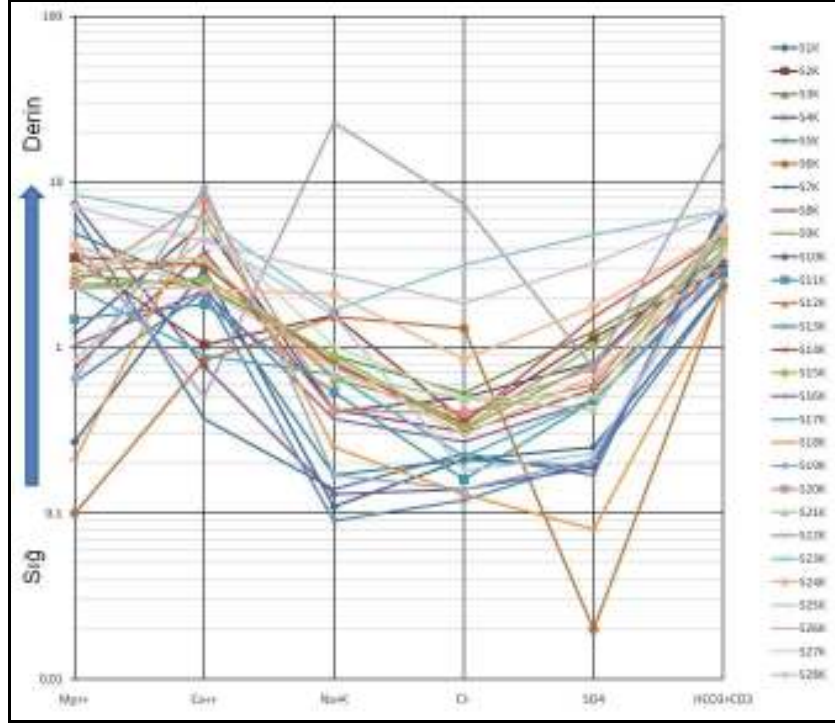
4.6.3.2. Schoeller yarı logaritmik diyagram ile suların sınıflaması

Schoeller (1955)'in karbonat-bikarbonat miktarına göre yapmış olduğu sınıflamadan farklı olarak geliştirdiği yarı logaritmik diyagram ile farklı kimyasal özelliğe sahip suların daha kolay ayırt edilmesi sağlanmıştır. Yaygın olarak kullanılan bu yöntemle su tiplerinin tanımlanması da mümkündür.

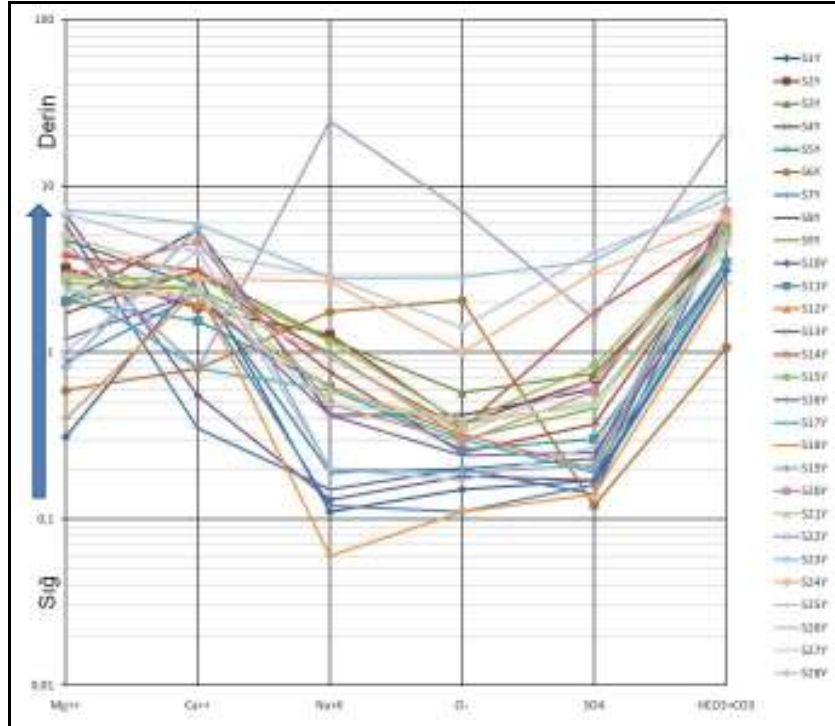
Yağışlı ve kurak dönem için hazırlanan bu diyagramlarda genel olarak su örneklerinin benzer özellikler taşıdığı görülmektedir. Mineralli su kaynağı özelliğindeki Barutlusu kaynağı (S6) ile yüksek Na+K içeriğine sahip Kozluca1 (S22) kuyusundan alınan örneklerin farklılıkları kolayca gözlenebilmektedir (Şekil 4.64., 4.65.).

4.6.3.3. Piper ve Chadha diyagramları ile suların sınıflaması

Bölgedeki su kaynaklarının litoloji ile ilişkileri ve dolaşım sistemleri boyunca meydana gelen hidrojeokimyasal evrim süreçlerinin açıklanmasında Piper ve Chadha diyagramından (Piper, 1944; Chadha, 1999) yararlanılmıştır.



Şekil 4.64. Kurak dönem su örneklerinin Schoeller yarı logaritmik diyagramı ile sınıflaması

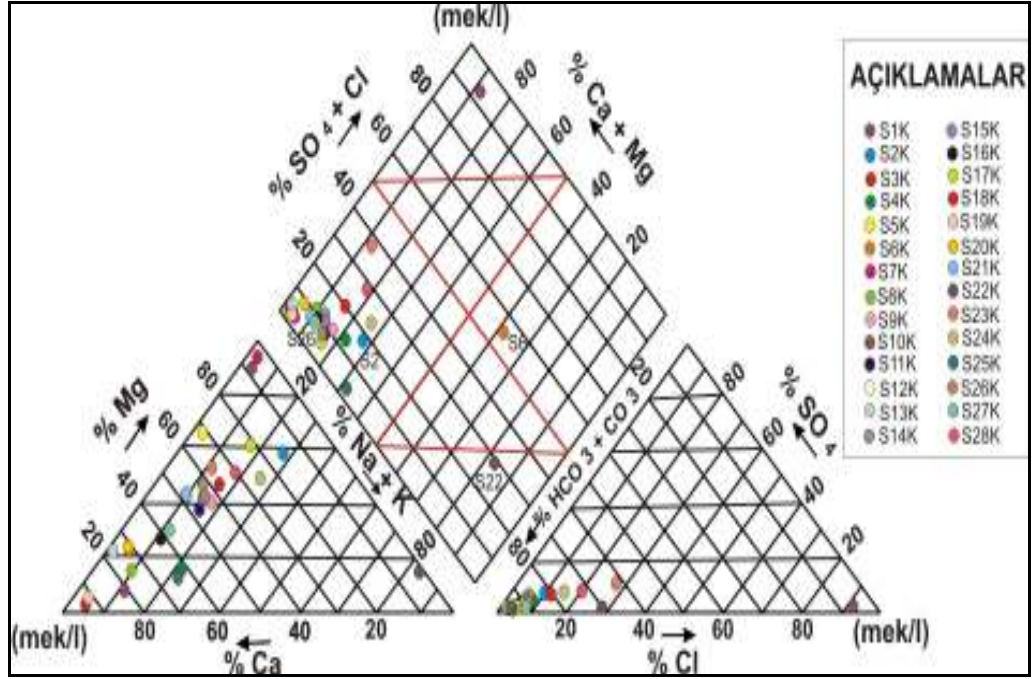


Şekil 4.65. Yağışlı dönem su örneklerinin Schoeller yarı logaritmik diyagramı ile sınıflaması

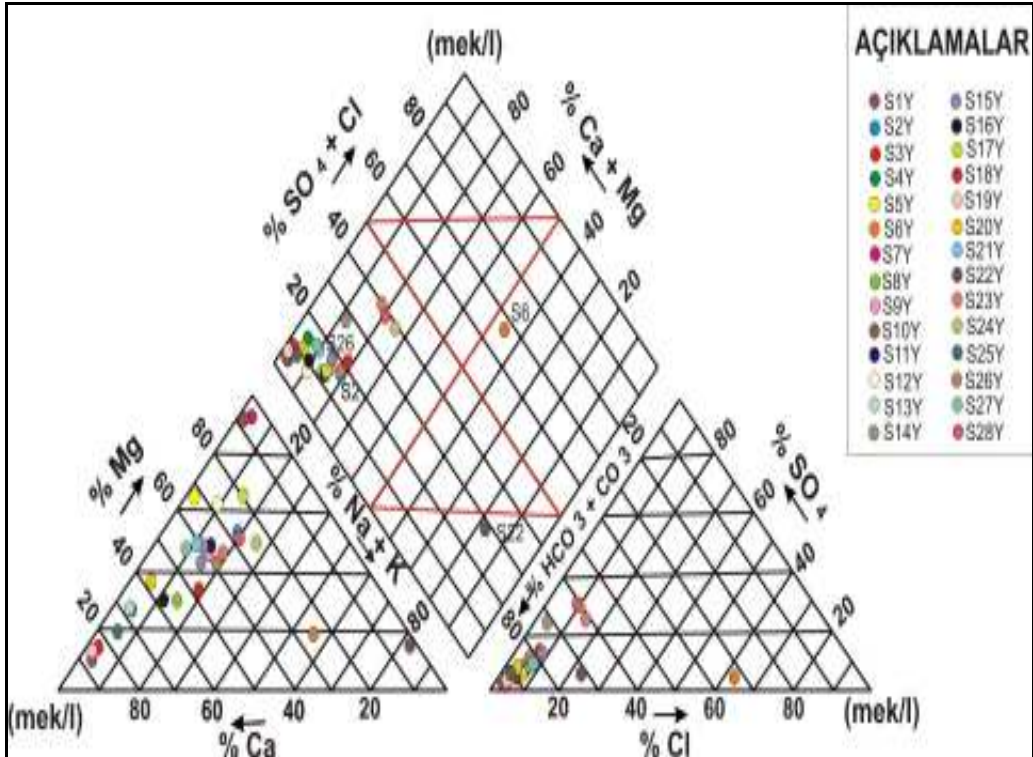
Piper Diyagramı:

İnceleme alanındaki çeşitli su kaynaklarından alınan örneklerin kurak ve yağışlı dönem analiz sonuçlarına göre Piper diyagramı ile yapılan değerlendirmede, tüm örneklerin genel olarak benzer yapıya sahip oldukları görülmektedir. Bu örnekler alkali toprak elementlerinin (Ca+Mg), alkali elementlere (Na+K) göre daha fazla olduğu, zayıf asit köklerinin (CO₃+HCO₃) güçlü asit köklerinden (SO₄+ Cl) fazla olduğu, karbonat sertliği % 50'den fazla olan suları temsil etmektedir. İnceleme alanında yüzey ve yeraltısularının Piper diyagramına göre genel olarak Ca-Mg-HCO₃, Mg-Ca-HCO₃ ve Ca-HCO₃'lı sular fasiyesinde olduğu görülmektedir (Şekil 4.66., 4.67.). Analiz sonuçları incelendiğinde mevsimsel olarak Mg iyonunda farklı örneklerde artış görülmektedir. Bu değişiklikler kaya-su etkileşimi ile ilişkilidir. Yeraltısularında bulunan magnezyumun kaynağı dolomit, evaporit, magmatik kaya mineralleri (olivin, biyotit, hornblend, ojit vb.) ve metamorfik kayalarda bulunan serpantin, talk, diopsid, tremolit gibi mineralleridir (Şahinci, 1991). Çalışma alanında bulunan kayaçlarla temas süresi, suyun miktarı, sıcaklığı ve ortamın basıncı gibi faktörlere bağlı olarak yeraltısuyu bileşiminde değişiklikler gerçekleşmektedir.

İnceleme alanında farklı kimyasal yapıları ile dikkati çeken Barutlusu kaynağı (S6) ve Kozluca1 (S22) örneğidir. Mineralli su kaynağı özelliğindeki Barutlusu kaynağı Na-Ca-CO₃-Cl su fasiyesindedir. Bu kaynak suyundaki Na elementinin artışı derin dolaşım olmasının nedeniyle Marmaris ofiyolit napına ait serpantin, gabro, harzburjit, dunit gibi mağmatik ve ultrabazik kayaçlarla etkileşim süresinin fazlalığı ile ilişkilidir. Ayrıca, mağmatik kayaçlar özellikle ofiyolitik oluşumlar yüksek Cl elementi içermektedir (Şahinci, 1991). Bu kayaçlarla etkileşim Na elementi yanında Cl elementinin de artmasına neden olmaktadır. CO₃ içeriği ise Dutdere kireçtaşları ile etkileşimle ilişkilidir. Kireçtaşlarının bileşiminde bulunan CaCO₃, su içerisindeki H⁺ iyonlarını azaltarak suyun pH değerini yükseltmekte ve bazik özellik kazandırmaktadır. Ca iyonlarının suda doygunluğa ulaşması ve ortamın bazikleşmesi CaCO₃ çökmesini sağlamaktadır. Genellikle pH değeri 8,5 ve üstünde olan yeraltısularında karbonat içeriğinin artışı oldukça sık gözlenmektedir (Şahinci, 1991).



Şekil 4.66. Piper diyagramı (Temmuz-2009)



Şekil 4.67. Piper diyagramı (Mayıs-2010)

Kozluca1 (S22) yeraltısuyu örneği ise Na-HCO₃-Cl su fasiyesindedir. Na ve Cl iyonlarındaki artış etkileşimde olduğu Çameli formasyonuna ait kil ve kiltaşları ile ilişkilidir. Killerin gözenekliliği fazla, geçirgenliği az, daneleri ufak olması nedeniyle suyla uzun süre temas halindedir. Ayrıca killerin koloidal yapılarının Cl ve SO₄ iyonlarını soğurması, bu tip kayalardan gelen suların Na ve Cl iyonlarınca zenginleşebileceğini göstermektedir (Şahinci, 1991). Su içerisindeki elementlerin iyon değiştirme yetenekleri nedeniyle sudaki Na miktarı artmış, suda yüksek oranda HCO₃ iyonlarının varlığına neden olan karbonatlı kayalara ait Ca iyonlarının azalmasına neden olmuştur.

İnceleme alanının tek sıcak su kaynağı olan Pınarbaşı kaynağı (S26) Piper diyagramına göre Ca-Mg-HCO₃'lı sular fasiyesindedir. Pınarbaşı kaynak suyunun HCO₃ iyonu bakımından zengin olması, rezervuar kayacının kireçtaşı birimlerinden oluştuğunu ve derin kökenli CO₂ gazının suda çözünmesi ile yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Bölgeye bindirme ile yerleşen ve kaynağın hazne kayacı olan Dutdere kireçtaşının Kızılcadağ ofiyolitleri ile olan bindirme yüzeyi de daha derinlere ulaşmaktadır. Kaynağın örtü kayacını oluşturan Çameli formasyonu, bileşimindeki çakıltaşı, kumtaşı, kiltası, killi kireçtaşı, marn, konglomera vb., kaya türleri sıcak suyun kimyasal karakterinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. İyon değişimi ile su içerisindeki kalsiyumun, katı faza geçerek azalması ve sodyumun ise tersine sıvı faza geçerek artması ile ortamda bikarbonat zenginleşmesi gerçekleşmektedir. Çalışma alanındaki sıcak su kaynağında kireçtaşları içerisindeki kalsiyumlu bileşiklerin çözünmesi ile sularda kalsiyum miktarı artmaktadır. Bu oluşum süreci sıcak suyun kalsiyum, magnezyum bikarbonat su tipini ortaya çıkarmaktadır (Varol ve Davraz, 2010).

Araştırma alanının en önemli yüzey suyu olan Karataş Gölü'nden (S2) alınan örnekte su sınıfı Mg-Ca-HCO₃ olarak belirlenmiştir. Mg iyonundaki artış göl etrafında ve tabanında yüzeyleyen Neojen Çameli formasyonu ile ilişkilidir. Piper'e göre; alkali toprak elementlerinin (Ca+Mg), alkali elementlerden (Na+K) fazla olduğu, zayıf asit köklerinin (CO₃+HCO₃), güçlü asit köklerinden (SO₄+ Cl) fazla olduğu ve karbonat sertliği % 50'den fazla olan sular sınıfında yer almaktadır.

Chadha Diyagramı:

Piper diyagramı hidrojeokimya çalışmalarında oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Piper diyagramı, çok sayıda analiz verileri arasında karşılaştırma yapılmasına izin vermektedir. Ancak tüm üçgen diyagramlarda olduğu gibi bu diyagramın kullanılmasında da bazı eksikliklerin olduğu, verilerin çok fazla olması durumunda kullanışlı olmayacağı ve bu tip diyagramların bu şekilde gerçek konsantrasyon dağılımını yansıtamayacağı düşünülmektedir. Bu nedenle, Chadha diyagramı, Piper diyagramı ve Durov diyagramlarının geliştirilmiş ve birleştirilmiş şeklidir (Chadha, 1999).

Dörtgen şeklinde oluşturulmuş Chadha diyagramı, Piper diyagramındaki baklava dilimi şeklindeki alanın sahip olduğu tüm avantajlara sahiptir ve çeşitli hidrokimyasal süreçlerle ilgili çalışmalarda kullanılabilir. Özellikle majör kation değişimi, doğal sularda karışım oranlarının belirlenmesi, sülfat indirgenmesi, tuzlu sular ve ilişkileri gibi konularda yararlı sonuçlar elde edilmektedir. Piper diyagramına göre Chadha diyagramında hidrokimyasal olayların gelişimi daha net görülebilmektedir. Suyun ana karakterini belirlemek amacıyla, dikdörtgen biçimindeki alan, su tiplerini yansıtan 8 alt alana bölünmüştür.

Bu alanlar:

1. Alkali toprak elementleri (Ca, Mg), alkali elementlerden (Na, K) fazladır.
2. Alkali elementler (Na, K), alkali toprak elementlerinden (Ca, Mg) fazladır.
3. Zayıf asit kökleri (CO_3 , HCO_3), güçlü asit köklerinden (SO_4 , Cl) fazladır.
4. Güçlü asit kökleri (SO_4 , Cl), zayıf asit köklerinden (CO_3 , HCO_3) fazladır.
5. Alkali toprak elementleri (Ca, Mg) ve zayıf asit kökleri (CO_3 , HCO_3), alkali elementler (Na, K) ve güçlü asit köklerinin (SO_4 , Cl) her ikisinden ayrı ayrı fazladır. Bu sular geçici sertliğe sahip sulardır. Diyagram üzerindeki noktaların pozisyonu, Ca–Mg– HCO_3 tip, Ca–Mg–yüksek HCO_3 tip veya HCO_3 yüksek Ca–Mg tip suları yansıtmaktadır.
6. Alkali toprak elementleri (Ca, Mg), alkali elementlerden (Na, K) fazladır ve güçlü asit kökleri (SO_4 , Cl), zayıf asit köklerinden (CO_3 , HCO_3) fazladır. Bu sularda kalıcı sertlik ve sulamada kullanıldığında kalıntı sodyum karbonat

depolanması gerçekleşmez. Diyagram üzerindeki noktaların pozisyonu, Ca–Mg–Cl tip, Ca –Mg–yüksek Cl tip veya Cl- yüksek Ca–Mg tip suları yansıtmaktadır.

7. Alkali elementler (Na, K), alkali toprak elementlerinden (Ca, Mg) fazladır ve güçlü asit kökleri (SO_4 , Cl), zayıf asit köklerinden (CO_3 , HCO_3) fazladır. Bu tür sular, sulama ve içme suyu olarak kullanımda tuzluluk problemi yaratırlar. Diyagram üzerindeki noktaların pozisyonu, Na-Cl tip, Na- SO_4 tip, Na yüksek Cl tip veya Cl yüksek Na tip suları yansıtmaktadır.
8. Alkali elementler (Na, K), alkali toprak elementlerinden (Ca, Mg) fazladır ve zayıf asit kökleri (CO_3 , HCO_3), güçlü asit köklerinden (SO_4 , Cl) fazladır. Bu tür sular sulamada kullanıldığında kalıntı sodyum karbonat depolanması oluşmakta ve köpürme problemi ortaya çıkmaktadır. Diyagram üzerindeki noktaların pozisyonu, Na- HCO_3 tip, Na- yüksek HCO_3 veya HCO_3 - yüksek Na tip suları yansıtmaktadır (Chadha, 1999).

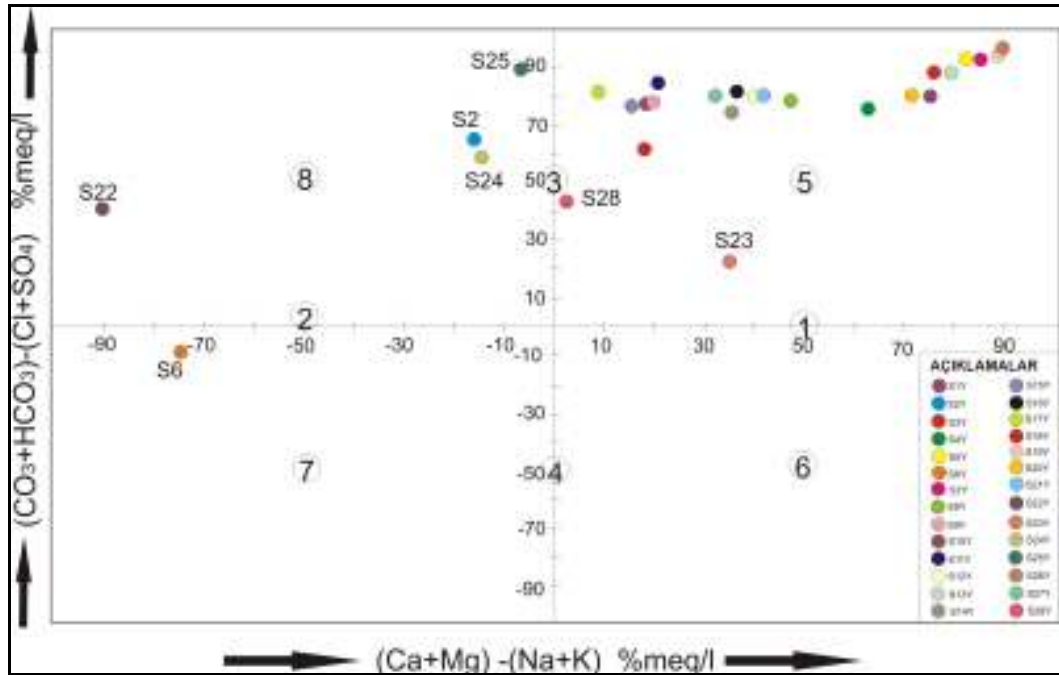
Chadha diyagramına göre, inceleme alanındaki su örneklerinin büyük bir çoğunluğu 5. bölgede bulunmaktadır. Kurak dönemde kaya-su etkileşiminin sonuçları açık olarak gözlenmekte ve yağışlı döneme göre belirli lokasyonlarda farklılıklar gerçekleşmektedir (Şekil 4.68.,4.69.). Diyagram üzerinde x eksenini boyunca soldan sağa doğru ilerlendiğinde iyon dizilimleri Na-K-Ca-Mg şeklinde ve y eksenini boyunca aşağıdan yukarıya doğru SO_4 -Cl- CO_3 - HCO_3 şeklindedir.

Mineralli su kaynağı özelliğindeki Barutlusu kaynağı (S6) Chadha diyagramında her iki dönemde de Na ve Cl iyonlarının baskın olduğu 7. Bölgede yer almaktadır. Kurak dönemde S6 örneğinin yerleşim noktasının diyagramın en soluna yakın olması Na içeriğinin oldukça fazla; diyagramın yatay ekseninin altında olması da Cl iyonlarınınca zengin olduğunu göstermektedir.

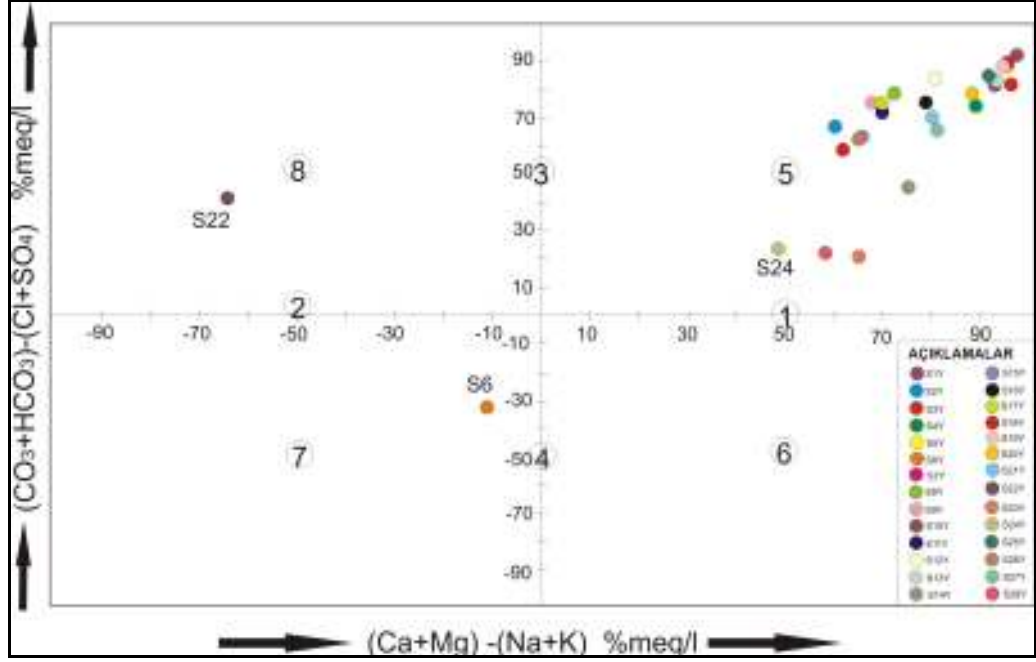
Kozluca1 (S22) sondaj kuyusundan alınan örnek, Chadha diyagramı üzerinde her iki dönemde de 8 no'lu bölge içerisinde yer almaktadır. Bu örnekte Ca ve Mg iyonları Na iyonları ile iyon değişimine uğramakta ve Ca, Mg iyonları azalırken Na, HCO_3 iyon miktarlarında artış gözlenmektedir. Bu örneğin kimyasal yapısı yine kaya-su etkileşimi ile kireçtaşları ve Çameli formasyonuna ait killer ile ilişkilidir.

Kurak dönemde S24 ve S25 no'lu örnekler, Chadha diyagramında dikey eksenin solunda ve dikey eksene oldukça yakın, ayrıca yatay eksenin de üst bölgesinde yer almaktadır. Diyagramın 3. alt bölüme girmektedir. Buna göre örnek, zayıf asit köklerinin (CO_3 , HCO_3), güçlü asit köklerinden (SO_4 , Cl) fazla olduğu sular sınıfında yer almaktadır.

Karataş Gölü'ne (S2) ait örnek kurak dönemde 8. bölgede bulunmaktadır. Göl suyunun kimyasal yapısının şekillenmesinde etkili olan Dutedere kireçtaşlarından gelen Ca, Mg ve HCO_3 iyonları ve Çameli formasyonuna ait killi malzemelerden gelen Na ve SO_4 iyonları ile iyon değişimi gerçekleşmiştir. Ayrışmaya karşı Ca'a göre daha duraylı olan Mg iyonlarında artış, Ca iyonları ile iyon baz değişimi sonucu Na, HCO_3 ve SO_4 iyonlarında artış meydana gelmiştir



Şekil 4.68. Chadha diyagramı (Temmuz-2009)



Şekil 4.69. Chadha diyagramı (Mayıs-2010)

4.6.4. Suların kullanım özellikleri

İnceleme alanındaki yeraltısuları ve Karataş Gölü suyu içme, kullanma ve sulama suyu gibi farklı amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır. Bu bölümde suların farklı amaçlar için kullanılabilme özellikleri standartlar ve diyagramlar kullanılarak değerlendirilmiştir.

4.6.4.1. Suların içilebilirlik özellikleri

İnceleme alanındaki suların içme suyu olarak değerlendirilmesinde öncelikle Türk İçme Suyu (TSE 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2006) standartları kullanılmıştır (Çizelge 4.33.). Havzada bulunan soğuk su akiferinden alınan örneklerin genel olarak fiziksel özellikler ve anyon-kasyon içerikleri açısından sınır değerleri aşmadığı görülmektedir. Ancak, Kozluca sondaj kuyusunun (S23) EC ve NO_3 iyon miktarları belirlenen sınır değeri aşmaktadır. Ayrıca, Tefenni Barutlusu kaynağının (S6) pH değeri ve Kozluca1 sondaj kuyusunun (S22) Na, Cl, NH_3 değerleri sınır değerleri aşmaktadır. Bu standartlarda belirtilen diğer kimyasal ve bakteriyolojik özelliklere ait değerlendirmeler ilgili bölümlerde tanımlanmıştır.

Çizelge 4.33. İçme Suyu Standartı (TSE– 266, 2005; WHO, 2006)’ a göre suların sınıflandırılması

Sınıflar
TS 266 Standard kapsamına giren sular;
Sınıf 1 - Kaynak (memba) suları.
Sınıf 2 - Kaynak suları dışındaki insanî tüketim amaçlı sular olmak üzere iki sınıftır.
Tipler
Sınıf 1 sular bir tiptir
Sınıf 2 sular;
Tip 1 - İşlem görmüş kaynak (memba) suları,
Tip 2- İçme ve kullanma suları olmak üzere iki tiptir.
Özellikler
1- Organoleptik Özellikler
2- Mikrobiyolojik Özellikler
3- Kimyasal Özellikler
4- Gösterge Özellikleri

Çizelge 4.33. (devamı)

	TSE-266 (2005)		WHO (2006)
ORGANOLEPTİK ÖZELLİKLER			
Özellik	Değer, en çok		
	Sınıf 1 ve Sınıf 2	Sınıf 2 Tip 2	
	Su; berrak, tortusuz, kendine has		
MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLER			
Özellik	Değer, en çok		
	Sınıf 1 ve Sınıf 2	Sınıf 2 Tip 2	
Escherichia coli (E.coli)	0/250 mL	0/100 mL	
Enterococci	0/250 mL	0/100 mL	
Pseudomonas aeruginosa	0/250 mL	-	
Koloni sayısı, 22°C'ta	100/mL	-	
Koloni sayısı, 37°C'ta	20/mL	-	
KİMYASAL ÖZELLİKLER			
Özellik	Değer, en çok		Maks. izin veril. Kons.¹ (mg/L)
	Sınıf 1 ve Sınıf 2	Sınıf 2 Tip 2	
Antimon	5,0 µg/L	5,0 µg/L	0,01
Arsenik	50 µg/L	50 µg/L	0,05
Baryum			1,0
Benzen	1,0 µg/L	1,0 µg/L	
Bor	1,0 µg/L	1,0 µg/L	1,0
Bromat	10 µg/L	10 µg/L	
Kadmiyum	5,0 µg/L	5,0 µg/L	0,01
Çinko			5,0
Krom	50 µg/L	50 µg/L	0,05

Çizelge 4.33. (devamı)

KİMYASAL ÖZELLİKLER			
Özellik	Değer, en çok		Maks. izin veril.
	Sınıf 1 ve Sınıf 2	Sınıf 2 Tip 2	
Bakır	2000 µg/L	2000 µg/L	1,0
Siyanür	50 µg/L	50 µg/L	0,05
Florür	1,5 µg/L	1,5 µg/L	1,4-2,4 ^k
Gümüş			0,05
Kurşun	10 µg/L	10 µg/L	0,05
Civa	1,0 µg/L	1,0 µg/L	0,002
Nikel	20 µg/L	20 µg/L	
Nitrat	50 µg/L	50 µg/L	45 ⁱ
Nitrit	0,50 µg/L	0,50 µg/L	
Selenyum	10 µg/L	10 µg/L	0,01
Hidrojen Sülfür			0,05
Toplam pestisit ^a	0,50 µg/L	0,50 µg/L	
Polisiklik aromatik ^b	0,10 µg/L	0,10 µg/L	
Pestisitler ^c	0,10 µg/L	0,10 µg/L	
Endirin			0,0002
Lindan			0,004
Metoksiklorür			0,1
Toksafen			0,005
2,4-D			0,1
2,4,5-TP Silveks			0,01
Fenoller			0,001
Karbon kloroform			0,2
Sentetik deterjanlar			0,5
GÖSTERGE ÖZELLİKLERİ			
Özellik	Değer, en çok		Maks. izin veril.
	Sınıf 1 ve Sınıf 2	Sınıf 2 Tip 2	
Toplam çöz. katı			500
Alüminyum, en çok	200 µg/L	200 µg/L	
Amonyum, en çok	0,05 mg/L	0,50 mg/L	
Demir, en çok	50 µg/L	200 µg/L	0,3
Mangan, en çok	20 µg/L	50 µg/L	0,05
Sülfat, en çok	25 mg/L	250 mg/L	250
Sodyum, en çok	100 mg/L	200 mg/L	
Klorür, en çok	30 mg/L	250 mg/L	250
Clostridium	0 sayı/100 ml	0 sayı/100 ml	
Renk ^e , en çok	1 mg/L	20 mg/L	
pH ^f	6,5<pH<9,5	6,5<pH<9,5	
Koliform bakteri ^g	0 sayı/100 ml	0 sayı/100 ml	1 sayı/100 ml
Bulanıklık ^h , en çok	5 NTU	5 NTU	
E.İletkenlik, 20°C'ta	650 µohm/cm	2500 µohm/cm	
Radyoaktiflik, en çok			Maks. izin veril.
Radyum 226			10
Stronsiyom 90			50000
Plütonyum			30
Trityum	100 Bq/L	100 Bq/L	
Toplam gösterge	0,10 mSv/yıl	0,10 mSv/yıl	
Alfa aktivitesi	0,1 Bq/L	0,1 Bq/L	
Beta aktivitesi	1 Bq/L	1 Bq/L	3
Koku	Suyun kendine has		
Tat	Suyun kendine has		
Koloni sayımı,	Fark edilebilir bir		
Toplam organik	Fark edilebilir bir		

- a:** Yukarıda belirtilen ve ayrı ayrı tespit edilebilen pestisitlerin derişimleri toplamını ifade etmektedir.
- b:** Değer, benzo(b)floranten, benzo(k)floranten, benzo(ghi)perilen ve indeno(1,2,3-cd)piren bileşiklerinin derişimleri toplamını ifade etmektedir.
- c:** Pestisit ifadesi, organik insektisitler, organik herbisitler, organik fungusitler, organik nematositler, organik acarisitler, organik algisitler, organik rodentisitler, organik slimisitler ve ilgili ijrünler (bunlarla birlikte büyüme düzenleyicileri) ile bunların metabolitleri, parçalanma ve tepkime ürünlerini kapsamaktadır. Belirtilen değer, her bir pestisit için ayrı ayrı uygulanır. Suda aldrin, dieldrin, heptaklor ve heptaklor epoksit bulunması hâlinde bu değer 0,030 mg/L olarak uygulanmalıdır.
- d:** Suyun yüzeyden alınmaması veya yüzey suyundan etkilenmemesi halinde bu özellikler aranmaz.
- e:** Suyun kendine has renginden fark edilebilir bir sapma gözlenmemelidir.
- f:** Ambalajlı sular için, üst sınır aynı kalmak kaydıyla, en düşük pH değeri 4,5 olarak uygulanmalıdır.
- g:** Ambalajlı sular için birim, sayı/250 mL olarak uygulanmalıdır.
- h:** Suyun, yüzey suyunun artılması ile elde edilmesi durumunda, bulanıklık en çok 1,0 NTU (Nefelometrik Bulanıklık Birimi) olmalıdır.
- i:** A.B.D. ve Kanada standartlarına göre NO_3^- sınırı 10mg/l olarak ifade edilmektedir. Avrupa standartlarında bu sınır n için 11,3 mg/l; NO_3^- için 50mg/l' dir.
- j:** Maksimum izin verilebilir sınırlar sağlık kriterlerine göre belirlenir.
- k:** Sınır değeri bölgenin havza sıcaklığına bağlıdır; suyun uzun süre tüketilmesi durumunda florür 5,10 mg/l'de zehirli olmaktadır.

Schoeller'e göre suların içilebilirlik özellikleri

İnceleme alanındaki suların içme suyu olarak kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla kurak (Temmuz-2009) ve yağışlı (Mayıs-2010) dönemler için Schoeller içilebilirlik diyagramları hazırlanmıştır (Şekil 4.70., 4.71.).

Kurak dönemde Tefenni Ovası suları genel olarak '**İyi- çok iyi kaliteli sular**' sınıfında yer alırken, Kozluca 1 sondaj kuyusu su örneğinin (S22) yüksek Na ve Cl iyonu içermesi ve sertliğinin de aynı şekilde yüksek olması nedeni ile '**Orta-kötü kaliteli sular**' sınıfında yer aldığı görülmektedir (Şekil 4.70.).

Yağışlı döneme ait diyagramda da genel olarak S22 no'lu örnek dışında tüm sular '**İyi- çok iyi kaliteli sular**' sınıfında yer almaktadır. S22 no'lu örnek kurak dönemde olduğu gibi yağışlı dönemde de '**Orta-kötü kaliteli sular**' sınıfında yer almaktadır (Şekil 4.71.).

Suların mikrobiyolojik özellikleri

Bir suyun içme ve kullanma suyu olarak kullanılabilmesi için suların mikrobiyolojik içeriği de önem taşıyan bir parametredir. İçme ve kullanma sularının sağlıklı, temiz ve yeterli miktarda temin edilmesi insan ve toplum sağlığını doğrudan etkileyen

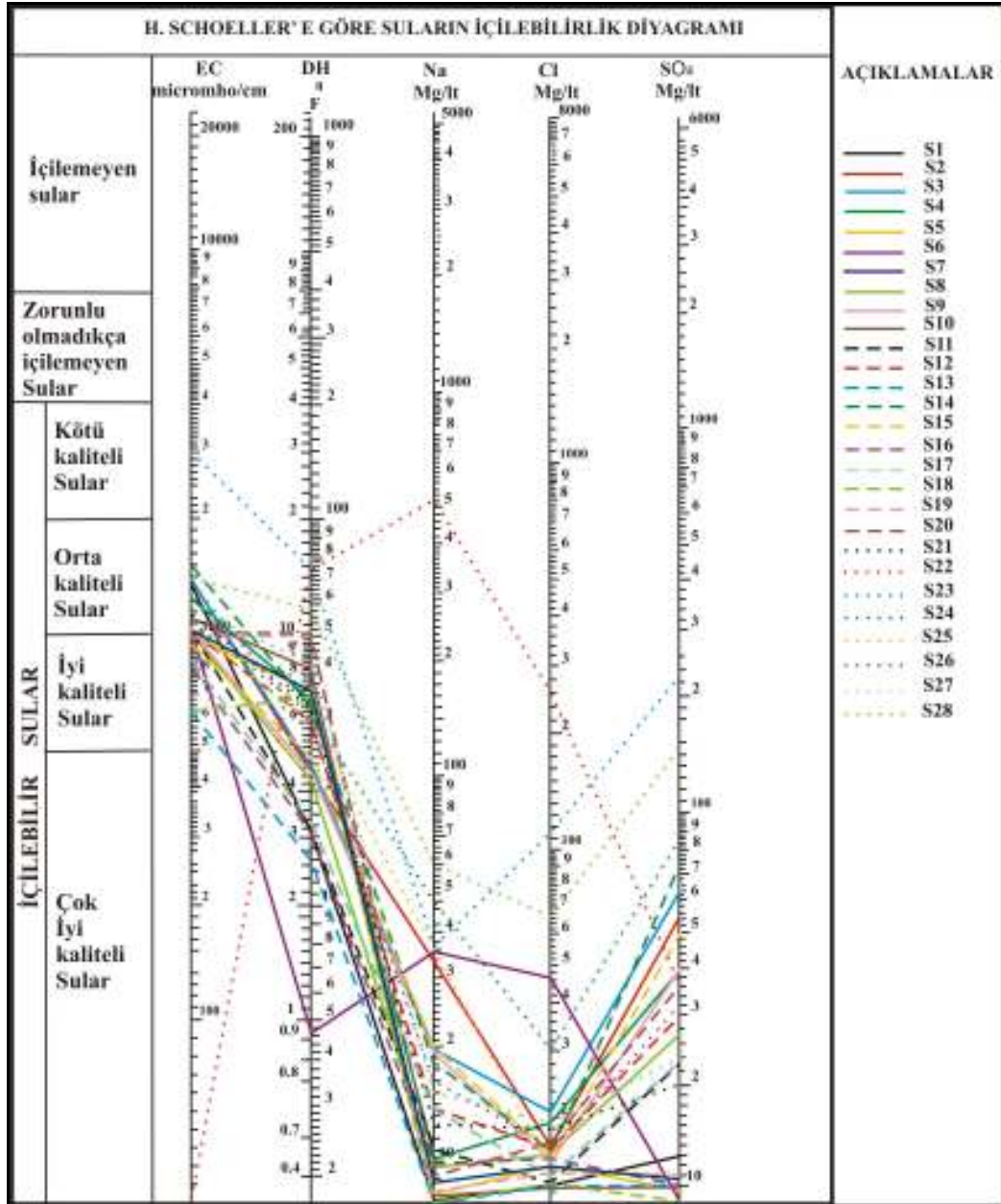
etmenlerin başında gelmektedir. Kaynağından çıktıktan sonra kullanılacağı ana kadar geçen sürede en çok kirlenen madde sudur. Suların hijyenik açıdan kirlenmesine neden olan mikroorganizmalar, genellikle hastalıkla veya portör (hastalık taşıyıcı) olan hayvan ve insanların dışkı ve idrarlarından kaynaklanır. Bulaşıcı etki, ya bu atıklarla doğrudan temasla veya atıklarının karıştığı sulardan dolaylı olarak gerçekleşir (Özaslan, 2009).

İçme sularının değerlendirilmesinde en iyi yöntem patojen mikroorganizmaların suda bulunmadığının gösterilmesidir (Payment ve Franco, 1993). Bu amaçla, basit yöntemlerle saptanabilecek etkenlerin araştırılması yoluna gidilir. Koliform bakteriler suda kolayca saptanabildiği ve sayılabildiği için suyun kalitesinin belirlenmesinde uygun bir mikrobiyal indikatör olarak kabul edilmiştir (Avcı vd., 2006).

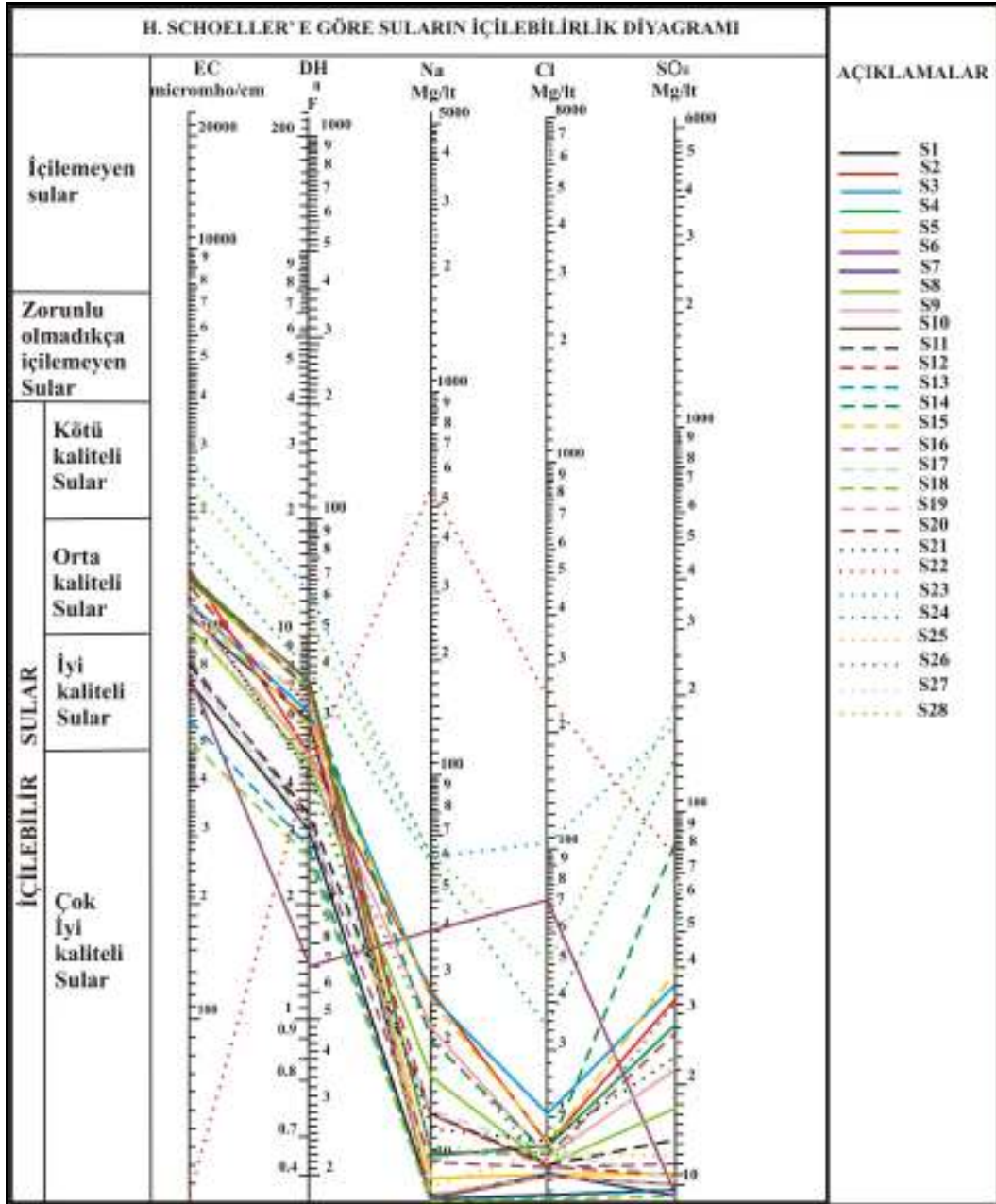
Koliform olarak adlandırılan bakteriler gram negatif, fakültatif anaerob, spor oluşturmeyen, 35-37°C'de laktozdan gaz oluşturan çubuk şekilli bakterilerdir (Halkman, 2005). Koliform grubu bakterilerin doğal yaşam ortamları, sıcakkanlı hayvanların barsakları olduğu gibi bu bakteriler aynı zamanda bitki veya toprak kökenli de olabilirler. Koliform grup bakteriler içinde sadece *E. coli* barsak kökenlidir ve dolayısıyla *E. coli* bulunan bir örnek doğrudan veya dolaylı olarak (lağım suyu aracılığıyla) dışkı ile bulaşmış kabul edilir. Fekal kirlenmenin değerlendirilmesinde *E. coli*, *Streptococcus faecalis*, *Clostridium perfringens* ve fekal koliform fajları gibi organizmalar gösterge olarak kullanılmasına rağmen genelde indikatör organizma *E. coli*'dir. Bu bakterilerin suda bulunması ve de patojen etkiye sahip olması tehlikelidir.

İnceleme alanındaki yerleşim alanlarının büyük bir çoğunluğu içme sularını kaynaklardan karşılarken birkaç yerleşim yeri bu ihtiyaçlarını kuyularla yeraltısularından karşılamaktadır. Halk sağlığını yakından ilgilendiren içme suyu kaynaklarındaki mikrobiyolojik kirlenmenin tespiti için Mart-2010'da ova genelinde kaynak ve kuyu sularından 20 adet su numunesi alınmış ve Burdur Halk Sağlığı Laboratuvarı tarafından Toplam Koliform, ve *E.coli* analizleri yapılmıştır (Çizelge

4.34.). Elde edilen analiz sonuçlarına göre, Karamusa (M4), Başpınar (M5) ve Seydiler (M20) dışında ova genelinde içme sularında mikrobiyolojik kirlenme söz konusu değildir. Karamusa ve Seydiler örnekleri sondaj kuyusundan alınmış olup bu kuyular gözenekli akifer üzerinde açılmıştır. Örneklerin alındığı bu lokasyonlarda yeraltısuyu seviyesinin yüzeye oldukça yakın olması ve bu bölgelerde yoğun hayvancılık faaliyetleri yeraltısuyunda mikrobiyolojik kirliliğe sebep olmaktadır.



Şekil 4.70. Schoeller içilebilirlik diyagramı (Temmuz, 2009)



Şekil 4.71. Schoeller içilebilirlik diyagramı (Mayıs, 2010)

Başpınar (M5) kaynağı ise yüksek kotlardaki karstik akiferden boşalmaktadır. Ancak, kaynağın çıkış bölgesinde yoğun olarak yapılan hayvancılık faaliyetleri ve kaynağın yeteri kadar koruma altına alınamaması sebebi ile mikrobiyolojik kirlenmenin gerçekleştiği görülmektedir.

Çizelge 4.34. İnceleme alanındaki sulara ait mikrobiyolojik analiz sonuçları (Mart-2010)

Örnek Yeri	Örnek No	Analiz Yöntemi	Toplam Koliform 0 kob/100 ml	E. Coli 0 kob/100 ml
	M1	Membran Filtreleme	0	0
Yuvalak	M2	Membran Filtreleme	0	0
Yuvaköy	M3	Membran Filtreleme	0	0
Karamusa	M4	Membran Filtreleme	9	0
Başpınar	M5	Membran Filtreleme	240	0
Hasanpaşa	M6	Membran Filtreleme	0	0
Ece	M7	Membran Filtreleme	0	0
Karamanlı	M8	Membran Filtreleme	0	0
Bademli	M9	Membran Filtreleme	0	0
Harmankaya	M10	Membran Filtreleme	0	0
Kağılcık	M11	Membran Filtreleme	0	0
Kayalı	M12	Membran Filtreleme	0	0
Kılcan	M13	Membran Filtreleme	0	0
Mürseller	M14	Membran Filtreleme	0	0
Kemer	M15	Membran Filtreleme	0	0
Belenli	M16	Membran Filtreleme	0	0
Kayı	M17	Membran Filtreleme	0	0
Pınarbaşı	M18	Membran Filtreleme	0	0
Yakalar	M19	Membran Filtreleme	0	0
Seydiler	M20	Membran Filtreleme	23	0

4.6.4.2. Suların sulamada kullanım özellikleri

İnceleme alanında yeraltısularının sulama amaçlı kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde ABD Tuzluluk Laboratuvarı ve Wilcox diyagramları kullanılmıştır.

ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı

Suların sulama suyu olarak kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde genel olarak ABD tuzluluk lab. Diyagramından yararlanılmaktadır. Bu diyagramda EC ve SAR değerlerine göre 16 ayrı kategori bulunmaktadır. Bu kategorilerin anlamları oluşturulurken C1, C2, C3 ve C4 tuzluluğa göre alt sınıfları, S1, S2, S3 ve S4 ise sodyum miktarına göre alt sınıfları oluşturmaktadır (Çizelge 4.35.).

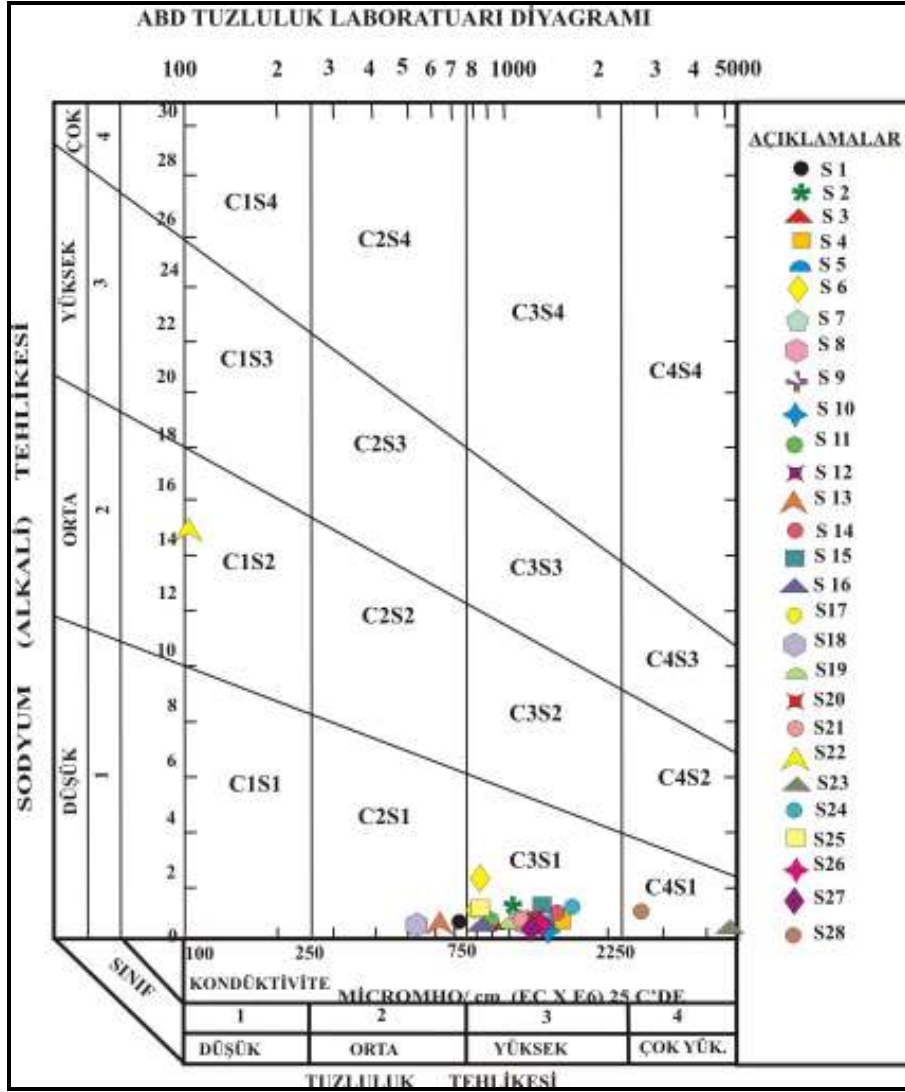
İnceleme alanındaki suların bu sınıflamadaki yerini belirlemek amacıyla kurak (Temmuz-2009) ve yağışlı (Mayıs-2010) dönem EC ve SAR değerleri kullanılarak diyagram hazırlanmıştır (Şekil 4.72., 4.73.).

Çizelge 4.35. Suların tuzluluk ve sodyum miktarlarına göre sınıflaması (ABD Tuzluluk Lab. Diyagramı; Şahinci, 1991)

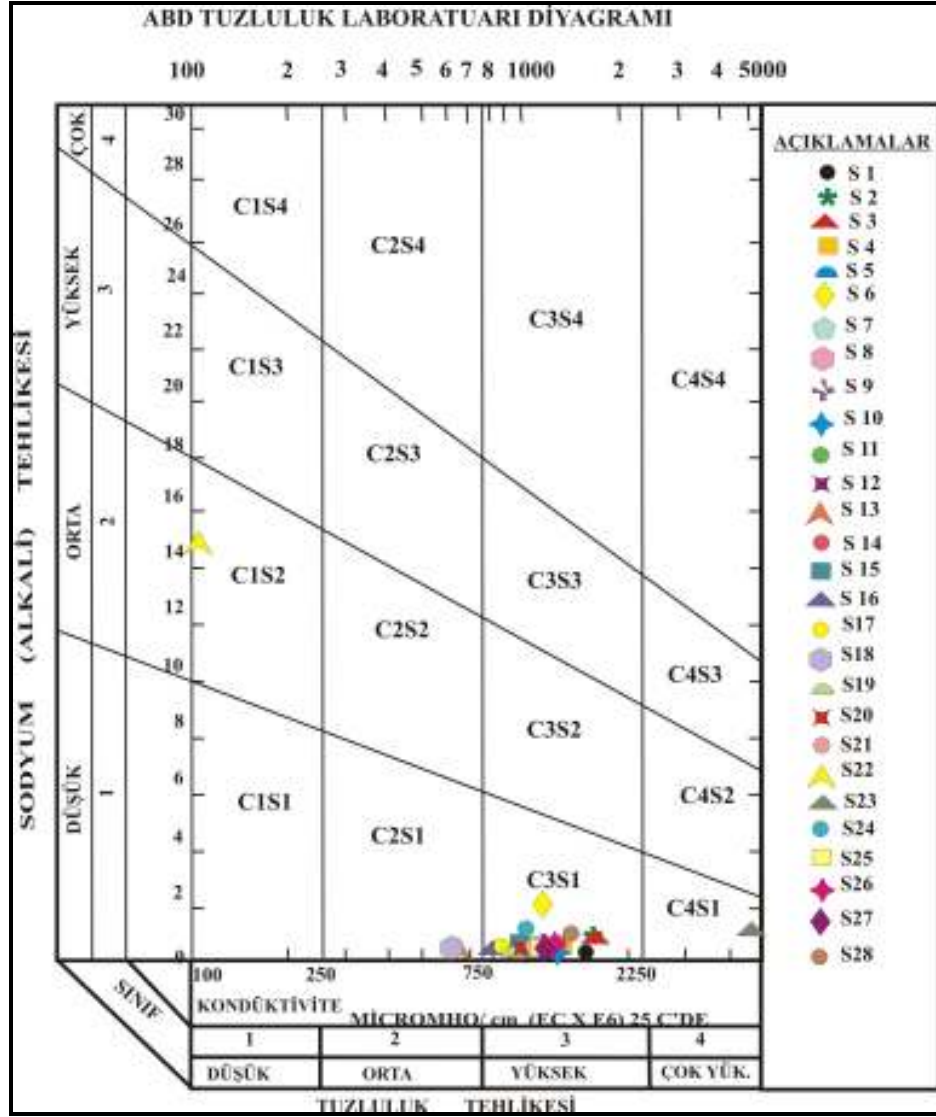
C1	Az tuzlu su. Bitkilerin çoğu için sulama suyu olarak kullanılabilir
C2	Orta tuzlulukta su. Orta derecede suya ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılabilir.
C3	Fazla tuzlu su. Drenaj yapılmaksızın bitkiler için kullanılamaz. Bazı bitkiler için kullanılabilir.
C4	Çok fazla tuzlu su. Sulama suyu için uygun değil. Ancak çok iyi drenaj yapılmış olanlarda bazı bitkiler yetişebilir.
S1	Az sodyumlu su. Sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için uygun
S2	Orta derecede sodyumlu su. Permeabilitesi iyi olan jipsli arazi için uygun.
S3	Fazla sodyumlu su. Ender hallerde sulama suyu olarak kullanılabilir
S4	Çok fazla sodyumlu su. Çok düşük tuzluluk hallerinin dışında sulama suyu olarak kullanılmaz

Kurak dönemde Bayramlar (S13) ve Akpınar (S18) kaynak suları orta tuzlulukta ve az sodyumlu suları temsil eden ' C_2S_1 ' sınıfında yer almaktadır. Kozluca1 (S22) sondaj kuyusuna ait su ise oldukça düşük EC ve yüksek SAR değerine bağlı olarak diyagram üzerinde, az tuzlu ve orta derecede sodyumlu suları temsil eden ' C_1S_2 ' sınıfındadır. Kozluca sondaj kuyusundan (S23) alınan su örneği ise çok fazla tuzlu ve çok fazla sodyumlu suların olduğu ' C_4S_1 ' sınıfında yer almaktadır. Bu suyun sulama suyu olarak tarımda kullanımı uygun değildir. İnceleme alanındaki diğer tüm sular ' C_3S_1 ' sınıfında bulunmaktadır. Bu sular fazla tuzlu ve az sodyumlu suları temsil etmektedir (Şekil 4.72.).

Yağışlı dönem için yapılan değerlendirmede ise kurak dönemde olduğu gibi Bayramlar (S13) ve Akpınar (S18) kaynak suları ' C_2S_1 ' tipindeki sular sınıfında yer almakta iken bu örneklerin yanı sıra Çallıca kaynağına (S1) ait su örneğinin de bu grup içerisinde yer aldığı görülmektedir. Boğaziçi sondaj kuyusundan (S28) alınan örnek kurak dönemde ' C_3S_1 ' sınıfında yer alırken yağışlı dönemde ' C_4S_1 ' sınıfında yer almaktadır. Yağışlı dönemde bölgedeki diğer suların kurak dönemdeki özelliklerini koruduğu ve su sınıflarında bir değişiklik olmadığı görülmüştür (Şekil 4.73.).



Şekil 4.72. ABD Tuzluluk Laboratuari Diyagramı (Temmuz- 2009)

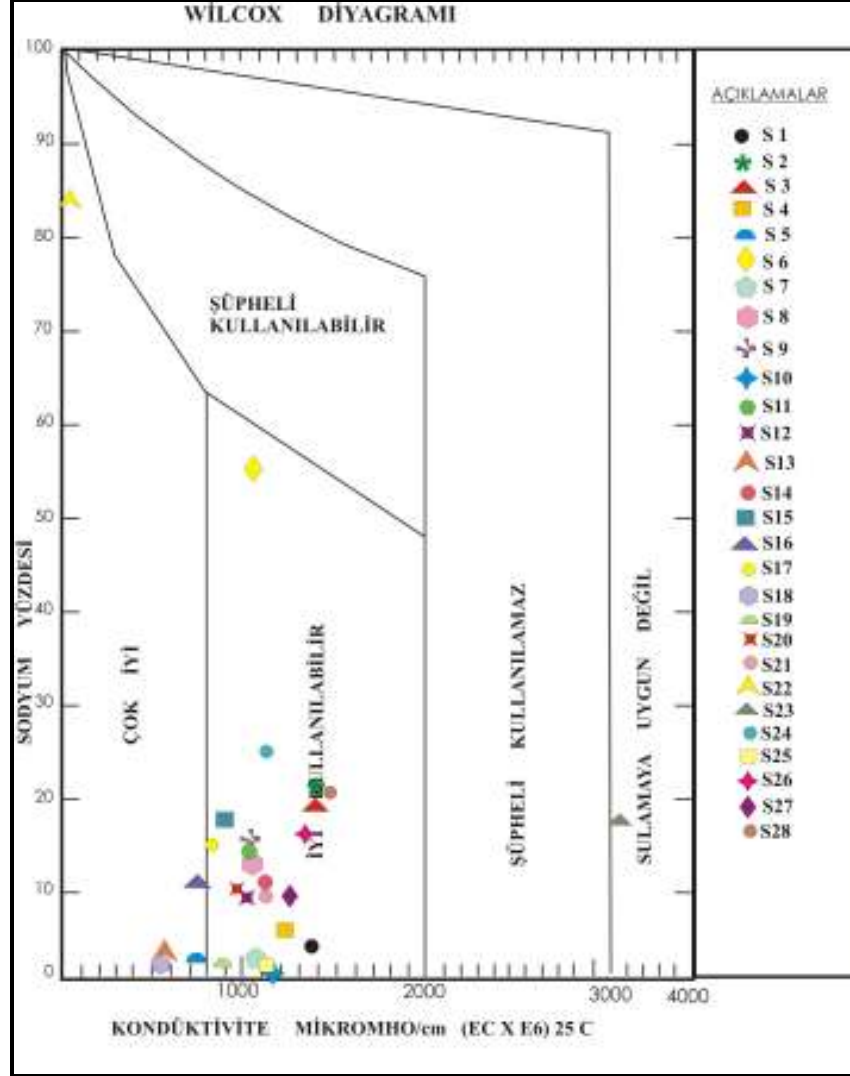


Şekil 4.73. ABD Tuzluluk Laboratuari Diyagramı (Mayıs-2010)

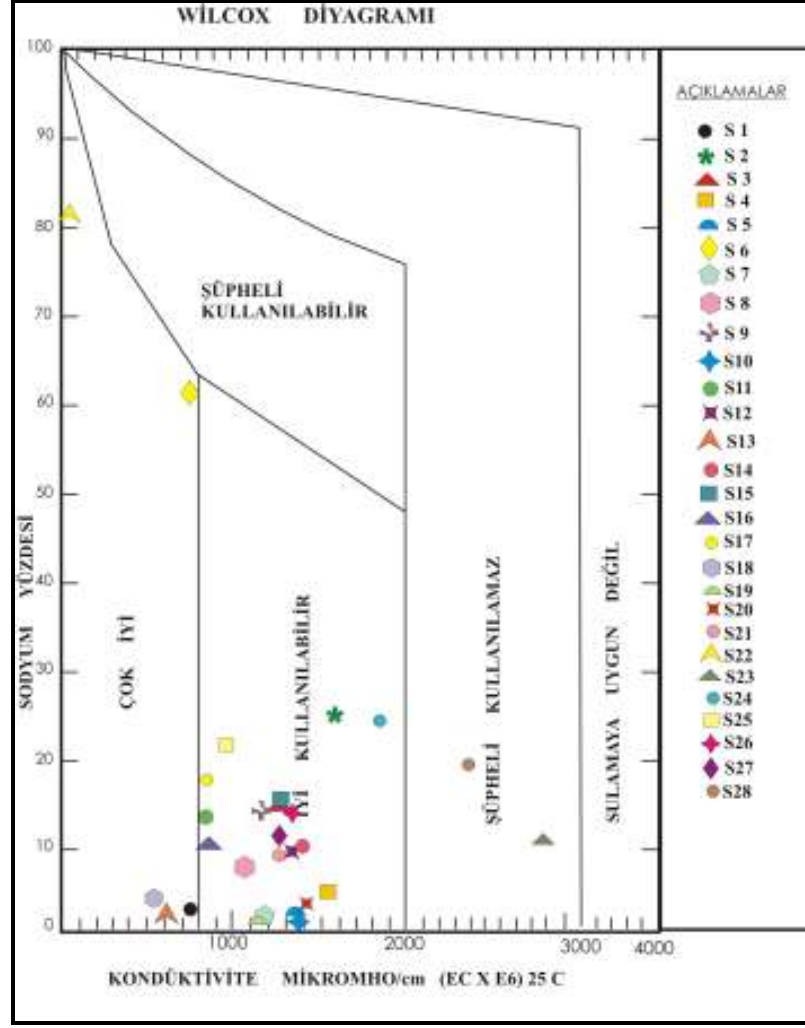
Wilcox diyagramı

Suların sulama suyu olarak kullanılabilirliğini belirlemede kullanılan diğer bir diyagram ise Wilcox diyagramıdır. Bu diyagramda suların EC değerleri ile % Na değerleri sınıfların belirlenmesinde kullanılan parametrelerdir. İnceleme alanındaki sular, yağışlı ve kurak dönemde sulama suyu olarak kullanımı açısından aynı özellikleri sergilemiş '*çok iyi-iyi kullanılabilir sular*' sınıfında yer almıştır (Şekil 4.74., 4.75.). Sadece, kurak dönemde Kozluca sondaj kuyu suyuna ait örnek (S23)

ise ‘sulamaya uygun olmayan sular’ sınıfında; yağışlı dönemde Boğaziçi sondaj kuyusu (S28) örneği ‘şüpheli kullanılmaz sular’ sınıfında yer almaktadır.



Şekil 4.74. Wilcox diyagramı (Temmuz- 2009)



Şekil 4.75. Wilcox diyagramı (Mayıs-2010)

Artıksal sodyum karbonat (RSC)

Artıksal sodyum karbonat (RSC), toprakta sodyum oranının artma olasılığını önceden tahmin edilmesini sağlar. Yüksek RSC toprakta sodikleşmeye yol açacağından sulama suyunda bulunması istenmemektedir. Sodikleşme toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkilemektedir. Bu tür topraklarda sodyum oranı yükseldikçe, toprağın geçirgenliği azalmakta, toprağın havalanması güçleşmektedir. Toprak ıslanınca yapışkan, kuruyunca çatlaklı ve kabuksu bir yapı kazanmaktadır (Çuhadar ve Tamgaç, 1994).

RSC suyun $Ca^{+2} + Mg^{+2}$ toplamına karşılık gelen karbonatından fazla olan karbonat miktarını göstermektedir. Bu karbonat Na^+ katyonu ile kimyasal reaksiyona girerek sodikleşmeyi artırmaktadır. RSC değeri aşağıda verilen formül ile hesaplanmakta ve sulama suyu sınıf aralıkları bu değere göre belirlenmektedir (Çizelge 4.36.).

$$RSC = (CO_3^{-2} + HCO_3^{-}) - (Ca^{+2} + Mg^{+2}) \quad (4.4)$$

Çizelge 4.36. RSC (mek/l)' e göre sulama suyunun sınıflandırılması (Arıkan, 2007).

Aralığı	Değerlendirme	Su Sınıfı
< 1,25	çok iyi	I. Sınıf su
1,25-2,5	iyi	II. Sınıf su
> 2,5	kullanılabilir	III. Sınıf su

İnceleme alanına ait RSC değerlerine göre, kurak dönemde (Temmuz- 2009) S1, S2, S3, S5, S6, S7, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S21, S23, S24, S26 ve S28 no'lu örnekler sulama suyu olarak çok iyi kaliteye sahip I. Sınıf sular sınıfındadır. S8, S20, S25 ve S28 örnekleri iyi kalitede ve sulama suyu olarak kullanıma elverişli II. Sınıf sular sınıfında yer almaktadır. S4, S19 ve S22 no'lu sular ise zorunlu olmadıkça sulama suyu olarak kullanılmaması gereken III. Sınıf sular arasındadır (Çizelge 4.37.).

Yağışlı dönemde ise; S23 no'lu Kozluca sondaj kuyusuna ait su III. Sınıf su tipinde ve sulama suyu olarak kullanımı tavsiye olunmayan sular sınıfında yer alırken, inceleme alanındaki diğer sular I. Sınıf su tipi içerisinde bulunmakta ve sulama suyu olarak kullanıma uygun sulardır (Çizelge 4.37.).

Çizelge 4.37. İnceleme alanındaki yeraltı sularının RSC değerleri

Örn. Yeri	Örn. No	Kurak Dön. RSC	Yağışlı Dön. RSC	Örn. Yeri	Örn. No	Kurak Dön. RSC	Yağışlı Dön. RSC
Çallica k.	S1	-0,84	-0,13	Manca s.	S15	0,81	-1,32
Karataş G.	S2	-1,58	0,36	Kayalı k.	S16	0,74	-0,17
Çallica s.	S3	-0,36	-0,15	Kılavuzlar s.	S17	-0,35	-0,01
Karamanlı k.	S4	2,72	-0,68	Akpınar k.	S18	0,91	0,09
Kılcan k.	S5	0,13	-0,23	Kapaklı k.	S19	3,56	-0,2
Barutlusu k.	S6	1,21	-0,32	Bozlar s.	S20	1,75	-0,18
Tefenni k.	S7	-0,58	-0,16	Kayıköy k.	S21	1,09	-0,48
Bedirli k.	S8	1,51	0,13	Kozluca 1s.	S22	12,31	-0,39
Bedirli s.	S9	0,53	0,06	Kozluca s.	S23	-2,7	15,9
Çaltepe k.	S10	-2,03	-0,23	İğdeli s.	S24	-0,27	-3,64
Bademli k.	S11	0,28	-0,08	Karacaören k.	S25	1,97	-1,43
Yuvalak s.	S12	0,86	0,11	Pınarbaşı k.	S26	0,22	-0,13
Bayramlar k.	S13	0,68	-0,14	Elmacık k.	S27	1,81	0,04
Hüyük s.	S14	0,19	-0,13	Boğaziçi s.	S28	-1,54	-0,44

4.6.4.3. Suların endüstride kullanım özellikleri

Suların içme ve sulama amaçlı kullanımları yanında endüstri alanında da kullanımları söz konusudur. Endüstride kullanılacak sularda aranan özellikler de kullanım yerine göre farklılıklar göstermektedir. Soğutma suyu olarak kullanılacak suların sıcaklığı önem taşırken, kuyu donanımı için kullanılacak suların kimyasal özellikleri önemlidir. Bazı yeraltısuları kimyasal yapılarındaki asidik özellikler nedeni ile kuyu filtre ve borularını çürütebilir veya karbonatlı sularda olduğu gibi kuyu filtre ve borularını tıkalıyabilmektedir. Bu nedenlerle inceleme alanındaki suların içme ve sulama suyu özellikleri yanı sıra endüstride kullanılması durumunda çürütme, kireçlendirme ve köpürme özellikleri ile beton üzerindeki etkisi de incelenmiştir.

Suların çürütme ve kireçlendirme özellikleri

Tefenni Ovası içerisindeki suların çürütme ve kireçlendirme özelliklerini belirlemek amacıyla Langelier (1942) tarafından sunulan ‘Kalsiyum Denge Diyagramı’ kullanılmıştır. Diyagram üzerinden okunan denge pH’sı (pHs) ile yerinde ölçümlerle belirlenen suyun pH değeri karşılaştırılarak DI denge endeksi aşağıdaki formül ile

hesaplanmıştır. Denge endeksinin yorumlamasında Çizelge 4.38. 'de verilen değerlendirmeler yapılmaktadır.

$$DI = pH - pHs \quad (4.5)$$

Çizelge 4.38. Suların çürütme ve kireçlendirme özelliklerinin denge endeksine göre sınıflandırılması

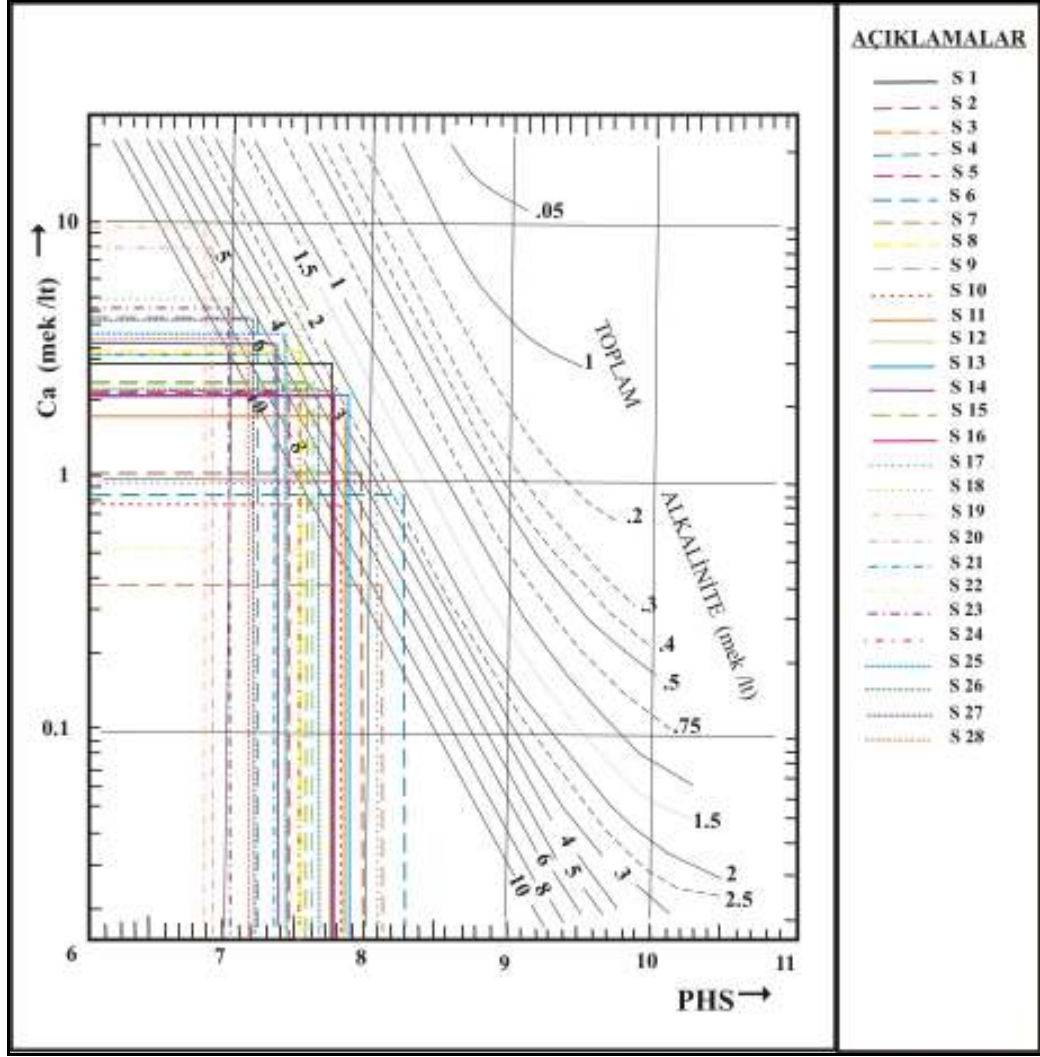
DI	
DI > + 0,1	suda karbonat çökmesi izlenir
DI = ± 0,1	su karbonatça doygundur
DI < -0,1	su karbonat çözündürebilir

İnceleme alanındaki sulara ait denge pH'ı (pHs) ve denge endeksi (DI) değerleri kurak ve yağışlı dönem için ayrı ayrı hesaplanmıştır (Çizelge 4.39., 4.40).

Buna göre kurak dönemde; Çallica kaynağı (S1), Barutlusu kaynağı (S6), Tefenni kaynağı (S7), Kozluca sondaj kuyusu (S22) ve Kozluca sondaj kuyusundan (S23) alınan sularda '*karbonat çökmesinin izleneceği*', diğer lokasyonlardan alınan örnekler ise '*karbonat çözündürebilir*' özellikte sulardır (Şekil 4.76.).

Çizelge 4.39. Su örneklerinin pHs ve DI değerleri (Temmuz-2009)

Örn. No.	Örn. Yeri	pH	pHs	DI	Örn. No.	Örn. Yeri	pH	pHs	DI
S1	Çallica k.	7,50	7,00	0,50	S15	Manca s.	7,00	7,58	-0,58
S2	Karataş G.	6,30	8,00	-1,70	S16	Kayalı k.	7,00	7,77	-0,77
S3	Çallica s.	7,50	7,75	-0,25	S17	Kılavuzlar s.	7,50	8,10	-0,60
S4	Karamanlı k.	6,80	7,20	-0,40	S18	Akpınar k.	6,70	7,54	-0,84
S5	Kılcan k.	6,60	7,49	-0,89	S19	Kapaklı k.	5,80	6,90	-1,10
S6	B.su k.	9,20	8,30	0,90	S20	Bozlar s.	5,90	6,93	-1,03
S7	Tefenni k.	8,30	8,15	0,15	S21	Kayıköy k.	6,60	7,35	-0,75
S8	Bedirli k.	7,10	7,52	-0,42	S22	Kozluca 1s.	8,00	7,50	0,50
S9	Bedirli s.	7,50	7,60	-0,10	S23	Kozluca s.	7,30	7,05	0,25
S10	Çaltepe k.	7,50	7,82	-0,32	S24	İğdeli s.	7,20	7,50	-0,30
S11	Bademli k.	7,50	7,83	-0,33	S25	Karacaören k.	7,20	7,44	-0,24
S12	Yuvalak s.	7,10	7,45	-0,35	S26	Pınarbaşı k.	7,10	7,69	-0,59
S13	Bayramlar k.	7,30	7,89	-0,59	S27	Elmacık k.	6,00	7,20	-1,20
S14	Hüyük s.	7,20	7,39	-0,19	S28	Boğaziçi s.	7,00	7,19	-0,19

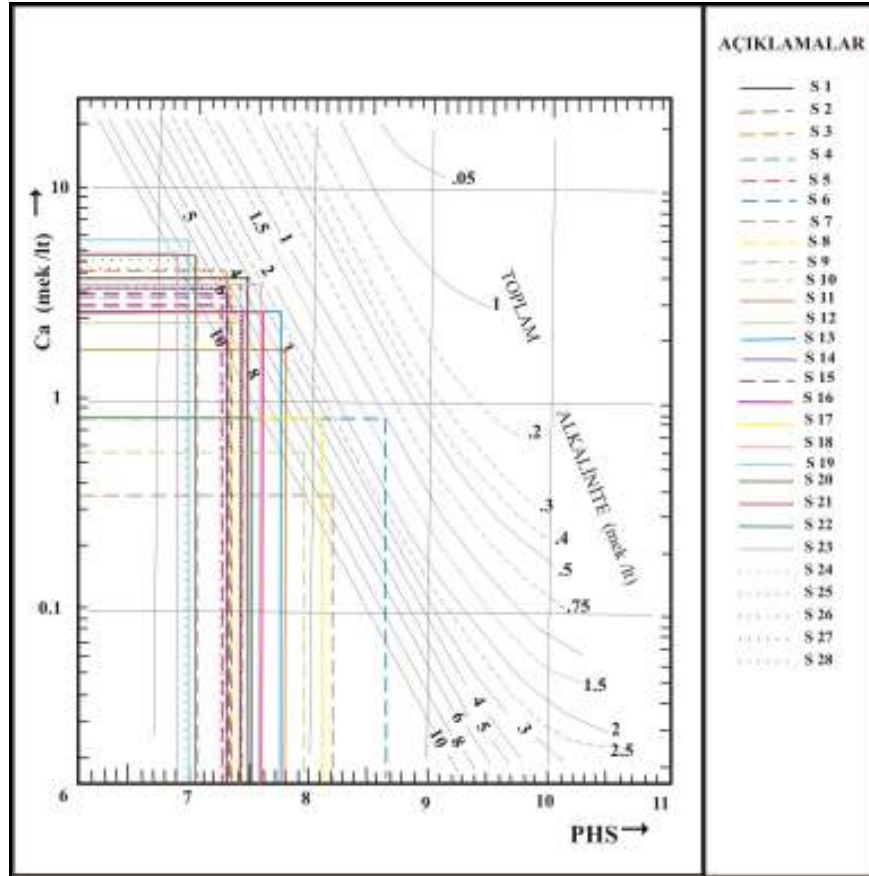


Şekil 4.76. Kalsiyum denge diyagramı (Temmuz- 2009)

Yağışlı dönemde ise; Bademli kaynağı (S11), Kayalı kaynağı (S16) ve Pınarbaşı kaynağı (S26) suları '*karbonatça doygun*', Boğaziçi sondaj (S28) suyu '*karbonat çözüldürebilir*' ve bu dönemde diğer sular '*karbonat çökmesi izlenen*' sular sınıfında yer almaktadırlar (Çizelge 4.40. ve Şekil 4.77.).

Çizelge 4.40. Su örneklerinin pHs ve DI değerleri (Mayıs- 2010)

Örn. No.	Örn. Yeri	pH	pHs	DI	Örn. No.	Örn. Yeri	pH	pHs	DI
S1	Çallica k.	8,00	7,50	0,50	S15	Manca s.	7,80	7,30	0,50
S2	Karataş G.	8,60	7,35	1,25	S16	Kayalı k.	7,70	7,60	0,10
S3	Çallica s.	7,70	7,29	0,41	S17	Kılavuzlar s.	8,40	8,12	0,28
S4	Karamanlı k.	7,40	7,10	0,30	S18	Akpınar k.	7,90	7,62	0,28
S5	Kılcan k.	7,70	7,27	0,43	S19	Kapaklı k.	7,20	7,00	0,20
S6	B.su k.	10,4	8,68	1,72	S20	Bozlar s.	7,50	7,10	0,40
S7	Tefenni k.	8,50	8,21	0,29	S21	Kayıköy k.	8,40	7,43	0,97
S8	Bedirli k.	7,60	7,32	0,28	S22	Kozluca 1s.	8,10	7,50	0,60
S9	Bedirli s.	8,00	7,42	0,58	S23	Kozluca s.	7,40	6,90	0,50
S10	Çaltepe k.	8,30	7,95	0,35	S24	İğdeli s.	7,60	7,28	0,32
S11	Bademli k.	7,90	7,80	0,10	S25	Karacaören k.	7,80	7,35	0,45
S12	Yuvalak s.	8,00	7,41	0,59	S26	Pınarbaşı k.	7,50	7,40	0,10
S13	Bayramlar k.	8,00	7,75	0,25	S27	Elmacık k.	8,40	7,41	0,99
S14	Hüyük s.	7,80	7,32	0,48	S28	Boğaziçi s.	7,40	7,80	-0,40



Şekil 4.77. Kalsiyum denge diyagramı (Mayıs-2010)

Suların köpürme özelliği

Su içerisindeki potasyum ve sodyum tuzları suların kaynarken köpürmesine ve bu durum makinelerin kazan ve borularının cidarlarında çökelme ve kabuklanmaya neden olmaktadır. Buna ek olarak çökelme ve kabuklanma sonucunda ısı iletkenliği azalarak yakıt masrafını arttırmaktadır ve suda istenmeyen bir özelliktir. Suların köpürme özelliğinin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmaktadır. Formül ile belirlenen F değeri aşağıdaki sınıflandırma ile değerlendirilmektedir (Çizelge 4.41.). İnceleme alanındaki suların hepsi '*kaynarken köpüren*' ve '*çok köpüren sular*' sınıfında yer almaktadır (Çizelge 4.42.).

$$F = 62 r \text{Na}^+ + 78 r \text{K}^+ \quad (4.6)$$

Çizelge 4.41. Suların köpürme özelliğine göre sınıflaması.

F Değeri	
F < 60	Kaynarken köpürmeyen sular
60 < F < 200	Kaynarken köpüren sular
F > 200	Kaynarken çok köpüren sular

Çizelge 4.42. İnceleme alanındaki suların köpürme özelliğinin belirlenmesinde kullanılan F değerleri (Temmuz- 2009).

Örn. No.	Örn. Yeri	F	Örn. No.	Örn. Yeri	F
S1	Çallica k.	302,26	S15	Manca s.	1193,38
S2	Karataş G.	1657,38	S16	Kayalı k.	855,9
S3	Çallica s.	1313,74	S17	Kılavuzlar s.	1212,34
S4	Karamanlı k.	427,36	S18	Akpınar k.	542,82
S5	Kılcan k.	187,58	S19	Kapaklı k.	231,7
S6	B.su k.	3502,84	S20	Bozlar s.	427,32
S7	Tefenni k.	177,68	S21	Kayıköy k.	701,94
S8	Bedirli k.	1023,08	S22	Kozluca 1s.	5123,14
S9	Bedirli s.	1117,78	S23	Kozluca s.	1196,2
S10	Çaltepe k.	153,74	S24	İğdeli s.	1645
S11	Bademli k.	1010,28	S25	Karacaören k.	280,08
S12	Yuvalak s.	619,1	S26	Pınarbaşı k.	1191,74
S13	Bayramlar k.	294,3	S27	Elmacık k.	1159,82
S14	Hüyük s.	801,14	S28	Boğaziçi s.	1439

Suların beton üzerine etkisi

Suların beton üzerinde etkisi içerisindeki sülfat miktarına bağlıdır. Sülfatlı suların çimento üzerindeki etkinliği oldukça büyüktür. Sülfatlı sular çimento içerisinde önemli miktarlarda CaO, MgO, SO₃ bulunması halinde bu maddelerin su ile birleşmesi durumunda önemli miktarda hacim artışına ve betonun parçalanmasına neden olabilmektedir (Şahinci, 1991). Suda bulunan sülfat miktarına ve bunun beton üzerinde yaratacağı etkiye göre yapılan sınıflandırma Çizelge 4.43.' de verilmiştir.

Çizelge 4.43. Su içerisindeki SO₄ (Sülfat) miktarına göre suların beton üzerine etki etme derecesi

Etkileme Derecesi	Sudaki SO ₄ miktarı	
	gr/l	mek/l
Pratik olarak yok	0-0.15	0-3.12
Etkime var	0.15- 1.00	3.12- 20.82
Önemli	1.00-2.00	20.82-41.16
Çok önemli	2.00'den fazla	41.16'dan fazla

Yukarıdaki sınıflamaya göre inceleme alanındaki sularda sülfat miktarı kurak dönemde 0.02-4.79 mek/l arasında, yağışlı dönemde ise 0.12-3.98 mek/l arasındadır. Kozluca sondaj kuyusu (S23) ve Boğaziçi sondaj kuyusuna (S28) ait sular beton üzerine az miktarda da olsa etki edebilecek özelliktedir. Sınıflamaya göre bölgedeki diğer suların beton üzerinde olumsuz etkisi bulunmamaktadır.

4.6.5. Sıcak ve mineralli suların hidrojeokimyasal değerlendirilmesi

Bu bölümde, inceleme alanında bulunan mineralli su kaynağı özelliğindeki Barutlusu kaynağı ile Pınarbaşı sıcak su kaynağı'nın hidrojeokimyasal özellikleri mineral doygunluk değerleri ve jeotermometre hesaplamaları açısından değerlendirilmiştir.

Suların mineral doygunlukları

Yeraltı suları ile hidrojeokimyasal ortam arasında gerçekleşen kimyasal tepkimeler, kabuklaşma ve korozyon problemlerine neden olmaktadır. Bu problemlerin önceden tahmin edilebilmesi için suların mineral doygunluk durumları araştırılmaktadır.

Termodinamik yöntemlerle hesaplanan su-mineral denge durumu yada doygunluk indeksi (Saturation Index: SI) her mineral için, özellikle sıcaklık ve kısmen de basınçla değişmektedir. Bu nedenle inceleme alanındaki Barutlusu mineralli ve Pınarbaşı sıcak kaynak suları için ayrı ayrı kimyasal analiz sonuçları kullanılarak Solmineq 88 (Kharaka vd., 1988) bilgisayar programı yardımıyla mineral doygunluk indeksi değerleri hesaplanmıştır (Varol ve Davraz, 2010). Kaynak sularının boşalım sıcaklıkları ve arazide ölçülen pH değerine göre belirlenen mineral doygunluk indeksi değerleri Çizelge 4.44.'de verilmiştir.

Çizelge 4.44.. Barutlusu ve Pınarbaşı kaynaklarına ait doygunluk indeksleri

	Barutlusu	Pınarbaşı		Barutlusu	Pınarbaşı
Adularya	1.279	1.200	Halit	-7.328	1.594
Albit	2.251	2.431	Muskovit	6.755	9.360
Analsim	2.057	5.953	Kuvars	0.578	0.691
Anhidrit	-4.447	-4.331	Sanidin	1.417	1.492
Aragonit	0.846	-8.353	İllit	3.318	5.218
Kalsit	0.992	-8.491	Kaolinit	4.118	6.861
Kalsedon	0.413	-3.698	Magnezit	-0.425	-0.728
Dolomit	2.145	-18.100	Mikroklin	3.200	3.208

Barutlusu kaynağı, adularya, albit, analsim, aragonit, kalsit, kalsedon, dolomit, kuvars, sanidin, illit, kaolinit, mikroklin ve muskovit minerallerine doygundur. Barutlusu kaynağının kalsit, dolomit ve aragonit minerallerine doygun olması kireçtaşı akiferi ve ofiyolitik birimlerle etkileşimlerine işaret etmektedir. Manyezit, anhidrit ve halit mineralleri doygunluk altındadır. Bu durum Na ve Cl iyonlarının rezervuarda çözünürlüğünün hala devam ettiğini göstermektedir. Pınarbaşı kaynağı ise adularya, albit, analsim, halit, muskovit, kuvars, sanidin, illit, kaolinit ve mikroklin minerallerine doygundur. Anhidrit, aragonit, kalsit, kalsedon, magnezit ve dolomit mineralleri ise doygunluk altındadır. Bu durum Ca ve Mg iyonlarının rezervuarda çözünürlüğünün hala devam ettiğini ve kireçtaşı akiferi ile etkileşim halinde olduğunu göstermektedir (Varol ve Davraz, 2010).

Jeotermometre Uygulamaları

Jeotermometre uygulamaları, jeotermal sistemlerde rezervuar sıcaklıklarının belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Kimyasal jeotermometreler yeraltındaki sıcaklık ile akışkanlar arasında kaya-su etkileşimine bağlı olarak gelişen

kimyasal alış-veriş dengesinin belirlenmesine yardım etmektedir. Kimyasal jeotermometrelerin en sık kullanılanları, çeşitli silika minerallerinin çözünürlüklerindeki sıcaklığa bağlı değişimlerini esas almakta olan silika jeotermometreleri ile Na, K, Ca, Mg içeriğine bağlı değişimlerin esas alındığı katyon jeotermometreleridir (Mutlu, 2009).

Jeotermometrelerin sıcak suyun kimyasal yapısına bağlı olarak uygulanabilirliğinin saptanması amacıyla Giggenbach tarafından üçgen şekilli diyagram geliştirilmiştir (Giggenbach, 1988). Bu diyagram ile hem hızlı bir şekilde jeotermometre sonuçları görülebilmekte, hem de katyon jeotermometre bağıntılarının geçerliliği kontrol edilebilmektedir. Giggenbach (1988) tarafından sıcak suların akifer (hazne) sıcaklıklarının saptanması ve suların ilişkide olduğu kayaçlarla olan denge durumlarının belirlenmesi için geliştirilmiş olan Na-K-Mg birleşik jeotermometresi ile sıcak suların hazne sıcaklığı hızlı olarak yorumlanabilmektedir. Diyagram kısaca, su-kayaç ilişkisinin dengede olmadığı (ham sular), su-kayaç ilişkisinin kısmen dengede olduğu (karışmış sular) ve su-kayaç ilişkisinin tam dengede olduğu sular olmak üzere 3 bölümden oluşmaktadır (Tarcan vd., 2000). Giggenbach (1988) ham sular bölgesinde yer alan suların katyon jeotermometre sonuçlarının güvenilir olmayacağına dikkat çekmektedir (Davraz, 2003).

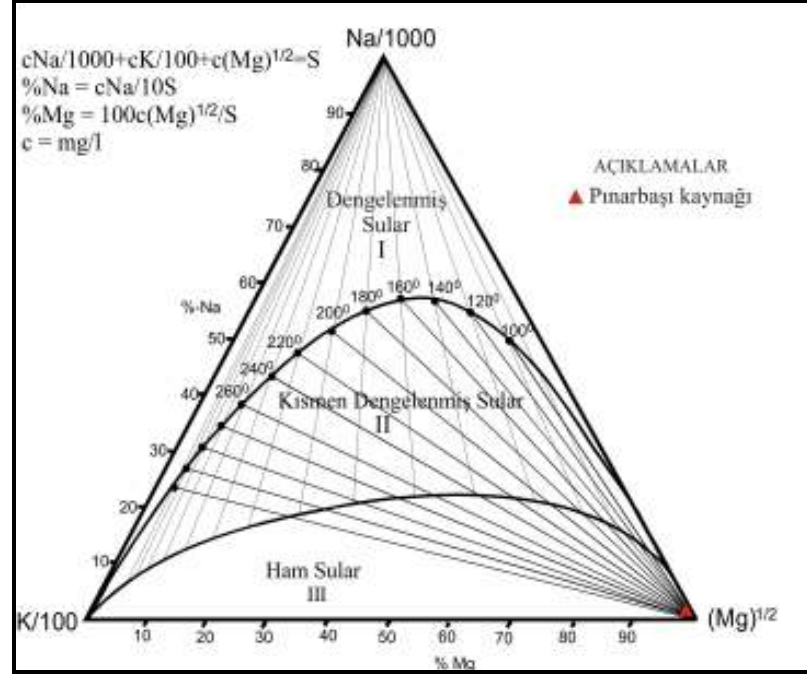
Bölgede, yağışlarla beslenen kaynak suyu yerin derinliklerinde mağmatik oluşumlarla ısınarak tektonizma etkisiyle yüzeye ulaşmaktadır. Termal suların yüzeyde ölçülen sıcaklıkları rezervuar kayaç içindeki sıcaklıklarından düşüktür. Termal suların rezervuar kayaçtan yüzeye yükselmeleri sırasında sıcaklıklarının azalmasına temas ettiği kayaçlarla ısı değişimi, soğuk yeraltı suları ile karışımı, rezervuar kayacın atmosferle ilişkisini kesen geçirimsiz kayaçların (örtü kayaç) çok ince oluşu veya bulunmayışı gibi faktörler neden olmaktadır. Termal sular sıcaklık artışı ve kaya-su etkileşiminin yoğunluğuna bağlı olarak daha fazla mineral ve iyonu çözüdürür ve bünyelerine katarlar (Şahinci, 1991; Tarcan, 2002).

Pınarbaşı sıcak su kaynağında olduğu gibi termal kaynakların boşalım sıcaklıkları genellikle rezervuar sıcaklıklarından daha düşüktür. Çalışma alanında Pınarbaşı

kaynağının hazne (rezervuar) kayacını Dutedere kireçtaşları, örtü kayacını ise Çameli formasyonu oluşturmaktadır. Kaynağın ısıtıcı kaynağı tektonik rejim ile bağlantılı olarak yüksek jeotermal gradyandır. Barutlusu kaynağı, Pınarbaşı kaynağı gibi benzer birim dokanaklarından tektonik hatlar boyunca boşalmasına rağmen, üzerinde örtü kayacının bulunmaması nedeni ile sıcaklığı artmamıştır. Pınarbaşı sıcak su kaynağına ait analiz sonuçları Na-K-Mg diyagramı üzerine yerleştirilmiş ve kaynağın ham sular bölgesinde yer aldığı gözlenmiştir. Buna bağlı olarak rezervuar kayacının sıcaklığını belirlemede silis jeotermometre bağıntıları üzerinde yoğunlaşmıştır. Silika jeotermometre bağıntılarından elde edilen sonuçlara göre; Pınarbaşı sıcak su kaynağının rezervuar sıcaklığının 30 ile 83.29 °C arasında olabileceği kabul edilmiştir (Çizelge 4.45.; Şekil 4.78.).

Çizelge 4.45. Pınarbaşı kaynağı için çeşitli jeotermometre bağıntılarına göre hazne kaya sıcaklıkları

Uygulanan Jeotermometreler	Bağıntılar (Tüm derişimler mg/l)	Hazne sıcaklığı (°C)	Değınilen Belgeler
SiO ₂ (Amorf silis)	$t = 731 / (4.52 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	- 32.68	Fournier, 1977a
SiO ₂ (α Kristobalit)	$t = 1000 / (4.78 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	29.88	Fournier, 1977a
SiO ₂ (β Kristobalit)	$t = 781 / (4.51 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	-15.39	Fournier, 1977a
SiO ₂ (Kalsedon)	$t = 1032 / (4.69 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	48.34	Fournier, 1977a
SiO ₂ (Kuars)	$t = 1309 / (5.19 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	79.68	Fournier, 1977a
SiO ₂ (Kuars buh. kaybı)	$t = 1522 / (5.75 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	83.29	Fournier, 1977a
Na/K	$t = 933 / (0.933 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	186.45	Arnorsson vd., 1983
Na/K	$t = 1319 / (1.699 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	199.60	Arnorsson vd., 1983
Na/K	$t = 777 / (0.70 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	158.51	Arnorsson vd., 1983
Na/K	$t = 856 / (0.857 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	165.82	Truesdell, 1976
Na/K	$t = 1217 / (1.483 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	198.55	Fournier, 1979a
Na/K	$t = 1178 / (1.470 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	185.21	Nieva ve Nieva, 1987
Na/K	$t = 1390 / (1.750 + \log \text{Na/K}) - 273.15$	214.56	Giggenbach vd., 1983
K/Mg	$t = 4410 / (13.95 - \log \text{K}^2/\text{Mg}) - 273.15$	17.55	Giggenbach vd., 1983
Na/Ca	$t = 1096.7 / [3.08 - \log(\text{Na}/\text{Ca}^{0.5})] - 273.15$	134.54	Tonani, 1980
K/Ca	$t = 1930 / [3.861 - \log(\text{K}/\text{Ca}^{0.5})] - 273.15$	148.15	Tonani, 1980
Na/Li	$t = 1590 / [\log(\text{Na}/\text{Li}) + 0.779] - 273.15$	114.80	Kharaka vd., 1982



Şekil 4.78. Na- K- Mg diyagramı (Giggenbach, 1988)

4.6.6. Suların izotop özellikleri

Doğada, doğal olarak bulunan ve hidrolojik çevrimin değişik aşamalarında hidrolojik sisteme giren çevresel izotoplar, günümüzde modern hidrolojik araştırmaların en önemli bileşenlerinden biri haline gelmiştir. İzotoplar, birçok laboratuvarında analiz edilebilir olmaları ve doğadaki davranış mekanizmalarının ayrıntılı bir biçimde ortaya konmuş olması nedeniyle, birçok hidrolojik problemin çözümünde önemli rol oynamaktadır.

Çevresel izotoplar aracılığı ile yeraltısuyu ve yüzey suyu ilişkileri, suların kökeni, beslenme alanları ve mekanizmalarının belirlenmesi, karışım süreçlerinin ortaya konması, yeraltısuyu yaş dağılımının belirlenmesi ve kısıtlı da olsa akiferlerin akım ve taşınım süreçlerini tanımlayan parametrelerin belirlenmesi konularında çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

4.6.6.1. Hidrolojide kullanılan izotoplar

Bir elementin atom numarası aynı fakat farklı kütle numarasına sahip atomlarına ‘‘izotop’’ denir. İzotoplar, kararlı ve radyoaktif izotoplar olmak üzere olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Kararlı izotoplar kararlı bir çekirdek yapısına sahiptirler, kapalı bir sistemde kararlı izotopların atomik konsantrasyonlarında hiçbir değişiklik olmaz. Radyoaktif izotopların çekirdekleri ise kararsız bir yapıya sahiptir ve zamanla parçalanarak başka elementlerin izotoplarına dönüşürler (Atıf).

Hidrolojide kullanılan başlıca izotoplar suyun yapısında bulunan oksijen ve hidrojenin izotoplarıdır. Ayrıca azot, klorür, kükürt, asal gazlar, uranyum ve toryum v.b elementlerin izotopları da yüzey ve yeraltısuyu sistemlerinde kirleticinin kökenlerinin belirlenmesi, hareketinin saptanması v.b çalışmalarda etkin olarak kullanılmaktadır.

Oksijen ve hidrojenin kararlı izotopları hidrolojik çalışmalarda genellikle izleyici olarak kullanılmaktadır. İzotop hidrolojisi çalışmalarda kullanılan radyoaktif izotopların başında hidrojen elementinin kütle numarası 3 olan Trityum (^3H) ve karbon elementinin kütle numarası 14 olan Karbon-14 (^{14}C) izotopları gelmektedir.

Trityum, radyoaktif olmasından dolayı uğradığı zamansal değişim nedeniyle yeraltısularının bağıl yaşının (eskilik derecesi) belirlenmesi çalışmalarda kullanılmaktadır. Ayrıca yeraltısularının rezervuarda yenilenme sürelerinin tahmini yapılmaktadır. Yenilenme süresinin tahmini yeraltısuyu hareket hızının belirlenmesinde rol oynamaktadır.

İnceleme alanındaki sulara çevresel izotop araştırmalarına yönelik oksijen -18 ($\delta^{18}\text{O}$), döteryum ($\delta^2\text{H}$) ve trityum analizleri ($\delta^3\text{H}$) DSİ Genel Müdürlüğüne bağlı olarak çalışmakta olan Teknik Araştırmalar ve Kalite Kontrol (TAKK) Daire Başkanlığı İzotop Laboratuvarında IAEA metodu kullanılarak yapılmış ve analiz sonuçları Çizelge 4.46.’ de sunulmuştur.

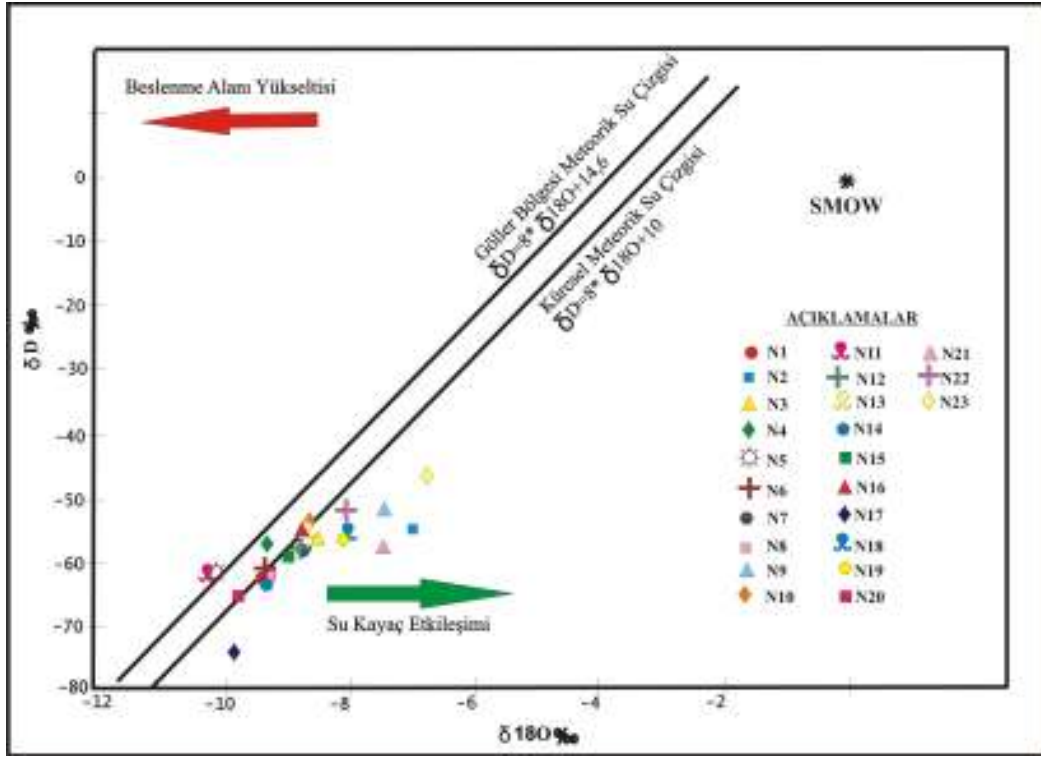
Çizelge 4.46. İnceleme alanındaki suların çevresel izotop analizleri

Örn. Yeri	Örn. No	Temmuz-2009				Mayıs-2010			
		$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	^3H	d	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	^3H	d
Çallica k.	N1	-9,43	-62,79	6,10	12,65	-9,10	-62,86	6,90	9,94
Çallica s.	N2	-7,02	-55,03	2,05	1,13	-7,24	-53,68	4,30	4,24
Karamanlı k.	N3	-8,63	-57,72	5,95	11,32				
Kılcan k.	N4	-9,44	-57,82	6,45	17,7				
Barutlusu k.	N5	-10,16	-62,32	1,05	18,96				
Bedirli k.	N6	-9,38	-61,14	7,15	13,9				
Bedirli s.	N7	-8,69	-58,65	5,40	10,87				
Çaltepe k.	N8	-9,30	-62,62	8,15	11,78				
Bademli k.	N9	-7,53	-52,46	4,45	7,78				
Yuvalak s.	N10	-8,73	-54,32	6,35	15,52				
Bayramlar k.	N11	-10,33	-61,98	7,10	20,66				
Manca s.	N12	-8,77	-57,98	5,30	12,18				
Kılavuzlar s.	N13	-8,70	-55,46	0,45	14,14	-7,90	-55,31	3,20	7,89
Akpınar k.	N14	-9,46	-63,95	8,55	11,73				
Kapaklı k.	N15	-9,01	-59,18	6,70	12,9	-9,13	-59,84	4,75	13,2
Bozlar s.	N16	-8,78	-54,99	9,30	15,25	-7,87	-55,13	7,15	7,83
Kozluca 1 s.	N17	-9,86	-70,38	1,15	8,5	-	-70,55	-	9,77
Kozluca s.	N18	-8,03	-55,87	1,30	8,37	-7,85	-55,45	4,70	7,35
İğdeli s.	N19	-8,10	-55,94	1,70	8,86				
Karacaören	N20	-9,89	-65,07	8,80	14,05				
Pınarbaşı k.	N21	-7,50	-57,67	0,40	2,35	-7,75	-61,23	2,70	0,77
Elmacık s.	N22	-8,08	-52,50	6,75	12,14				
Boğaziçi s.	N23	-6,78	-46,50	4,95	7,74				

4.6.6.2. $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ ilişkisi

İnceleme alanında yer alan soğuk ve sıcak sular gerek kimyasal gerekse izotopik bakımdan farklı bileşimlere sahiptir. Bölgedeki suların, $\delta^{18}\text{O}$ ile $\delta^2\text{H}$ izotopları arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla analiz sonuçları Temmuz-2009 ve Mayıs-2010 için hazırlanan grafiklerde sunulmuştur (Şekil 4.79., 4.80.).

Temmuz-2009'da alınan su örneklerinin analiz sonuçlarının grafik üzerindeki konumlarına bakıldığında, bölge sularının büyük bir kısmının Küresel Meteorik Su Çizgisi ($\delta D=8*\delta^{18}\text{O} + 10$) üzerinde yoğunlaştığı (N1, N3, N4, N6, N7, N8, N10, N12, N13, N14, N15, N16, N17, N18, N19, N20, N22) buna karşın Pınarbaşı sıcak su kaynağı (N21) dahil olmak üzere bazı soğuk suların (N2, N9, N23) Küresel Meteorik Su Çizgisinden sağa doğru bir sapma gösterdiği ve Barutlusu mineralli su kaynağı (N5) ve Bayramlar kaynağının (N11) ise Göller Bölgesi Meteorik Su Çizgisine (Dilsiz, 2006) yakın bölgelerde konumlandıkları gözlenmektedir. Bu durum alandaki tüm suların meteorik kökenli olduğunu kanıtlamaktadır.



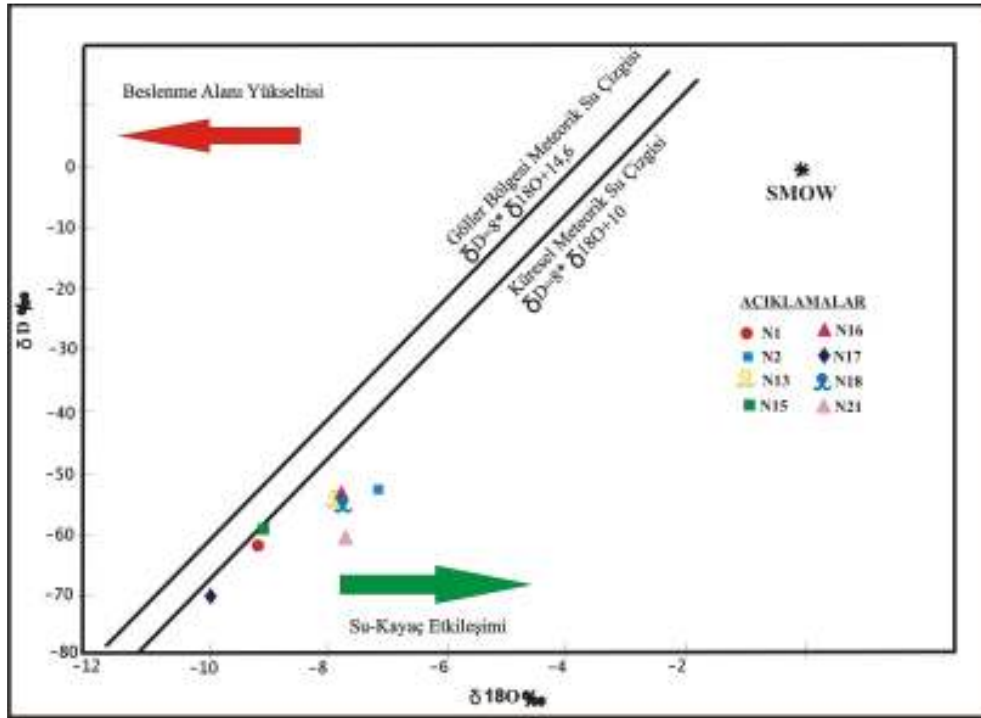
Şekil 4.79. $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ grafiği (Temmuz- 2009)

Küresel Meteorik Su çizgisi buharlaşma etkisi altında olmayan atmosferik suları temsil etmektedir (Craig 1961; Gat ve Carmi, 1987). Daha yüksek kotlardaki yağışların beslediği derin akifer suları, daha düşük kotlardan yerel yağışlarla beslenen yüzey akifer sularından, daha negatif ağır izotop içeriğine sahip değerler göstermektedir (Sayın, 1987). Yükselti arttıkça izotopik seyrelme nedeniyle daha negatif değerler açığa çıkmaktadır (Afşin vd., 2007). Buna bağlı olarak meteorik kökenli N21, N2, N9 ve N23 no'lu suların $\delta^{18}\text{O}$ izotopunun düşük negatif değerleri daha alçak yükseltilerden beslendiklerini göstermekte ancak bu sularda su kayaç etkileşiminin de fazla olduğu gözlenmektedir. Özellikle, Pınarbaşı sıcak su kaynağının (N21), yeraltında daha uzun bir dolaşım süresine sahip olması ve yüksek sıcaklıktan kaynaklanan su-kayaç etkileşiminin fazla olması nedeni ile $\delta^{18}\text{O}$ içeriğinde zenginleşme gözlenmektedir. Barutlusu (N5) ve Bayramlar kaynaklarında (N11) ise izotop değerlerinin giderek daha negatif değerler aldığı gözlenmektedir. $\delta^{18}\text{O}$ değerindeki bu artış kaynak sularının daha yüksek kotlardaki yağış suları tarafından beslendiğini göstermektedir. Temmuz-2009 döneminde bölgedeki

sulardan Bayramlar kaynak suyu (N11) en yüksek kottan beslenen su iken, Boğaziçi sondaj kuyusundan alınan yeraltısuyu en düşük kottan beslenen suyu temsil etmekte diğer sular ise orta yükseklikteki kotlardan beslenen suları işaret etmektedir.

Mayıs-2010 döneminde ise alınan su örneklerinin izotopik özellikleri grafik üzerinde değerlendirildiğinde, N1, N15 ve N17 no'lu örneklerinin Küresel Meteorik Su Çizgisi üzerinde yer almakta, N2, N13, N16, N18 ve N21 no'lu örneklerin ise Küresel Meteorik Su Çizgisinden sağa doğru bir sapma gösterdikleri görülmektedir.

Sapma gösteren örnekler beslenme alanı daha düşük kotlardan olan ancak su kayalık etkileşiminin daha fazla olduğu örneklerdir. Temmuz-2009 döneminde olduğu gibi Mayıs-2010 döneminde de Pınarbaşı sıcak su kaynağı ve Çallica sondaj kuyusuna ait örnek (N2) grafik üzerinde aynı bölgede yer almaktadırlar (Şekil).



Şekil 4.80. $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ grafiği (Mayıs-2010)

Temmuz-2009 döneminde N1, N13, N16 ve N18 no'lu örneklerin daha yüksek $\delta^{18}\text{O}$ içeriğine sahip olması, bu örneklerin oransal olarak daha yüksek kotlara düşmüş yağışlardan; N2, N15, N17 ve N21 no'lu örneklerin ise daha güncel yağışlardan

(Mayıs-2010) etkilenmiş olabileceklerini göstermektedir. Çünkü, yeraltına süzülen yağmur suyu buharlaşırken hafif izotoplar daha kolay buhar fazına geçmekte ve kalan su ağır izotoplarca zenginleşmektedir (Afşin vd., 2007).

Duraylı izotoplardan döteryum ile oksijen-18 arasındaki ilişki, belli yağış rejimleri için zaman içerisinde değişim göstermemektedir. Bu nedenle, örneklerdeki döteryum fazlası kullanılarak farklı yağış rejimlerinin etkisi ve beslenme alanları konusunda bilgi edinilebilmektedir (Güner ve Güner, 2002). Döteryum fazlası,

$$(d)\delta = \delta^2\text{H} - (8 \times \delta^{18}\text{O}) \quad (4.7)$$

formülünden hesaplanmaktadır.

Döteryum fazlasının yüksek değerler aldığı noktalarda denizel kökenli yağışların görülmesine karşılık düşük değerler daha çok karasal kökenli yağışları temsil etmektedir. Ortalama değerler ise her iki kökenli yağışlardan beslenme ile ilgili olduğunu göstermektedir (Kehinde, 1993).

Küresel Meteorik Su Çizgisindeki döteryum fazlasını işaret eden 'd' değeri, 10 olarak belirlenmiştir (Afşin vd., 2007). Bu değer baz alınarak Tefenni Ovası'ndaki suların döteryum fazlası (d) değerleri hesaplanmış ve Çizelge 4.46' de sunulmuştur. Hesaplanan değerlere göre Temmuz-2009 döneminde N2, N9, N17, N18, N19, N21 ve N23 10'dan düşük değerlerde, diğer sular 10'dan yüksek değerlerde hesaplanmıştır.

Yağışlı dönemde ise sadece N15, 10'dan büyük değere sahipken diğer sular 10'dan daha düşük değerler almıştır. Bu sonuçlara göre döteryum fazlası değerleri 10'dan yüksek sular, bölgedeki yağışların yüksek hıza sahip buharlaşma etkisindeki atmosferik ve denizel kökenli yağış sularından; 10'dan düşük değerlere sahip suların ise, buharlaşma etkisi altında kalan karasal kökenli yağışlardan oluşmuş sular oldukları düşünülmektedir.

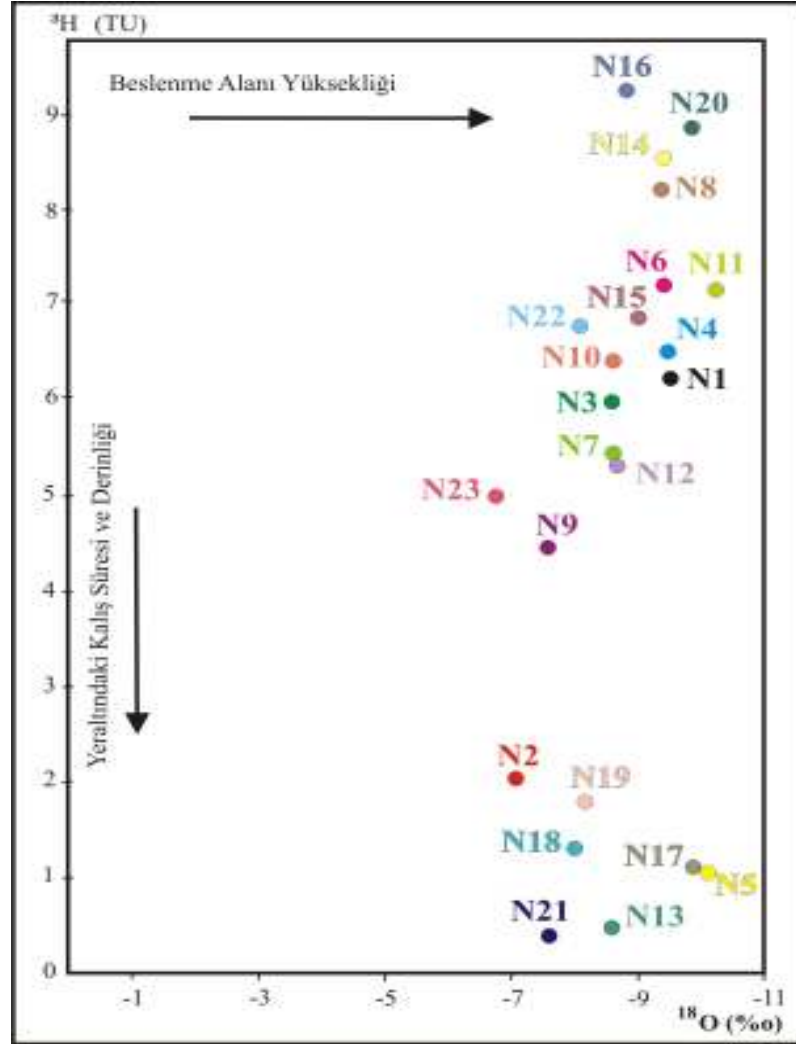
4.6.6.3. $\delta^{18}\text{O}$ - ^3H ilişkisi

Yeraltısularında, ^3H içeriği ile $\delta^{18}\text{O}$ değişiminin birlikte incelenmesi suların beslenme yükseklikleri ile akifer içinde kalış süreleri arasındaki ilişkiyi yansıtması açısından önemlidir. Bu iki bağımsız değişken kullanılarak çizilen bir grafikte, $\delta^{18}\text{O}$ 'nin küçülen değerleri yüksek beslenme alanı yüksekliğini, trityumun küçülen değerleri görel olarak uzun geçiş süresini temsil etmektedir. Su içerisindeki trityum konsantrasyonunun birimi (TU) olarak verilmektedir. Yani 10^{18} hidrojen atomuna karşı bir trityum atomunun bulunması '1 Trityum Birimi (TU)' olarak tanımlanmaktadır (Çifter ve Sayın, 2002).

Yağışın akifere geçiş süresi ve yeraltında bekleme süresine göre çeşitli akiferlerin trityum konsantrasyonları farklı olmaktadır. Bundan yararlanılarak eski sular ile yeni suları birbirinden ayırt etmek mümkün olmaktadır. Özellikle termonükleer denemelerin başlatıldığı 1952 yılından önceki suları, bu tarihten sonra beslenen sulardan ayırt etmek kolay olmaktadır. Termonükleer denemelerden önce atmosferde oluşan trityum konsantrasyonu 10 TU kadar iken 1963 yılında maksimum 8000 TU'ya ulaşmış ve sonraki yıllarda azalarak 1981 yılında maksimum 100 TU'ya kadar düşmüştür. Yağışların trityum konsantrasyonu aynı zamanda mevsimsel bir değişim göstermektedir. İlkbahar sonu ve yaz aylarındaki yağışların trityum değeri kış aylarına nazaran daha yüksektir (Alişan, 2002).

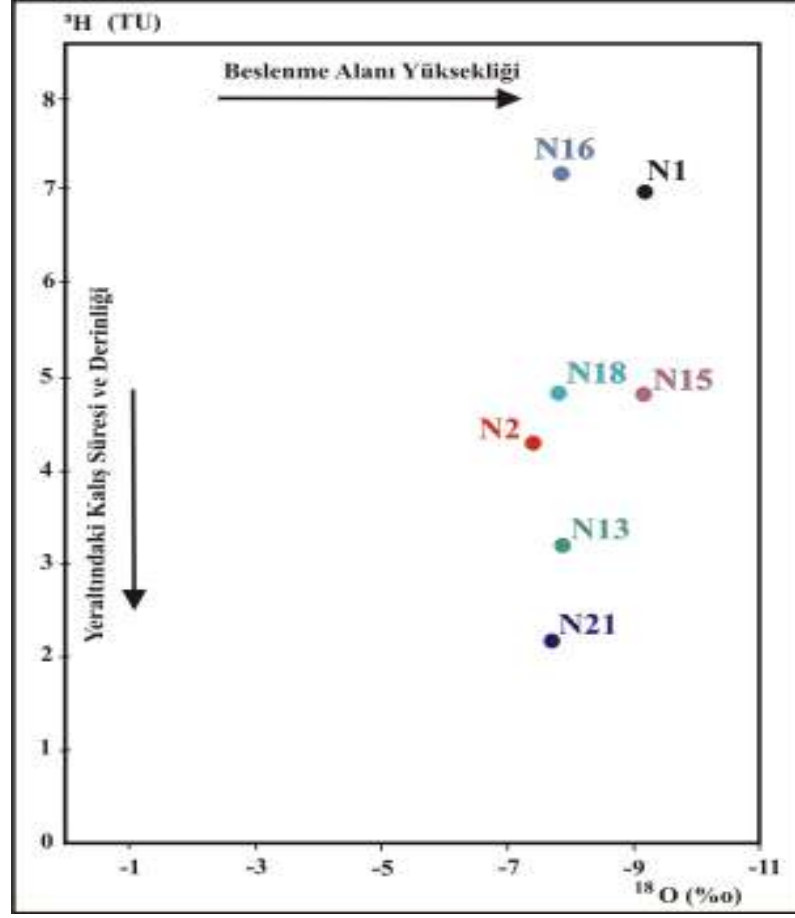
İnceleme alanı için Temmuz- 2009 ve Mayıs- 2010 dönemlerindeki analiz sonuçları ile hazırlanan ^3H (TU) - $\delta^{18}\text{O}$ grafiği Şekil 4.81. ve Şekil 4.82. 'de sunulmuştur. İnceleme alanındaki suların kurak dönemde yapılan analizleri sonucunda oluşturulan diyagrama göre; N21 (Pınarbaşı sıcak su kaynağı), N13 (Kılavuzlar sondaj kuyusu), N17 (Kozluca1 sondaj kuyusu) ve N5 (Barutlusu kaynağı) no'lu suların yeraltındaki kalış ve dolaşım sürelerinin uzun oldukları tahmin edilmektedir. Bu suların arasında beslenme alanı en derin olan N21 aynı zamanda bölgedeki sıcaklığı en yüksek sudur. N5 (Barutlusu kaynağı) ve N11 (Bayramlar kaynağı)'in ise bölgedeki en yüzeysel beslenmeye sahip sular oldukları düşünülmektedir. N2 (Çallica sondaj kuyusu), N18 (Kozluca sondaj kuyusu) ve N19 (İğdeli sondaj kuyusu) sularının dolaşım süreleri

nispeten uzun ancak güncel yağış sularının karışımının etkisinde oldukları ve diğer tüm suların ise hem sığ beslenmeli hem de yeraltında kalış ve dolaşım süresi yönünden genç suları yansıttığı düşünülmektedir. Bu tip suların güncel meteorik sulardan fazlaca etkilendikleri tahmin edilmektedir.



Şekil 4.81. $^3\text{H} - \delta^{18}\text{O}$ grafiği (Temmuz-2009)

Yağışlı dönemde (Mayıs-2010) ^3H (TU) - $\delta^{18}\text{O}$ ilişkisi değerlendirildiğinde de kurak dönemdeki durumun bir benzeri ortaya çıkmaktadır. Bölgede yeraltındaki kalış süresi ve derinliği en fazla olan su N21 (Pınarbaşı sıcak su) ve en sığ beslenmeli, yeraltında kalış - dolaşım süresi yönünden genç sular ise N16 (Bozlar sondaj kuyusu) ve N1 (Çallica kaynağı) olarak görülmektedir.



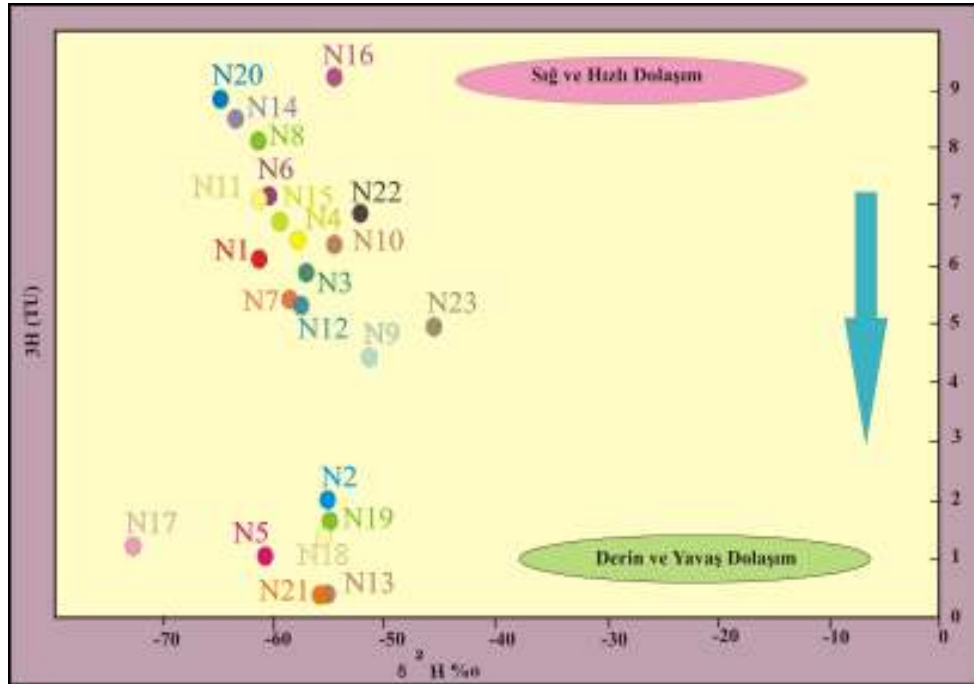
Şekil 4.82. ^3H - $\delta^{18}\text{O}$ grafiği (Mayıs-2010)

4.6.6.4. $\delta^2\text{H}$ - ^3H ilişkisi

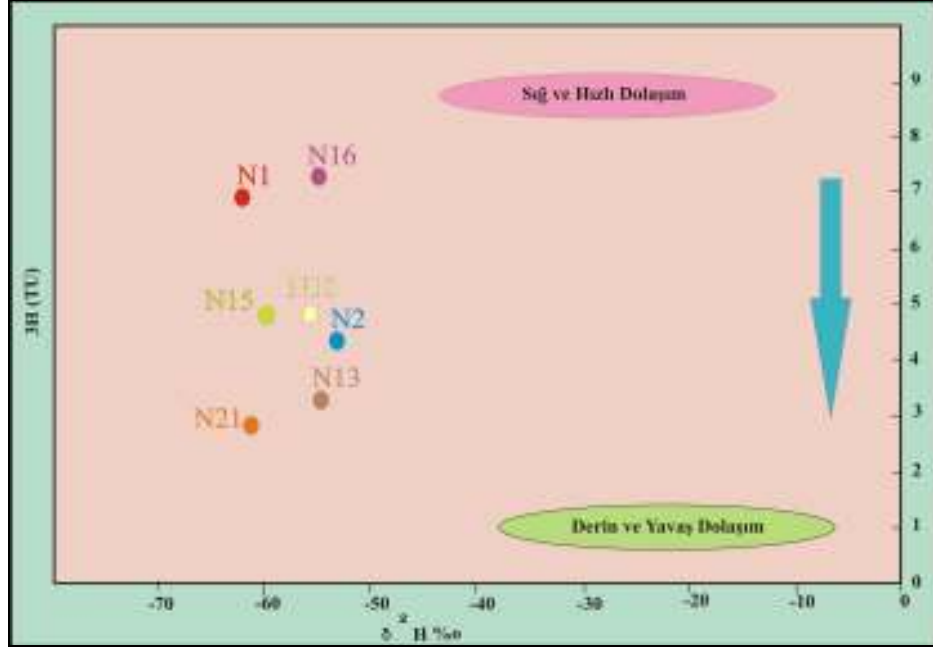
Radyoaktif izotoplardan biri olan trityum, doğal yarılanma yoluyla sürekli bozunmaya uğramaktadır. Buna bağlı olarak belirli bir bölgede yeraltısuyunu besleyen yağışın trityum içeriğinin bilinmesi durumunda, yeraltısuyunun ağırlıklı ortalama yaşının belirlenmesi veya farklı yeraltısularının karışım durumlarına dair fikirler öne sürülebilmektedir (Tezcan, 1992). $\delta^2\text{H}$ - ^3H grafiği suların beslenme yükseltileri ile akifer içinde kalış süreleri arasındaki ilişkiyi yansıtmaktadır. Bu grafikte yatay eksen ($\delta^2\text{H}$) boyunca başlangıç yönünde beslenme alanı yükseltisi, dikey eksen (^3H) boyunca başlangıç yönünde ise akiferde kalış süresi artmaktadır (Afşin vd., 2007).

İnceleme alanındaki sulara Temmuz-2009 ve Mayıs- 2010 dönemlerinde alınan örneklerin $\delta^2\text{H}$ ve ^3H değerleri ile hazırlanan grafikler Şekil 4.83. ve Şekil 4.84.'de sunulmuştur. ^3H değerlerine göre kurak dönemde N16 (Bozlar sondaj kuyusu) en genç, en sık ve hızlı dolaşıma sahip su, N21 (Pınarbaşı sıcak su kaynağı) ise en yaşlı, en derin ve yavaş dolaşımli sudur. Diğer sular karışım ve geçiş suyu özelliğindeki sık ve orta dolaşımli sulardır (Şekil 4.83).

Yağışlı dönemde de kurak dönemde olduğu gibi ^3H değerlerine göre bölgede en genç, en sık ve hızlı dolaşıma sahip su N16 (Bozlar sondaj kuyusu), en yaşlı, en derin ve yavaş dolaşıma sahip su ise N21 (Pınarbaşı sıcak su kaynağı) olmuştur. Diğer sular sık ve orta dolaşımli, karışım ve geçiş suları olarak görülmektedir (Şekil 4.84.).



Şekil 4.83. $\delta^2\text{H}$ - ^3H diyagramı (Temmuz-20099)



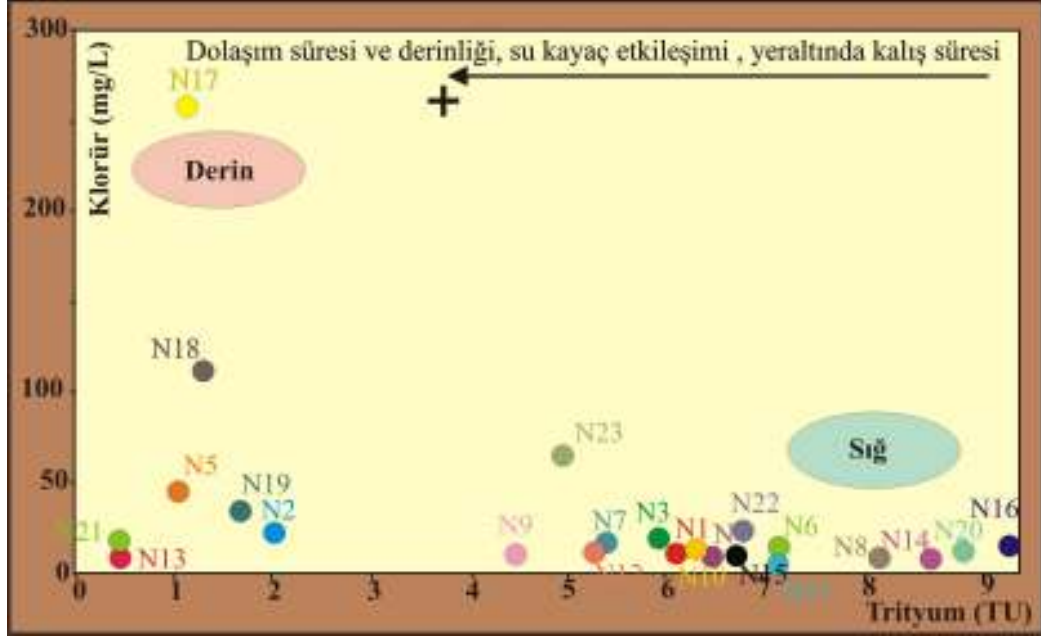
Şekil 4.84. $\delta^2\text{H}$ - ^3H diyagramı (Mayıs-2010)

4.6.6.5. ^3H - Cl^- ilişkisi

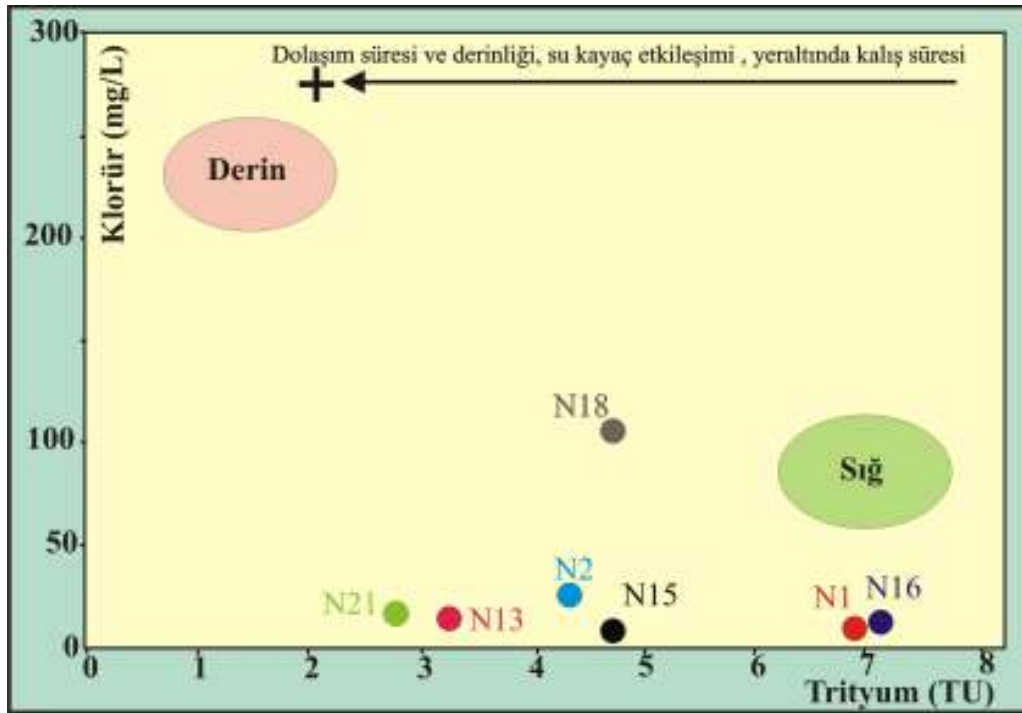
^3H - Cl^- diyagramı suların karşılaştırılması, sınıflanması ve beslenme alanları ile yeraltında kalış sürelerinin yorumlanmasında sıkça kullanılan başka bir diyagramdır. İnceleme alanına ait suların Cl^- iyon konsantrasyonları ile ^3H değerleri kurak ve yağışlı dönemlere ait diyagramlar üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 4.85., 4.86.).

Kurak dönem için hazırlanan diyagrama göre; N21 (Pınarbaşı sıcak su kaynağı) ve N13 (Kılavuzlar sondaj kuyusu) düşük Cl^- ve düşük ^3H içermektedir. Bu sular diyagrama göre dolaşım süresi ve derinliği dolayısı ile yeraltında kalış süresi fazla olan sulardır. Bu sular da su kayaç etkileşiminin de fazla olduğu görülmektedir. N17 (Kozluca1 sondaj kuyusu) ve N18 (Kozluca sondaj kuyusu) yüksek Cl^- ve düşük ^3H içeriğine sahip sular olup bu sular derin dolaşım ve güncel yağışlardan etkilenmemektedirler. N5 (Barutlusu mineralli su kaynağı), N2 (Çallıca sondaj kuyusu) ve N19 (İğdeli sondaj kuyusu) no'lu sular ise nispeten daha düşük Cl^- ve düşük ^3H değerine sahip sulardır. Bu sular da derin dolaşım sulardır. Yüksek trityum ve düşük Cl^- değerlerine sahip diğer sular ise sığ dolaşım dolayısı ile

yeraltında kalış süresi kısa olan sulardır. Bu sular güncel yağışlardan etkilenen genç suları temsil etmektedir.



Şekil 4.85. ^3H - Cl ilişkisi (Temmuz-2009)



Şekil 4.86. ^3H - Cl ilişkisi (Mayıs-2010)

Yağışlı dönemde de N21 (Pınarbaşı sıcak su kaynağı) ve N13 (Kılavuzlar sondaj kuyusu) düşük Cl⁻ ve düşük ³H değeri ile derin dolaşım sular olma özelliğini devam ettirmiştir. Diğer suların nispeten daha sığ dolaşıma sahip olduğu ve güncel yağışlardan etkilenmelerine bağlı olarak grafik üzerindeki yerlerinde değişimler olduğu düşünülmektedir.

4.6.7. Yeraltısularının dolaşım derinliğinin sıcaklık ile belirlenmesi

Kaynak ve kuyu sularında ölçülen sıcaklık farklılıkları yeraltısularının, dolaşım derinlikleri ile de ilişkilidir. Yüzeiden derinlere doğru inildikçe, sıcaklık artmakta ve bu değer jeotermal gradyanı temsil etmektedir. Normal koşullarda yüzeiden yerin derinliklerine doğru inildikçe her 100 metre'de sıcaklık yaklaşık 3°C yükselmektedir. Yani yerin 3000 m altında sıcaklık 90 ile 105°C arasında değişmektedir. Fakat jeotermal sahalarda, jeolojik yapının ve kayaç tiplerinin farklı olması nedeniyle sıcaklık artışı normal sahaların 10 katına kadar çıkabilmektedir. Sedimanter bölümlerde ise 1°C'ye kadar düşebilmektedir (Eren, 2008). Ancak, genel olarak ortalama değer 3°C /100 m. olarak belirlenmiştir. Jeotermal gradyan, kayaçların termal iletkenlikleri hakkında da bilgi vermektedir. Eğer kayacın termal iletkenliği yüksek ise sıcaklık gradyanı düşük; termal iletkenlik düşük ise termal gradyan yüksektir (Şahinci, 1991). Ayrıca, yeraltısularının sıcaklığı akifer kayaçlarla da ilişkilidir. Bu nedenle kaynaklarda ve kuyularda ölçülen sıcaklıklar dolaşım derinliği hakkında bilgi vermektedir (Mazor, 1991).

Dolaşım derinliğini belirleyebilmek amacıyla;

$$\text{Derinlik} = (T \text{ ölçülen} - T \text{ yüzey}) / \Delta T / 100 \quad (4.8)$$

formülü uygulanmıştır. Formüle göre;

T ölçülen: İnceleme alanında kaynak çıkış noktalarında ve kuyularda ölçülen su sıcaklığı. **T yüzey:** Tefenni ovasının ölçülen ortalama sıcaklığı. Tefenni Meteoroloji istasyonunun uzun yıllar (1964-2009) ortalaması sıcaklık değeri olan 11.75 °C alınmıştır. **ΔT:** Derinliğe bağlı değişen sıcaklık (Jeotermal gradyan): İnceleme alanı için 3°C /100 m olarak alınmıştır.

İnceleme alanındaki su noktalarının dolaşım derinliği sonuçlarına göre, bölgede S13, S18 ve S19 no'lu kaynakların dolaşım derinlikleri (-) değerinde bulunmuştur (Çizelge 4.47.). Bu kaynaklar, oldukça yüksek kotlardaki (1382, 1435, 1669 m) kireçtaşı boşalımları olup bu noktalara düşen yağış sularının, derinlere süzülmezsizin, dolayısıyla derinlerdeki kayaçlarla etkileşime geçip ısınmadan kısa sürede boşalıma geçtiği şeklinde yorumlanmıştır. İnceleme alanındaki diğer düşük dolaşım derinliğine sahip su noktaları 20 m ile S5 kaynağı ve 10.55 m ile alüvyon akiferde açılmış olan S20 kuyusudur. Dolaşım derinliği en yüksek su noktası ise 525 m ile fay yüzeyleri boyunca hareketini sağlayan S26 no'lu sıcak su kaynağıdır (Çizelge 4.47.).

Çizelge 4.47. İnceleme alanındaki suların dolaşım derinlikleri

No	Adı	Kot(m.)	Derinlik (m.)	T1 (°C)	T2 (°C)	Tort. (°C)
S1	Çallica k.	1191	98,3	14,2	15,2	14,7
S2	Karataş G.	1054	-	24,5	26,9	25,7
S3	Çallica s.	1033	158,3	14,9	18,1	16,5
S4	Karamanlı k.	1153	113,3	14,6	15,7	15,15
S5	Kılcan k.	1340	20	12,1	12,6	12,35
S6	Barutlusu k.	1290	166,6	15,9	17,6	16,75
S7	Tefenni k.	1257	45	12,5	13,7	13,1
S8	Bedirli k.	1258	116,6	13,2	17,3	15,25
S9	Bedirli s.	1225	105	13,7	16,1	14,9
S10	Çaltepe k.	1251	71,6	12,3	15,5	13,9
S11	Bademli k.	1165	131,6	14,3	17,1	15,7
S12	Yuvalak s.	1132	105	15,2	14,7	14,9
S13	Bayramlar k.	1382	-21,6	11,3	11	11,1
S14	Hüyük s.	1382	158,3	15,8	17,3	16,5
S15	Manca s.	1138	65	13,7	13,7	13,7
S16	Kayalı k.	1121	115	15,3	15,1	15,2
S17	Kılavuzlar s.	1075	168,3	16,4	17,3	16,8
S18	Akpınar k.	1669	-105	8,2	9,1	8,6
S19	Kapaklı k.	1435	-25	10,8	11,3	11
S20	Bozlar s.	1259	10,55	12,4	13,1	12,7
S21	Kayı k.	1097	221,6	18,2	18,7	18,4
S22	Kozluca 1 s.	1083	148,3	15,1	17,3	16,2
S23	Kozluca s.	1040	125	14,5	16,5	15,5
S24	İğdeli s.	1132	88,3	14,1	14,8	14,4
S25	Karacaören k.	1400	115	13,1	17,3	15,2
S26	Pınarbaşı k.	981	525	28	27	27,5
S27	Elmacık k.	1040	195	18	17,2	17,6
S28	Boğaziçi s.	978	105	14,3	15,5	14,9

4.6.8. Yeraltısularında kirlilik araştırmaları

Yeraltısuları değişim ve seyrelme kapasitelerinin çok sınırlı olması nedeniyle kirlenmeye karşı yüzeysel sulardan daha duyarlıdır. Kirletici unsurları jeojenik ve antropojenik kökenli olarak iki kısımda incelemek mümkündür. Jeojenik kökenli kirlilik; suların içerisinden geçtikleri kayaçlarla etkileşimleri nedeniyle bünyelerine aldıkları elementlerden kaynaklanan kirliliktir. Su içerisinde bulunan elementlerin miktarı etkileşim süresi ve sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Yeraltısuları kirliliğini oluşturan en büyük etkenler ise; antropojenik kökenli olarak ifade edilen, katı - sıvı atıklar, tarımsal faaliyetler ve çeşitli endüstri kuruluşlarından kaynaklanan kirliliktir.

İnceleme alanında en önemli kirlilik kaynağı tarımsal aktivitelerden ve hayvancılıktan kaynaklanan kirliliktir. Evsel katı ve sıvı atıklar ile endüstriyel atıklar ise bölgedeki diğer önemli kirletici kaynaklardır. Kirlilik düzeyinin belirlenmesinde kirlilik parametrelerinin kimyasal analizler yardımıyla tespit edilmesi gerekmektedir. Tefenni Ovası'nda, alüvyon akiferde yapılan yoğun tarımsal faaliyetler esnasında kullanılan pestisitler, doğal ve suni (yapay) gübreler ve ayrıca, yöre halkının büyük bir çoğunluğunun geçimini sağladığı büyük ve küçükbaş hayvan yetiştiriciliği sırasında hayvansal atıkların neden olduğu kirlilik, başlıca kirletici unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Tefenni Ovası genelinde, tarımsal faaliyet olarak daha çok tarla bitkilerinden buğday, arpa, mısır, yulaf, kuru soğan, sebze ve meyveler (özellikle elma), sanayi bitkileri olarak şeker pancarı, anason, yumurcak, haşhaş, nohut, fasulye ve patates yetiştiriciliği yapılmaktadır. Tarımsal faaliyetler sonucu yeraltısularında gözlenen önemli kirletici maddeler azot türevleri ve pestisitlerdir.

Evsel sıvı atıklar da önemli bir kirletici olarak karşımıza çıkmaktadır. İnceleme alanında Tefenni, Hasanpaşa ve Elmacık dışındaki yerleşim merkezlerinde kanalizasyon sistemi bulunmaktadır. Bölgede katı atık depolama tesisi bulunmamakta atıklar önlem alınmadan doğrudan doğal zemin üzerine boşaltılmaktadır. İnceleme alanında endüstriyel faaliyet olarak en büyük pay madencilik sektörüne düşmektedir. Bölgede mermer ocakları daha çok Mürseller ve

Karamanlı'da bulunmaktadır. Bu işletmeler dışında önemli ölçüde kirlilik yaratabilecek endüstri kuruluşu yer almamaktadır.

4.6.8.1. Azot ve Türevleri

İnceleme alanında azotlu bileşiklerin (NH₃, NO₃ ve NO₂) ve pestisit etkisinin belirlenmesi için Temmuz-2009 ve Mayıs-2010 dönemlerinde analizler yapılmıştır (Çizelge 4.48.-4.49.) ve NH₃, NO₂ ve NO₃ dağılımları harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.87., 4.88., 4.89., 4.90., 4.91., 4.92.). Ayrıca, Tefenni Ovası'nın diğer kirlenici unsurları olan endüstriyel, kentsel ve tarımsal faaliyetlerin getirdiği dış kökenli (antropojenik) kirliliklerin tespiti amacıyla da yeraltısularının ağır metal içerikleri analiz edilmiştir. Ağır metal olarak Al, Ag, B, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Li, Mn, Ni, Pb, Sb, Se ve Zn konsantrasyon sonuçları değerlendirilmiş ve dağılım haritaları hazırlanmıştır. Analiz sonuçlarına göre Ag, Hg, Li, Se ve Sb sıfır ve altındaki değerlerde olması nedeni ile incelemeye alınmamıştır.

Çizelge 4.48. Azot bileşikleri analiz sonuçları (Temmuz-2009)

Tem. 2009	No.	NO ₃ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)
Çallica k.	S1	11,12	0,02	0,03
Karataş Gölü	S2	0	0,07	0,02
Çallica s.	S3	43,75	0	0
Karamanlı k.	S4	19,35	0,20	0,15
Kılcan k.	S5	1,55	0	0,03
Tefenni (B.su kay.)	S6	0	0	0,02
Tefenni k.	S7	0,73	0	0
Bedirli k.	S8	27,63	0	0,13
Bedirli s.	S9	28,96	0	0,06
Çaltepe k.	S10	3,011	0	0
Bademli k.	S11	17,05	0	0,06
Yuvalak s.	S12	29,63	0	0,07
Bayramlar k.	S13	3,72	0	0
Hüyük s.	S14	10,89	0	0,05
Manca(Harmankaya)s.	S15	14,75	0	0
Kayalı k.	S16	7,62	0	0,01
Kılavuzlar s.	S17	9,83	0	0,07
Akpınar yayl. k.	S18	2,3	0	0
Kapaklı k.	S19	6,33	0	0
Bozlar s.	S20	12,93	0	0
Kayıköy k.	S21	0	0	0,09
Kozluca gazlı s.	S22	6,91	0,12	3,91
Kozluca s.	S23	165,63	0	0,21
İğdeli s.	S24	29,49	0,01	0
Karacaören k.	S25	6,2	0	0
Pınarbaşı (s. su k.)	S26	6,73	0,03	0,15
Elmacık k.	S27	3,41	0	0,07
Boğaziçi s.	S28	15,28	0	0,12
TS 266-WHO Sınır Değerler		45-50	0,05	0,05-0,50

Çizelge 4.49. Azot bileşikleri analiz sonuçları (Mayıs-2010)

Mayıs. 2010	No.	NO ₃ (mg/l)	NO ₂ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)
Çallica k.	S1	2.62	0	0.02
Karataş Gölü	S2	0.30	0	0.04
Çallica s.	S3	10.44	0	0.01
Karamanlı k.	S4	6.07	0	0.01
Kılcan k.	S5	0.93	0	0.04
Tefenni (B.su kay.)	S6	0.37	0	0.07
Tefenni k.	S7	0.41	0	0
Bedirli k.	S8	3.25	0	0.02
Bedirli s.	S9	6.68	0	0
Çaltepe k.	S10	0.25	0	0
Bademli k.	S11	4.25	0	0
Yuvalak s.	S12	3.75	0	0
Bayramlar k.	S13	1.20	0	0
Hüyük s.	S14	3.83	0	0.01
Manca(Harmankaya)s.	S15	3.74	0	0
Kaya k.	S16	2.32	0	0
Kılavuzlar s.	S17	1.22	0	0
Akpınar yayl. k.	S18	1.39	0	0.01
Kapaklı k.	S19	0.77	0	0.01
Bozlar s.	S20	3.51	0	0.03
Kayıköy k.	S21	0.84	0	0
Kozluca gazlı s.	S22	0.81	0.01	3.50
Kozluca s.	S23	35.60	0	0.33
İğdeli s.	S24	9.34	0	0.04
Karacaören k.	S25	1.50	0	0
Pınarbaşı (s. su k.)	S26	1.62	0	0.04
Elmacık k.	S27	0.52	0	0
Boğaziçi s.	S28	6.18	0	0
TS 266-WHO Sınır Değerler		45-50	0.05	0.05-0.50

İnceleme alanında azot türevlerinin analizi kurak ve yağışlı dönemde 28'er adet su örneği üzerinde yapılmıştır (Bkz. Çizelge 4.48., 4.49.). Yeraltısularında nitrat (NO₃) derişimi, tarımsal faaliyetler ve evsel atıkların etkisiyle giderek artmaktadır. Dünya sağlık örgütü ve Türk içme suyu standartlarına göre sularda nitrat için belirlenen sınır değer 45-50 mg/l'dir. İnceleme alanında belirlenen bu sınır değerler kurak dönemde S23 no'lu sondaj kuyusunda aşılmıştır. Diğer taraftan su içerisinde 10 mg/l üzerinde nitrat bulunması suyun antropojenik kirlenmeye maruz kaldığının göstergesidir. Bu açıdan incelendiğinde, ova sularından kurak dönemde S1,S3,S4, S8, S9, S11, S12, S14, S15, S20, S23, S24 ve S28 no'lu örnekleri ile yağışlı dönemde ise S3 ve S23 no'lu örneklerinde yapay gübre kullanımı ve hayvan atıklarının gübre olarak kullanımı nedeniyle nitrat değerinde artış belirlenmiştir.

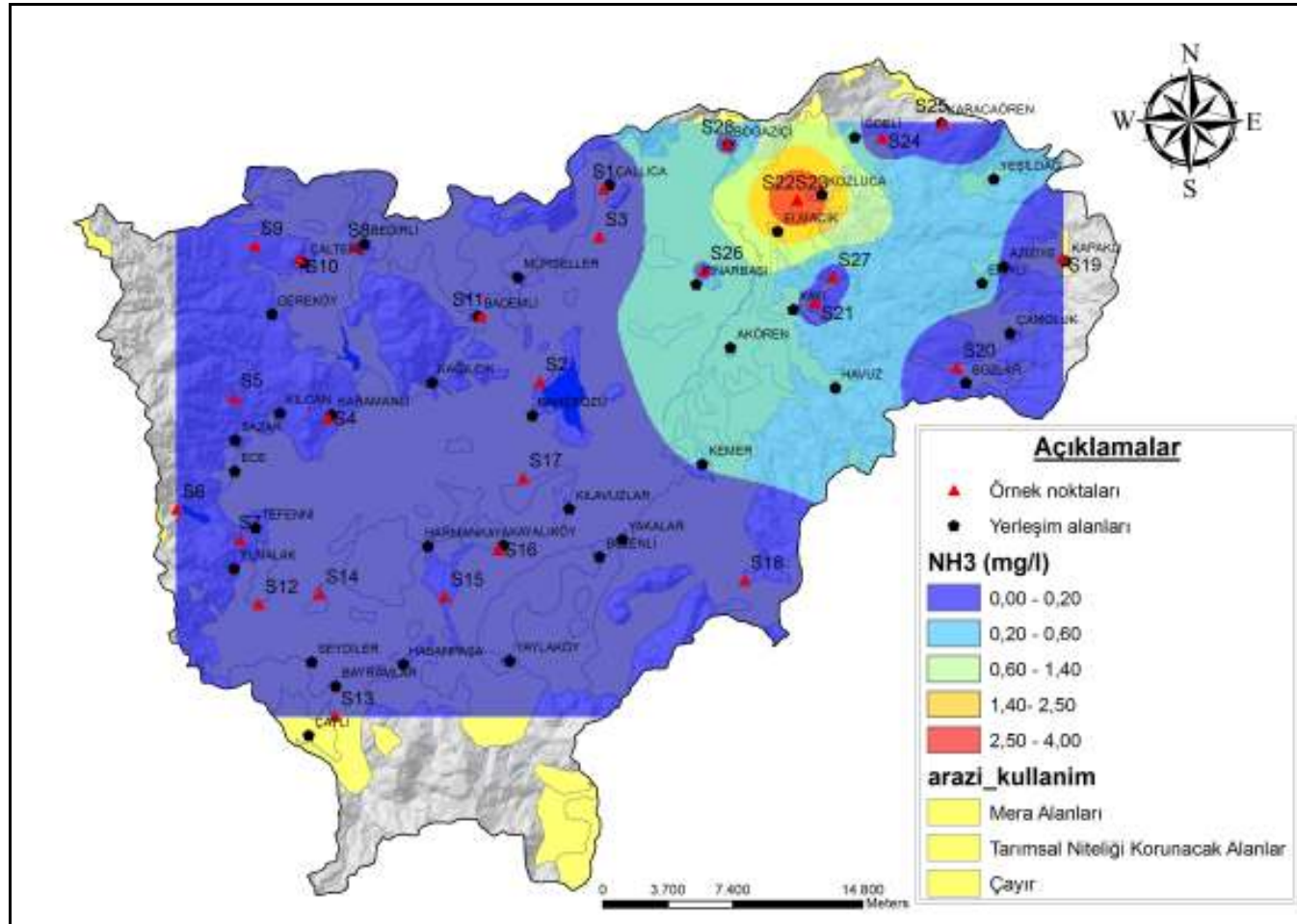
Nitrit derişimine göre sular değerlendirildiğinde; sadece yağışlı dönemde Dünya sağlık  rg t  ve Türk içme suyu standartlarına S2, S4 ve S22 no'lu örneklerde sınır değerler aşılmıştır.

Amonyak derişimine göre ise Tefenni Ovası genelindeki sulardan kurak ve yağışlı dönemlerde sadece S22 no'lu örneğin sınır değerleri (0.05-0.50) aştığı görülmüştür.

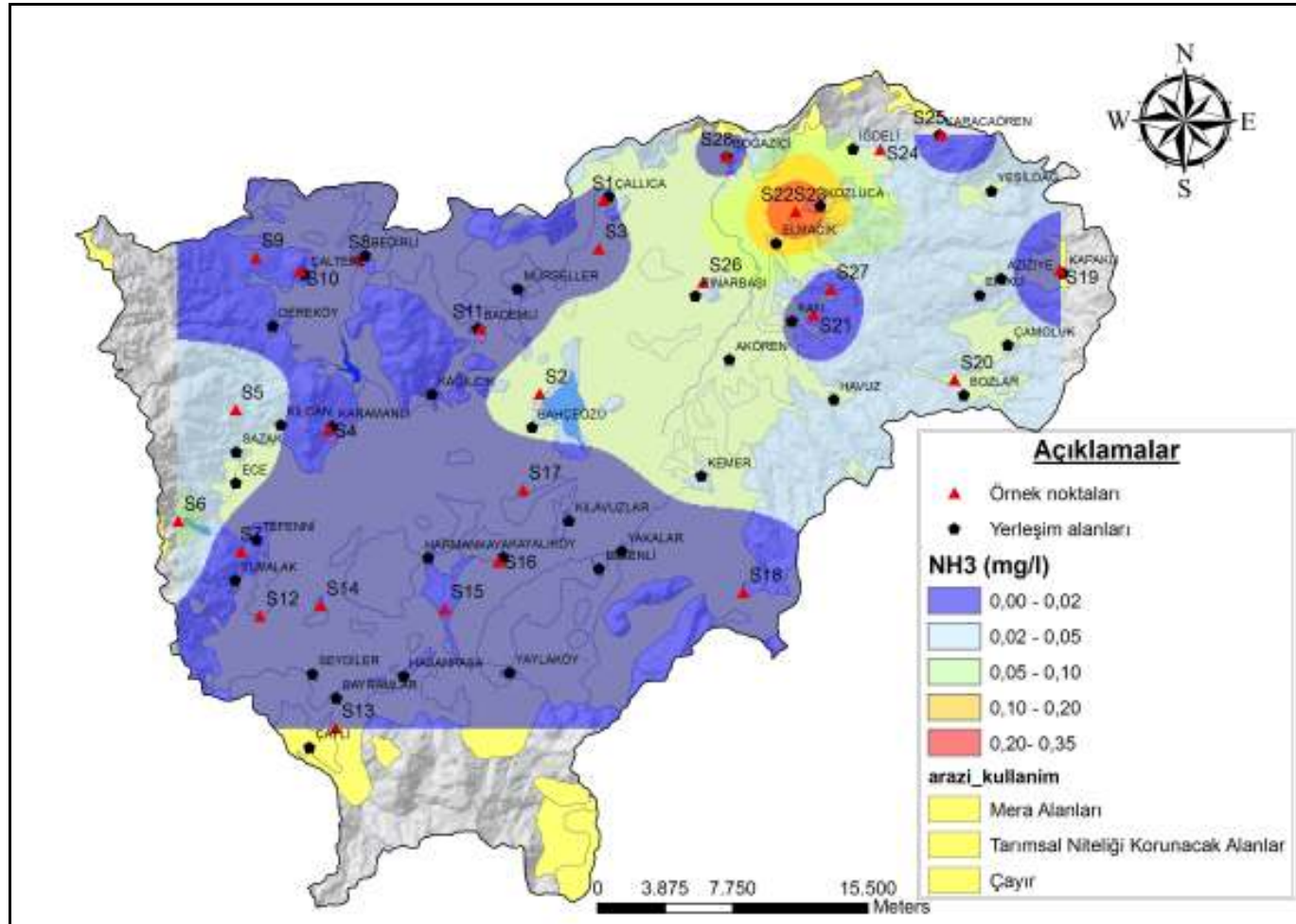
4.6.8.2. Pestisitler

Pestisitlerin su kaynaklarının kirlenmesinde çok önemli bir rolü bulunmaktadır. Pestisit türlerinden olan ot ilaçları (herbisitler) ve solucan ilaçları (nematisitler) direk toprağa uygulandıkları için yeraltısuyu kaynaklarını kirleten en önemli pestisitler olarak kabul edilmektedir (Ali ve Jain, 1998). Pestisit uygulama işleminde kullanılan pestisit miktarı, zamanlaması ve uygulama yöntemi pestisit kirliliğinin ortaya çıkmasında oldukça önemlidir. Ne kadar çok pestisit kullanılırsa yeraltısularının kirlenme ihtimali de o kadar çok olmaktadır. Yağış miktarı, sulama ve bundan dolayı oluşan yeraltı akımları pestisitlerin hareketlerinde önemli rol oynamaktadır. TS 266'ya göre sudaki pestisit oranı 0,10 $\mu\text{g/l}$ 'yi geçmemelidir. Tarımsal faaliyetlerde kullanılan kimyasal ilaçlar, kimyasal ve doğal gübreler öncelikle toprağı, oradan da süzülerek yeraltısuyunu etkileyebilmekte ve pestisit kirliliğine neden olmaktadır.

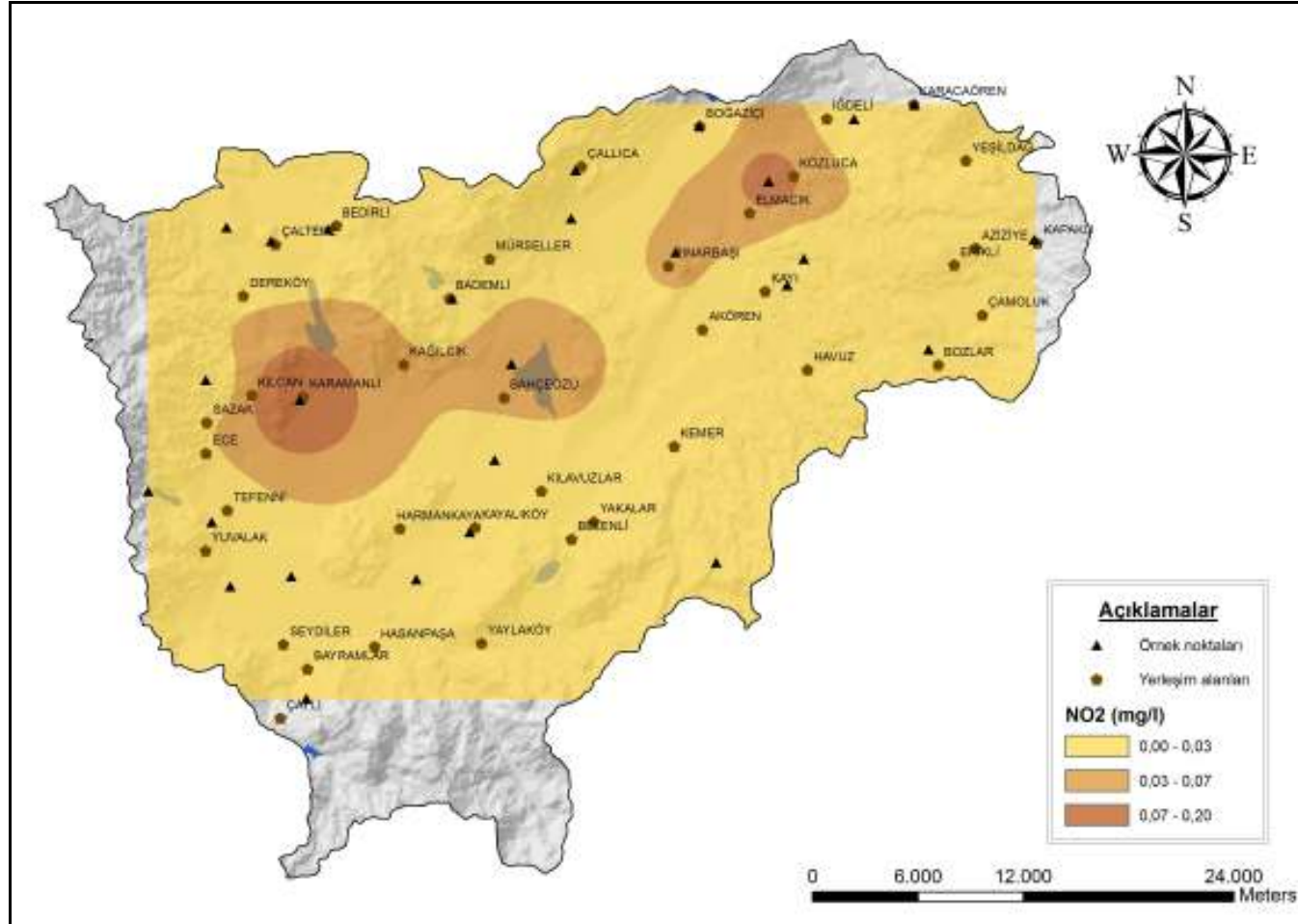
İnceleme alanında pestisit kirliliğinin belirlenmesi amacıyla Mayıs 2010 döneminde 10 adet su  rneğinde Isparta Tarım ve Köy İşleri İl Kontrol Laboratuvarı tarafından pestisit kalıntı analizleri yapılmıştır (izelge 4.50.). Bu analizlerde pestisit kalıntılarına rastlanılmamıştır. Ancak, kullanılan pestisit türlerinin yıllık bazda değişim göstermesi, pestisitlerin yarılanma ömürlerinin değişmesi, ortam koşulları ve pestisit kullanım şekli ile uygun analiz metodlarının seçimi gibi etkenler pestisit varlığının belirlenmesini sınırlandırmaktadır. Bu nedenle, pestisit kirliliğine yönelik araştırmalarda uzun süreli örnekleme ve ölçümlerin yapılması gerekmektedir.



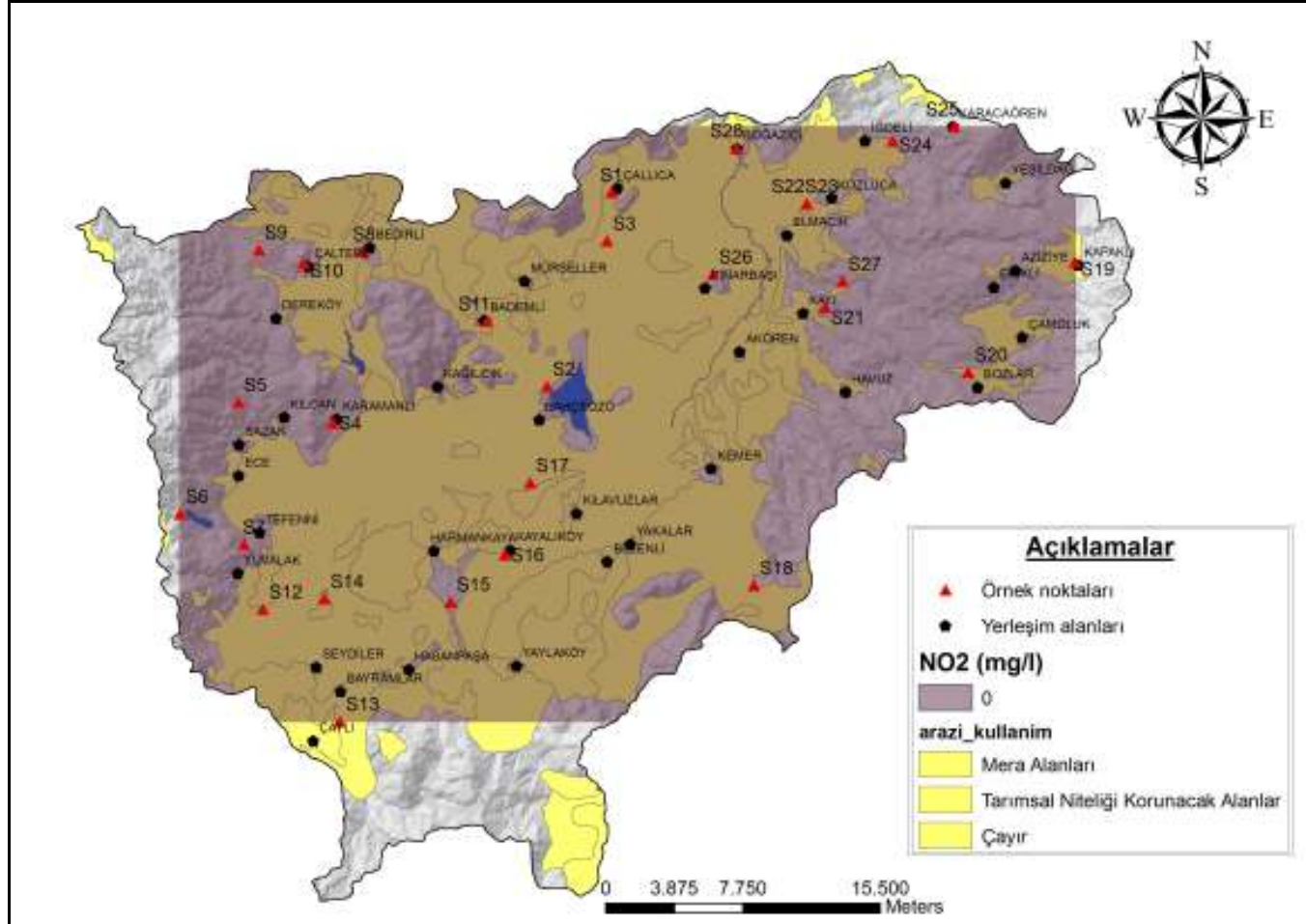
Şekil 4.87. Kurak dönem (Temmuz-2009) amonyak (NH₃) dağılım haritası



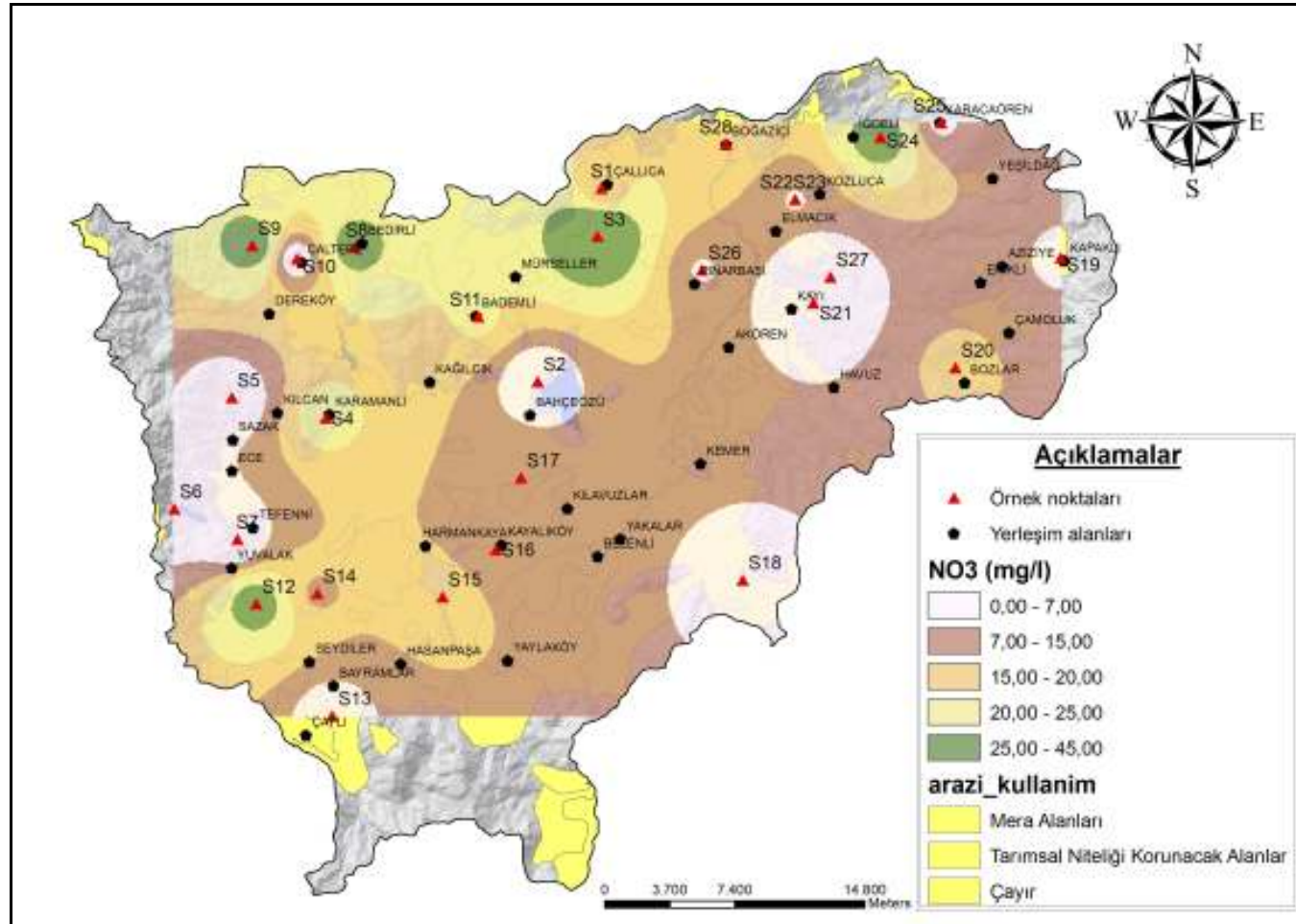
Şekil 4.88. Yağışlı dönem (Mayıs-2010) amonyak (NH₃) dağılım haritası



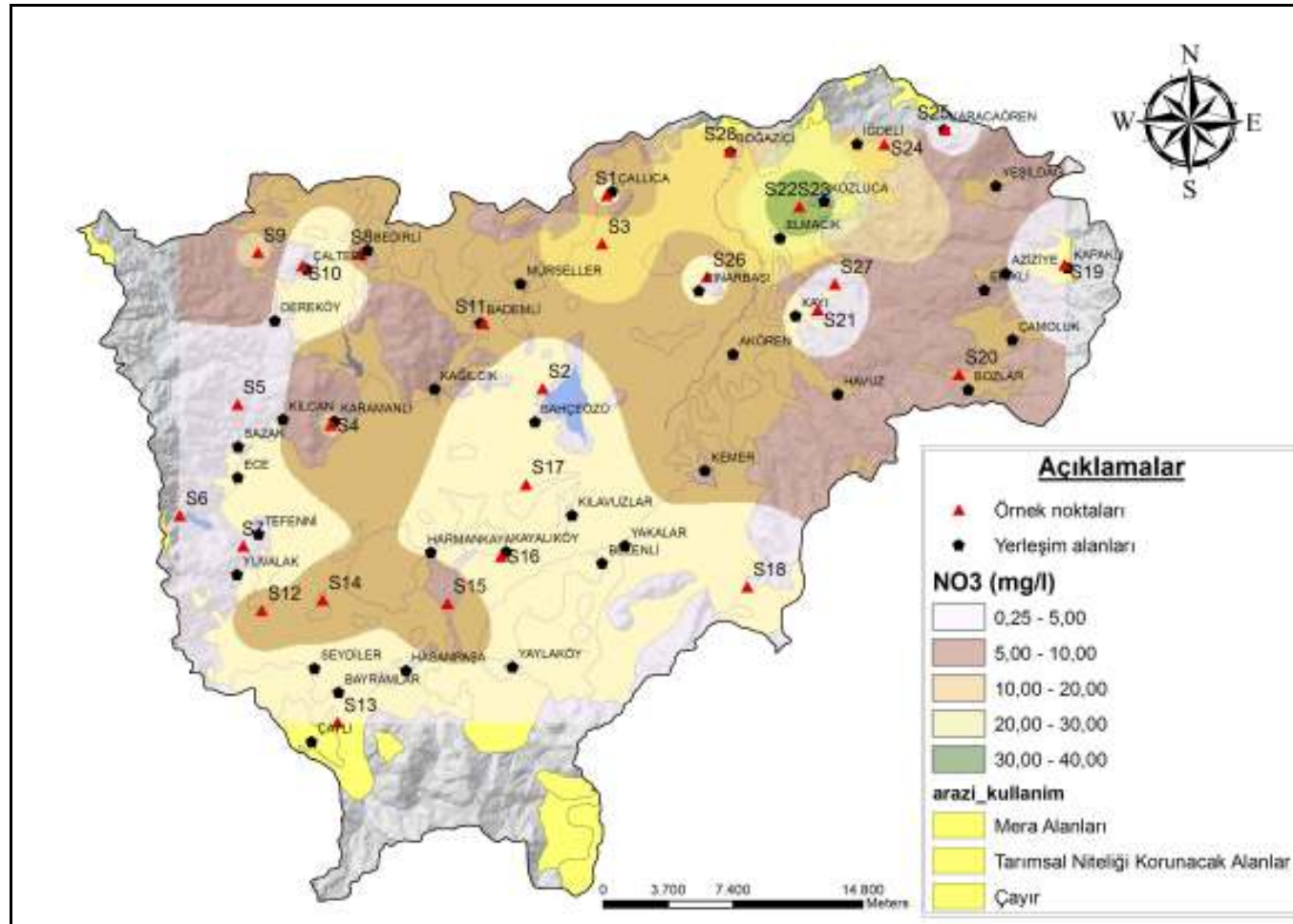
Şekil 4.89. Kurak dönem (Temmuz-2009) nitrit (NO₂) dağılım haritası



Şekil 4.90. Yağışlı dönem (Mayıs-2010) nitrit (NO₂) dağılım haritası



Şekil 4.91. Kurak dönem (Temmuz-2009) nitrat (NO₃) dağılım haritası



Şekil 4.92. Yağışlı dönem (Mayıs-2010) nitrat (NO₃) dağılım haritası

Çizelge 4.50. Mayıs 2010 pestisit kalıntı analizleri

Örnek Yeri	Örnek No	Pestisit miktarı (µg/l)
Çallıca kaynak	S1	TEDB*
Bedirli kaynak	S8	TEDB*
Bedirli sondaj	S9	TEDB*
Yuvalak sondaj	S12	TEDB*
Hüyük sondaj	S14	TEDB*
Harmankaya (Manca)	S15	TEDB*
Kılavuzlar sondaj	S17	TEDB*
Kozluca 1 sondaj	S22	TEDB*
Kozluca sondaj	S23	TEDB*

TEDB: Tespit edilebilir değerde bulunamamıştır.

4.6.8.3. Ağır metaller

Doğal sularda major iyonlar dışında ikincil ve üçüncül olarak gelişen iyonlar da söz konusudur. Bu iyonların su içerisindeki varlığı suyun hangi tür kayaçlarla etkileşim içerisinde olduğunu bildirmesi yanı sıra su içerisindeki miktarı, suyun kalitesini de etkilemektedir. Bu nedenle, inceleme alanındaki sularda birincil (major) iyon analizleri ile birlikte ikincil ve üçüncül iyonların analizleri de yapılmıştır. Bu analizlerde sularda bulunabilecek alüminyum (Al), bakır (Cu), baryum (Ba), bor (B), çinko (Zn), demir (Fe), krom (Cr), kurşun (Pb), mangan (Mn), nikel (Ni) iyonlarının kurak ve yağışlı dönemlerde analizleri Acme (Kanada) Laboratuvarında yaptırılmıştır (Çizelge 4.51.). Değerlendirmede Türk İçme Suyu (TSE 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) standartları dikkate alınmıştır (Bkz. Çizelge 4.33.). Ayrıca, suyun içilebilir özelliklerini denetleyen bu ağır metaller ayrı ayrı ele alınmış ve her biri dağılım haritaları üzerinde sunulmuştur.

Çizelge 4.51. Kurak ve yağışlı dönemlerde ağır metal analizleri (mg/l)

Örnek No	Al	B	Ba	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
S1K	0.13	0.20	0.01	0	0	0.02	0	0	0.01	0.05
S1Y	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0
S2K	0.58	0.06	0.04	0	0	0.95	0.01	0.01	0	0.09
S2Y	0.69	0.07	0.03	0	0	0.66	0.04	0	0	0.01
S3K	0.04	0.07	0.03	0	0.02	1.02	0.02	0	0	0.04
S3Y	0.03	0.06	0.02	0	0	0.58	0	0	0	0.01
S4K	0.02	0.03	0.02	0	0	0	0	0	0	0.13
S4Y	0.01	0.02	0.02	0	0	0	0	0	0	0.02
S5K	0.03	0.01	0	0	0	0.05	0	0	0	0.01
S5Y	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0.01

Çizelge 4.51. (devam)

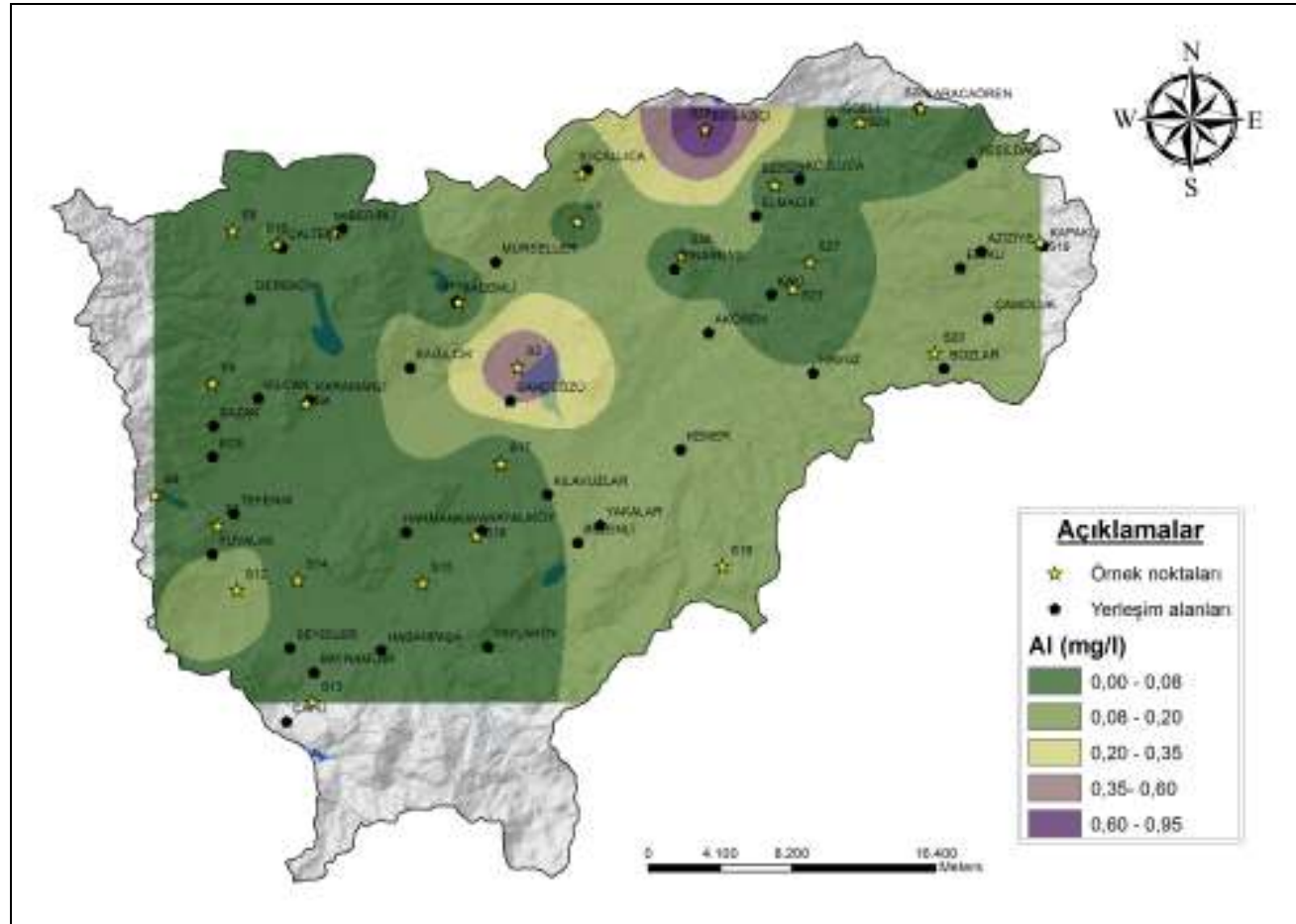
Örnek No	Al	B	Ba	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
S6K	0.04	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0.01
S6Y	0.04	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0.01
S7K	0.06	0.18	0	0	0	0.05	0	0	0	0.01
S7Y	0	0	0	0	0.01	0.01	0	0	0	0.01
S8K	0.01	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0	0.07
S8Y	0.02	0.03	0	0	0	0.01	0	0	0	0.01
S9K	0.03	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0.15
S9Y	0.03	0.04	0	0	0	0.04	0	0	0	0.01
S10K	0.01	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0.12
S10Y	0.02	0	0	0	0.01	0.03	0	0	0	0.02
S11K	0.02	0.02	0	0	0	0.01	0	0	0	0.12
S11Y	0	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0
S12K	0.14	0.02	0.11	0	0.03	0.11	0	0	0	0.02
S12Y	0	0.04	0.02	0	0.02	0	0	0	0	0
S13K	0.02	0	0.01	0	0	0.08	0	0	0	0.02
S13Y	0.07	0	0.01	0	0	0.06	0	0	0	0
S14K	0.02	0.03	0.07	0	0.03	0.04	0	0	0	0.01
S14Y	0.02	0.04	0.06	0	0.03	0	0	0	0	0.01
S15K	0.01	0.05	0.13	0	0.01	0.03	0	0	0	0.01
S15Y	0.01	0.06	0.14	0	0.01	0.21	0	0	0	0.01
S16K	0.02	0.01	0.01	0	0	0	0	0	0	0.01
S16Y	0	0.03	0.02	0	0	0	0	0	0	0
S17K	0.01	0.02	0	0	0.03	0.10	0	0	0	0.01
S17Y	0	0.03	0.01	0	0.04	0	0	0	0	0
S18K	0.15	0	0.01	0	0	0.07	0.02	0	0.01	4.23
S18Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S19K	0.10	0.01	0.04	0	0	0.11	0.02	0	0	3.78
S19Y	0	0.01	0.04	0	0	0	0	0	0	0
S20K	0.11	0.03	0.07	0	0	0	0.01	0	0	3.72
S20Y	3.54	0.02	0.10	0	0.02	6.19	0.18	0.06	0	0.11
S21K	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S21Y	0.04	0.03	0.07	0	0	0.06	0	0	0	0
S22K	0	1.59	0.18	0.01	0.03	0.95	0.01	0.02	0	0
S22Y	0.3	1.57	0.25	0	0	5.35	0.06	0.01	0	0
S23K	0.08	0.01	0.01	0	0	0	0.01	0	0	2.92
S23Y	0.01	0.22	0.19	0	0	0	0	0	0	0.07
S24K	0.02	0.21	0.06	0	0.01	0.01	0	0	0	0.52
S24Y	0	0.20	0.06	0	0.01	0.01	0	0	0	0.01
S25K	0.03	0.01	0.02	0	0	0.01	0	0	0	0.43
S25Y	0.01	0.02	0.02	0	0	0.05	0	0	0	0
S26K	0.02	0.06	0.02	0	0	0	0	0	0	0.07
S26Y	0.04	0.06	0.02	0.01	0	0.05	0	0	0	0.01
S27K	0.06	0.04	0.12	0	0	0.13	0.01	0	0	1.57
S27Y	0.03	0.02	0.06	0	0	0.05	0	0	0	0
S28K	0.92	0.20	0.17	0	0.01	1.35	0.06	0.02	0	0.12
S28Y	2.36	0.18	0.13	0	0.01	2.69	0.29	0.05	0	0.15

Alüminyum (Al): Alüminyum, yer kabuğunda önemli miktarda bulunmasına karşın (% 8.6), çözünürlüğünün az olması nedeniyle, yeraltı sularında önemsiz miktarlarda bulunmaktadır. PH'ı 5 ile 9 arasında olan sularda alüminyum, 1 mg/l'den azdır. Genellikle yeraltı sularında 0.005–0.3 mg/l arasında alüminyum izlenmektedir. Asidik sularda bu değer 100 mg/l'ye kadar çıkabilmektedir. Alüminyumun suda

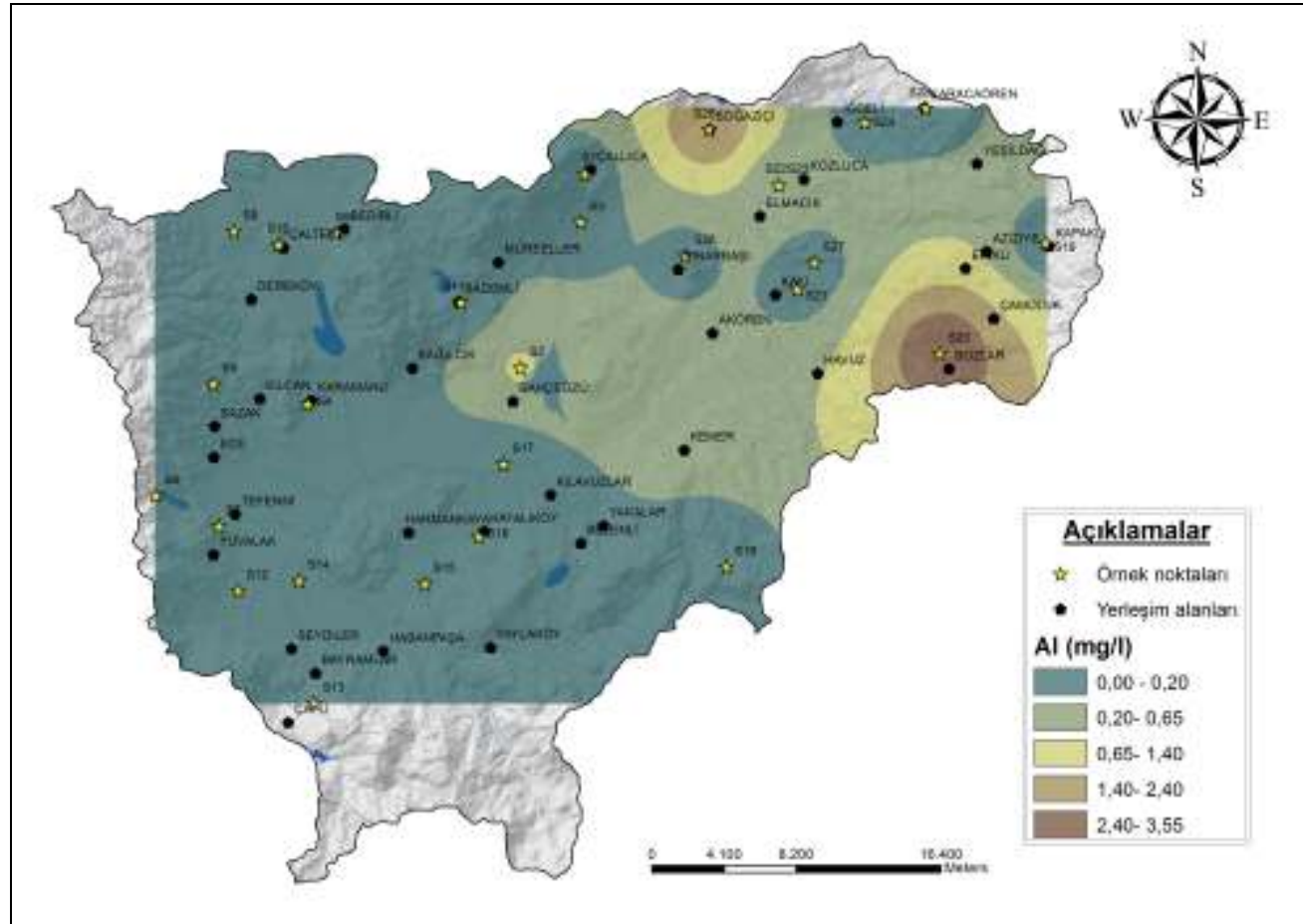
bulunuşu ile ilgili bilgiler, özellikle suyun kökenine ve maden yatakları hakkında bilgi vermesi açısından önem taşımaktadır (Şahinci, 1991).

İçme suyu standartlarında (TSE-266, 2005) sulara Al için sınır değeri en çok 0.2 mg/l olarak belirlenmiştir. İnceleme alanındaki su kaynaklarında Al değeri kurak dönemde 0- 0.92 mg/l (ppm) arasında, yağışlı dönemde ise 0-3.54 mg/l arasında değişmektedir. Kurak dönemde S2 (Karataş Gölü) ve S28 (Boğaziçi sondaj kuyusu) no'lu örneklerde, yağışlı dönemde ise S2 (Karataş Gölü), S20 (Bozlar sondaj kuyusu), S22 (Kozluca1 sondaj kuyusu) ve S28 (Boğaziçi sondaj kuyusu) no'lu örneklerde Al içeriğinin sınır değeri aştığı görülmektedir. İnceleme alanındaki yeraltısularında Al iyonunun varlığı kayaç-su etkileşimi ilişkilendirilmektedir. Al iyonu konsantrasyonlarının yüksek olduğu örnekler, daha çok suların pH değerinin 7' den küçük asidik sular olduğu ve yoğun kil içeriğine sahip birimlerle ilişkili olduğu lokasyonlarda gözlenmektedir (Şekil 4.93., 4.94.).

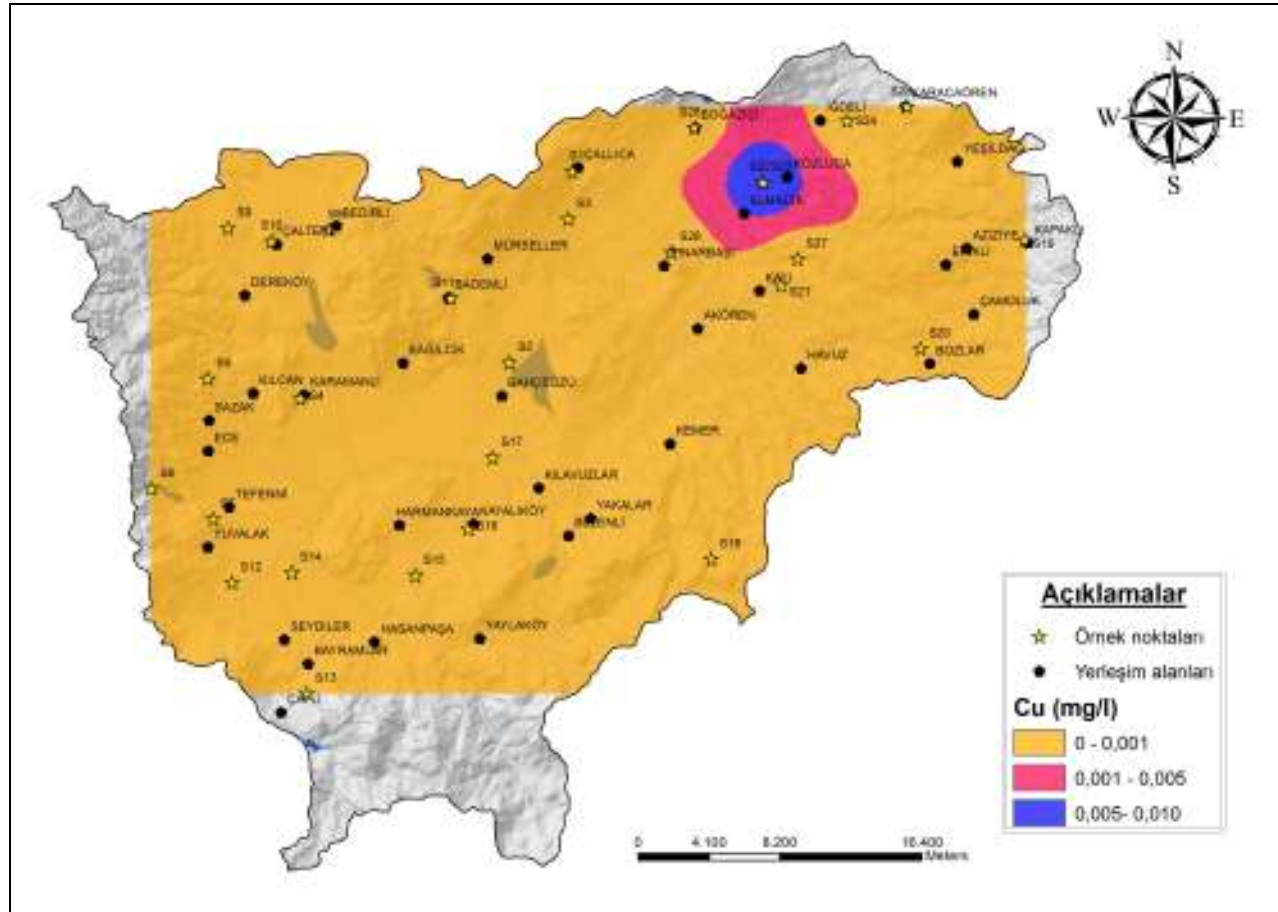
Bakır (Cu): Bakır yerkabuğundaki kayalarda doğal bakır veya bakır içeren sülfür (kalkopirit, kalkosit) ve karbonat mineralleri şeklinde (malahit, azurit) bulunmaktadır (Goldschmidt, 1958). Bununla birlikte, bakır minerallerinin çözünürlükleri düşük olduğundan sulardaki bakırın çok az bir kısmı doğal kökenlidir (Hem, 1985). Doğal sulara bakır genellikle eser miktarlarda (0.05 mg/l'ye kadar) bulunur (McNeely vd., 1979). Bakırın sınır değeri TSE-266 (2005)'da 2 mg/l, WHO (2006)'da ise 1 mg/l olarak belirlenmiştir. İnceleme alanında kurak ve yağışlı dönemlerde bakır konsantrasyonu 0-0.01 mg/l olarak belirlenmiş ve bu değerlerle içme suyu standartlarına göre sınır değerleri aşmadığı görülmüştür (Şekil 4.95., 4.96.).



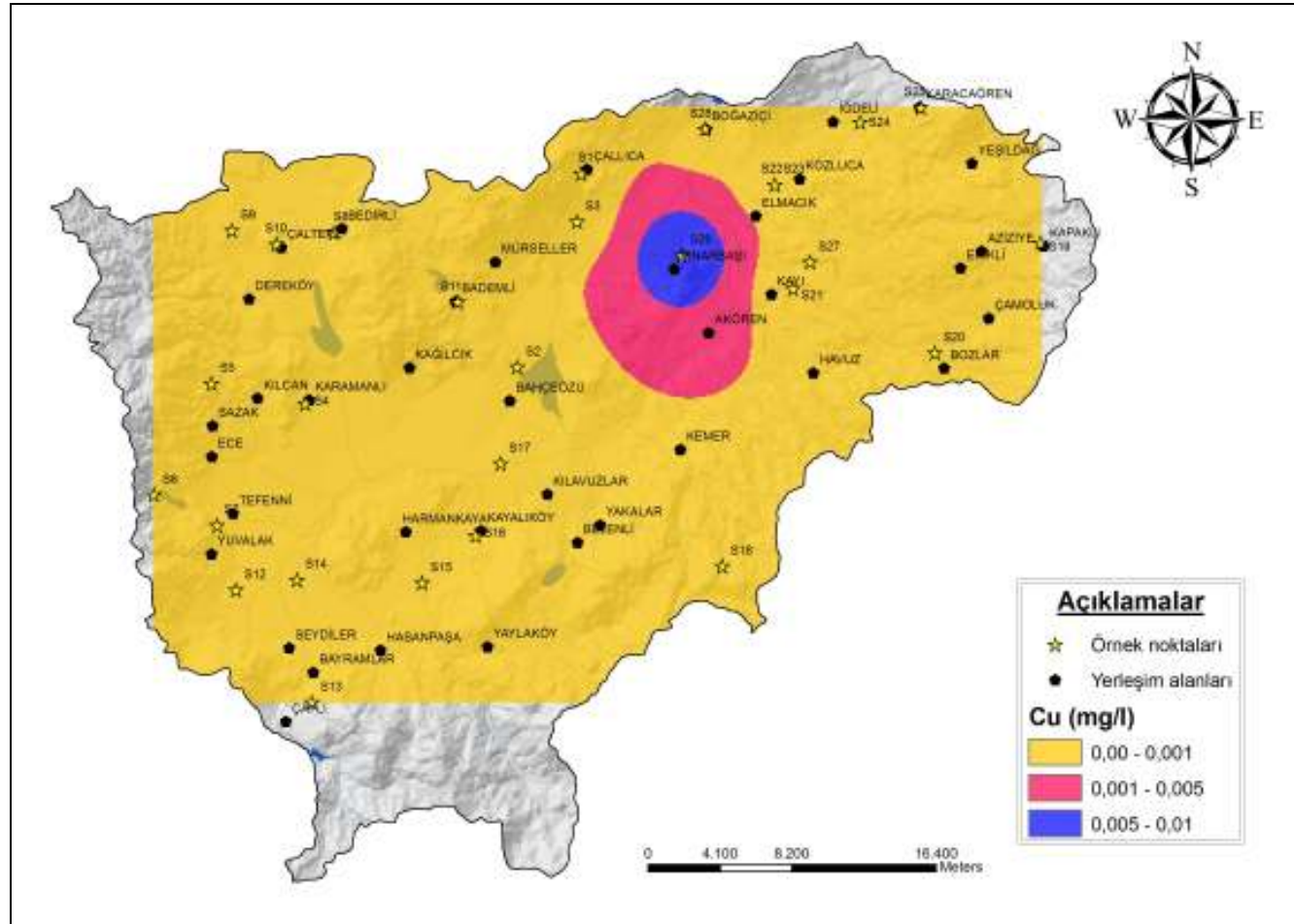
Şekil 4.93. Kurak dönem (Temmuz-2009) Al konsantrasyonu dağılım haritası



Şekil 4.94. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) Al konsantrasyonu dağılım haritası



Şekil 4.95. Kurak dönem (Temmuz-2009) Cu konsantrasyonu dağılım haritası

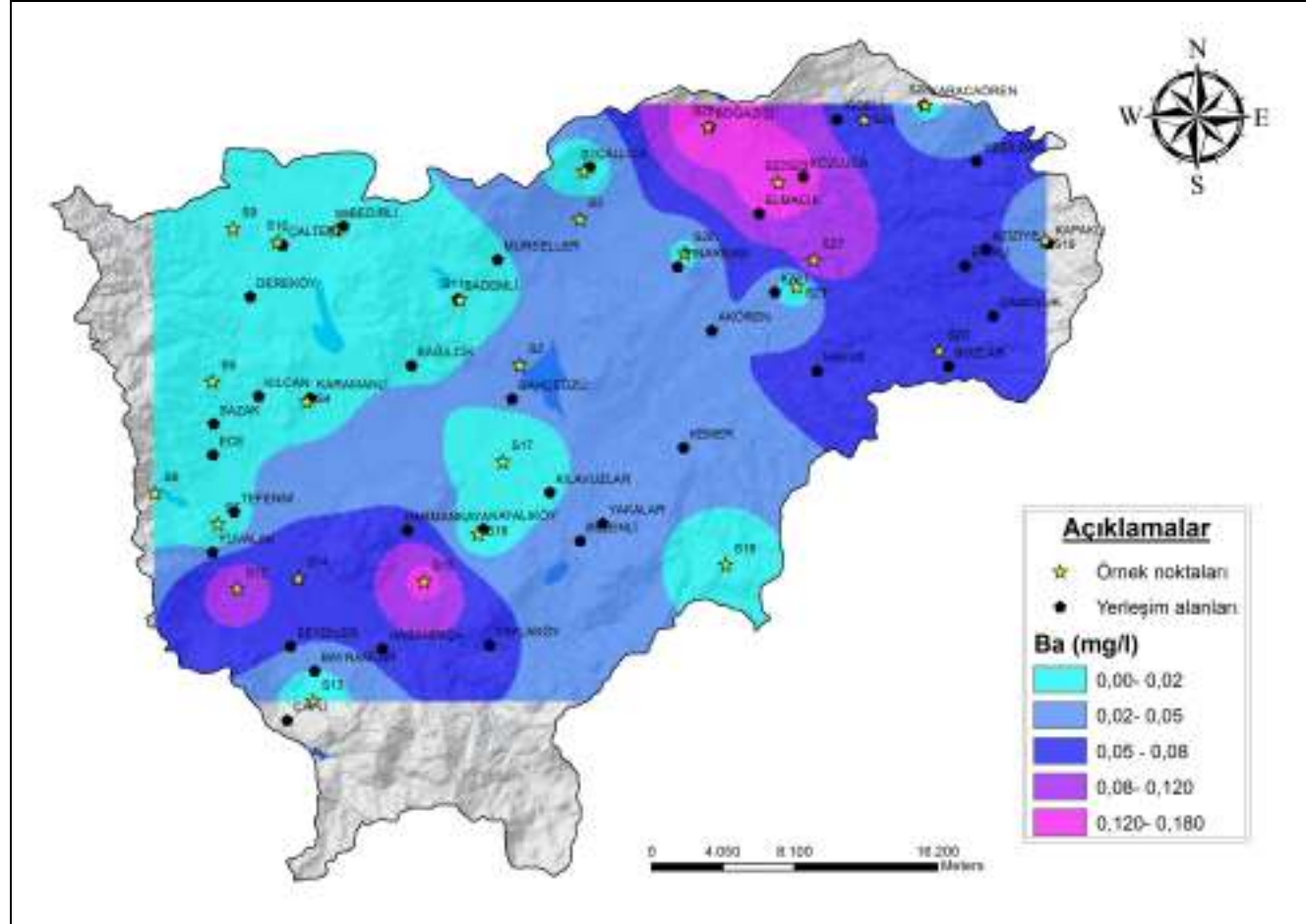


Şekil 4.96. Yağışlı dönem (Mayıs-2010) Cu konsantrasyonu dağılım haritası

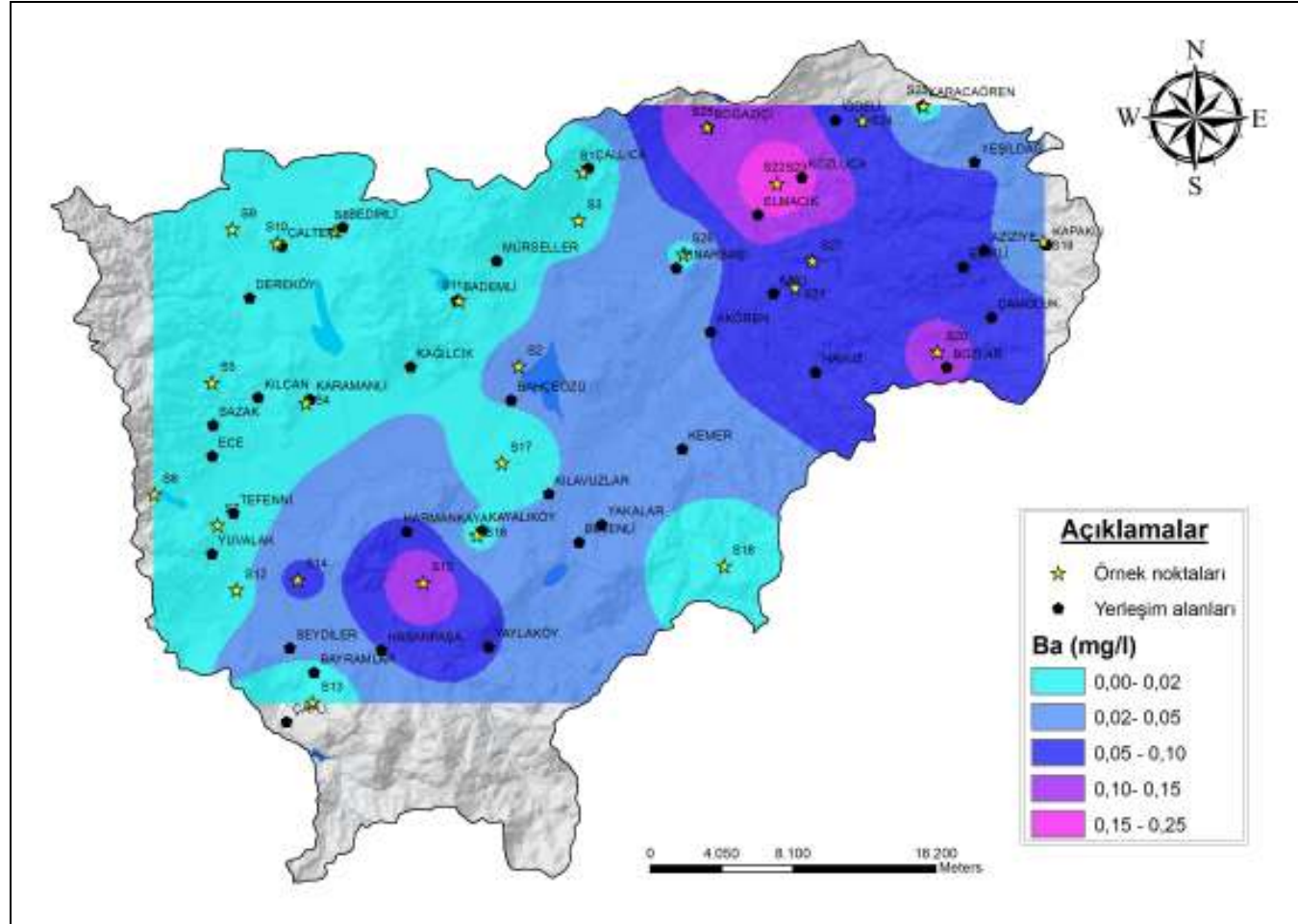
Baryum (Ba): Doğada pek fazla bulunmayan baryum, asidik magma kayalarına özgü bir elementtir. Ultrabazik kayalarda ender olarak bulunan baryumun metamorfik kayalarda bulunma miktarı ise çok değişkendir (Şahinci, 1991). Dünya sağlık örgütü tarafından Ba için içme suyu sınır değeri 1 mg/l olarak belirlenmiştir. İnceleme alanındaki sularda yapılan analizlerde Ba konsantrasyonu 0.01 ile 0.25 mg/l arasında değişmektedir. Bu değerler içme suyu için belirlenen sınır değeri aşmamaktadır (Şekil 4.97., 4.98.).

Bor (B): Yer kürede az rastlanan (10 mg/l) elementlerden biri olan bor, periyodik tabloda üçüncü grubun en hafif elementidir. Mineral ve kayalardaki bor miktarı oldukça değişkendir. Magmatik ve metamorfik kayalarda bor iz element veya bor silikatları şeklindedir. Kireçtaşlarındaki bor miktarı ise içerdikleri kil miktarı ile orantılıdır. Dolomitlerde bor kireçtaşlarına oranla daha fazladır. Tortullardaki bor miktarı, çökelme ortamının tuzluluğu hakkında bilgi vermektedir. Bor, sularda borik asit (H_3BO_3) şeklinde bulunmaktadır. Sıcaklığın yükselmesi ile boratların çözünürlükleri artar. Borik asit sıcak sularda çok, soğuk sularda az çözünmektedir (Şahinci, 1991). Sulama sularını en çok kirleten elementlerin başında bor gelmektedir. Bor, yeraltısuyunda doğal olarak bulunurken, yüzey sularında endüstriyel kirletici olarak veya tarımsal yüzeysel akışların ve çürüyen bitki materyallerinin bir ürünü olarak bulunabilmektedir (Uygan ve Çetin, 2004).

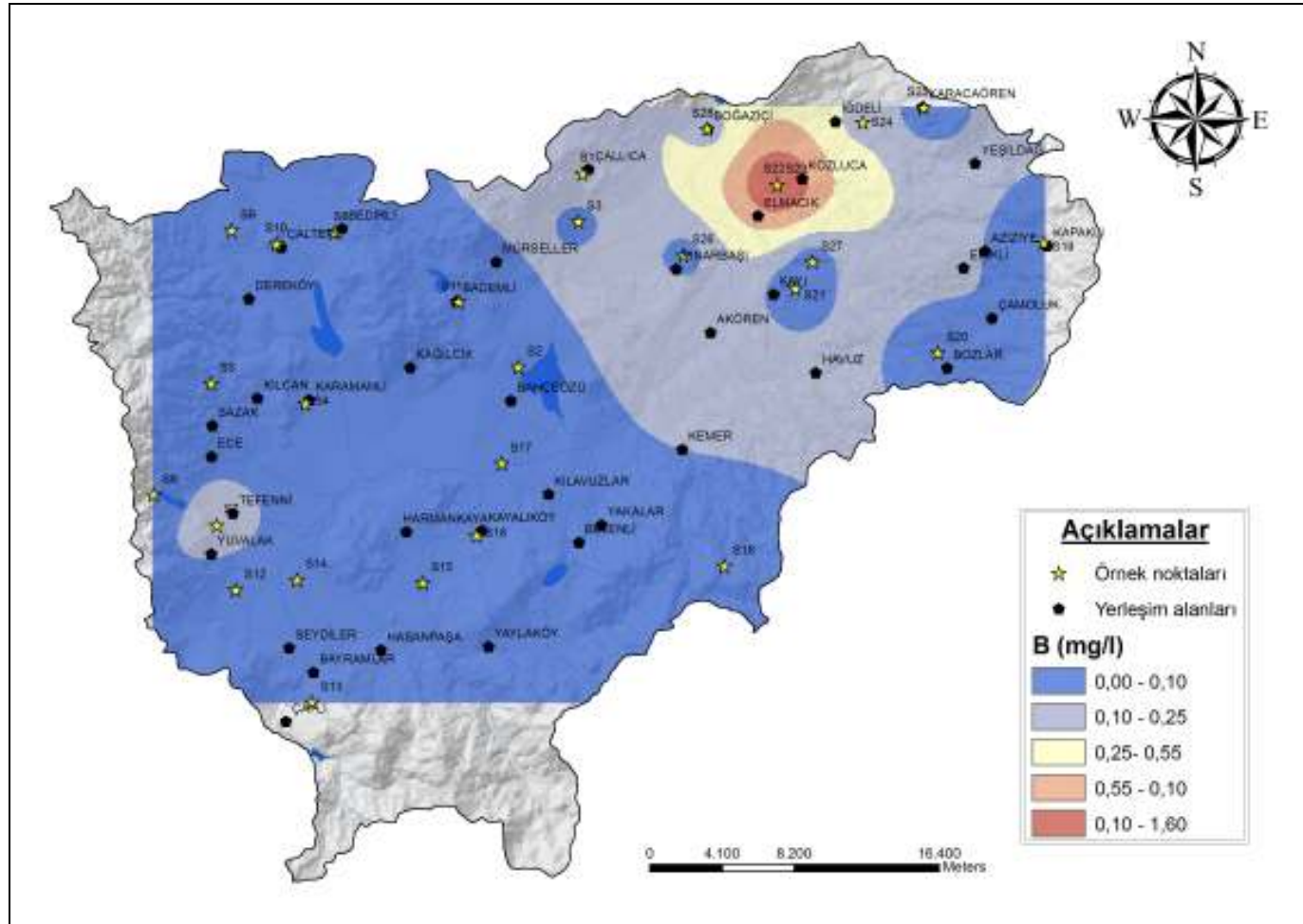
İçme suyu standartlarında bor için belirlenen eşik değeri 0.001 mg/l (TSE-266, 2005; WHO, 2006). İnceleme alanındaki sularda Bor konsantrasyonları kurak dönemde 0-1.59 mg/l, yağışlı dönemde ise 0-1.57 mg/l arasında değişmektedir. Bölgede en yüksek bor konsantrasyonu kurak ve yağışlı dönemlerde Kozluca 1 sondaj kuyusunda görülmektedir (Şekil 4.99., 4.100.).



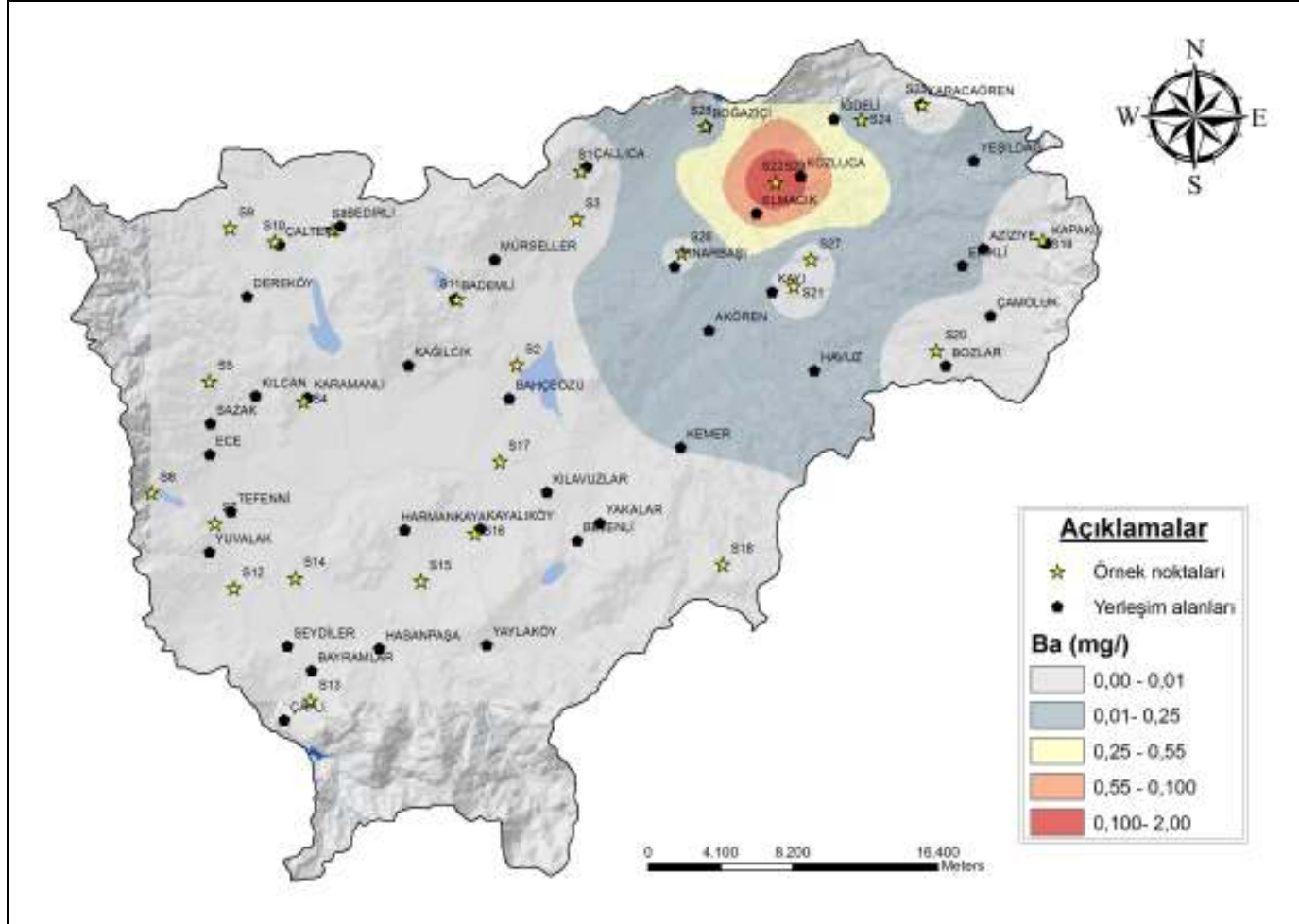
Şekil 4.97. Kurak dönem (Temmuz-2009) Ba konsantrasyonu dağılım haritası



Şekil 4.98. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) Ba konsantrasyonu dağılım haritası



Şekil 4.99. Kurak dönem (Temmuz- 2009) B konsantrasyonu dağılım haritası

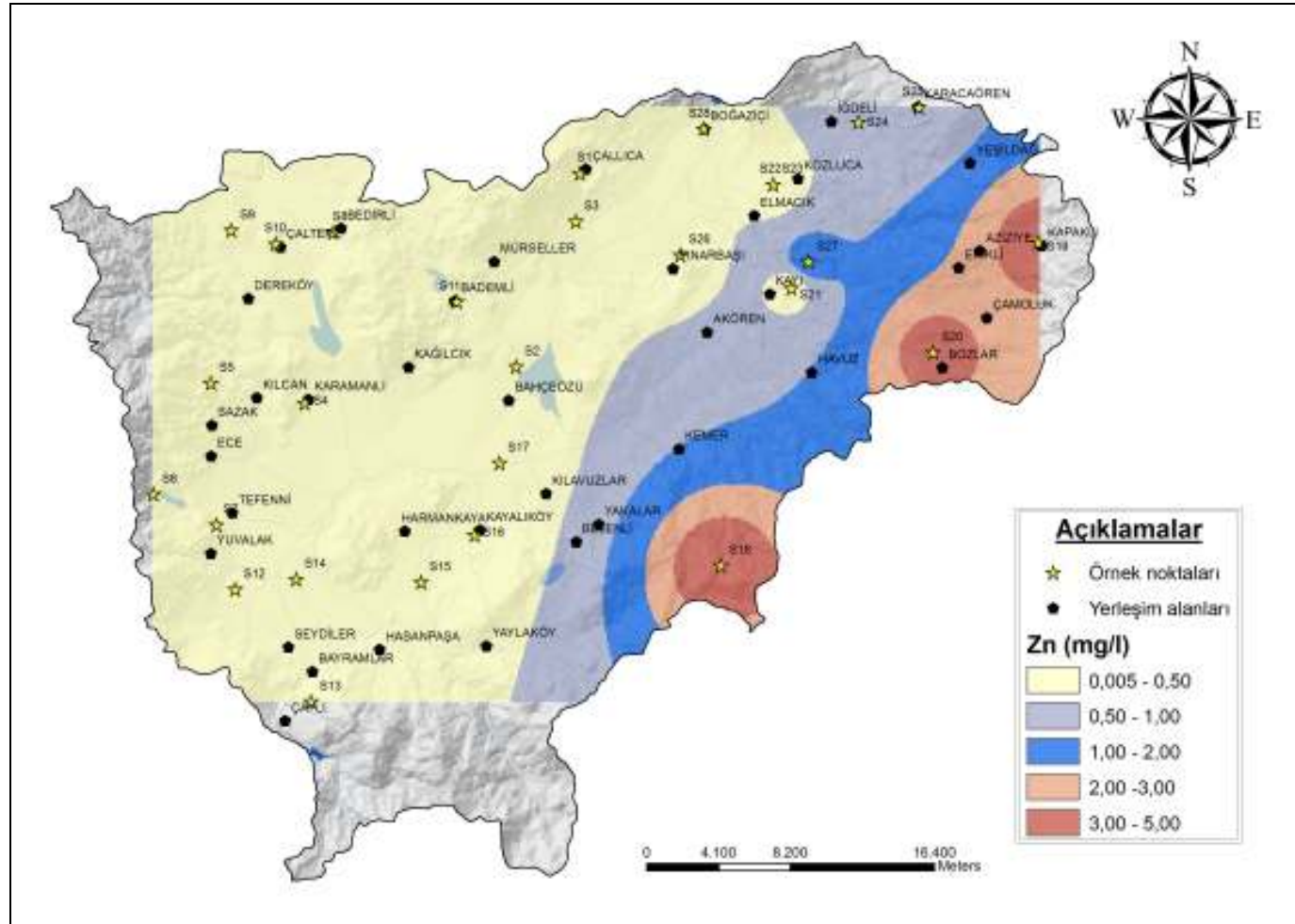


Şekil 4.100. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) B konsantrasyonu dağılım haritası

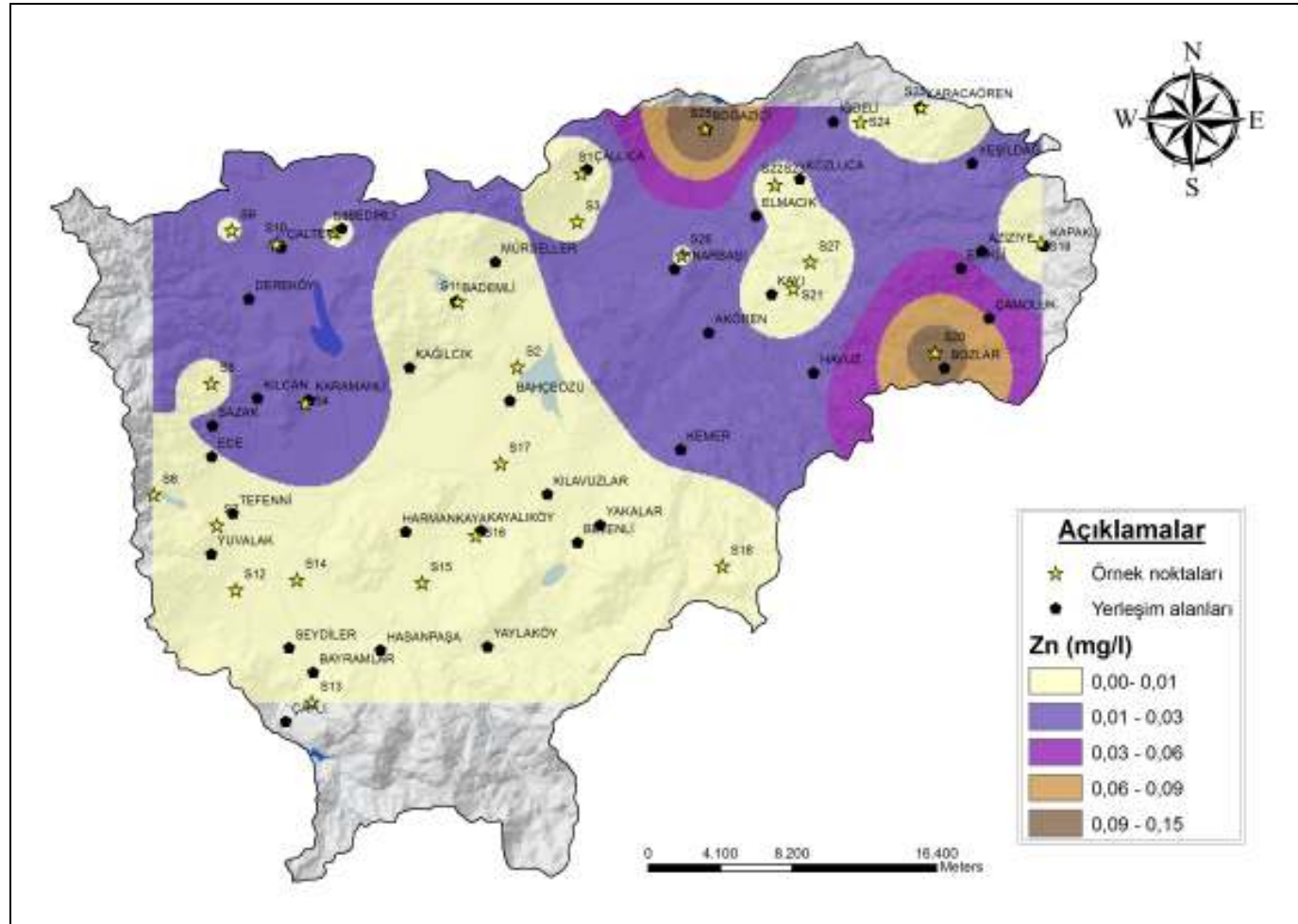
Çinko (Zn): Mağmatik kayalarda ortalama olarak 70 mg/l oranında çinko bulunurken, ultrabazik ve bazik kayalarda bu oran (mafik kayalarda: 100 mg/l, ara kayalarda: 60 mg/l) daha da yüksektir. Yüzey sularında soğurmanın etkin olması sebebiyle çözülmüş çinko oranı oldukça azdır. Yüzey sularının çinkoca kirlenmesinin önemli üç sebebi bulunmaktadır. Bunlar; sülfidlerin yıkanması sonucu ortaya çıkan asit maden suları, demir-çelik sanayi ve diğer endüstriyel artıkların sulara karışması ile kömür ve kül tozlarının yüzey sularına karışmasıdır. Kimyasal bozunum özelliği ve suda çözünürlüğü düşüktür. Doğal sularda fazla miktarda çinko çökmesi bakteriler tarafından sülfatların indirgenmesi ile gerçekleşmektedir (Şahinci, 1991). Çinkonun (Zn^{+2}) içme sularında 5 mg/l'nin üzerinde bulunması durumunda suda buruk-acı bir tat ortaya çıkmaktadır (Kartal vd., 2004).

Çinko elementi için Türk içme suyu standardı olan TSE-266 (2005)' a göre sınır değeri belirlenmemiş, ancak dünya sağlık örgütü tarafından (WHO, 2006) 5 mg/l maksimum izin verilebilir konsantrasyon olarak belirlenmiştir. İnceleme alanındaki sular çinko konsantrasyonu bakımından sınır değerlerle karşılaştırıldığında kurak dönemde 0.01- 4.23 mg/l arasında, yağışlı dönemde ise 0- 0.15 mg/l arasında değişmektedir (Şekil 4.101., 4.102.). Bölgede tüm örneklerin çinko içeriği içme suyu standardı sınır değerinin altında konsantrasyon değerine sahiptir.

Demir (Fe): Yerkabuğunda oldukça bol bulunan demirin jeokimyasal özellikleri sıkı bir şekilde oksijen, kükürt ve karbona bağlıdır. Fiziksel ve kimyasal ayrışma, tortullaşma, diyajenez ve redoks tepkimelerinin farklılığı, demirin kayalarda bulunuş miktarını etkiler. Karbonlu kayalardan gelen sularda (kömür, linyit, turba gibi) genellikle asit ve organik maddeler nedeniyle fazla miktarda demir iyonları izlenebilmektedir. Genellikle kireçtaşı ve dolomitlerden gelen suların pH'ı 7'den büyük olduğu için, çok az demir iyonları içerirler. Çünkü, sudaki CO₂ gazı kalsiyum iyonları ile dengelenmiştir (Şahinci, 1991). Demir için içme suyu standartları ile belirlenen sınır değeri TSE-266 (2005) için 0.2 mg/l, WHO (2006) için 0.3 mg/l'dir.



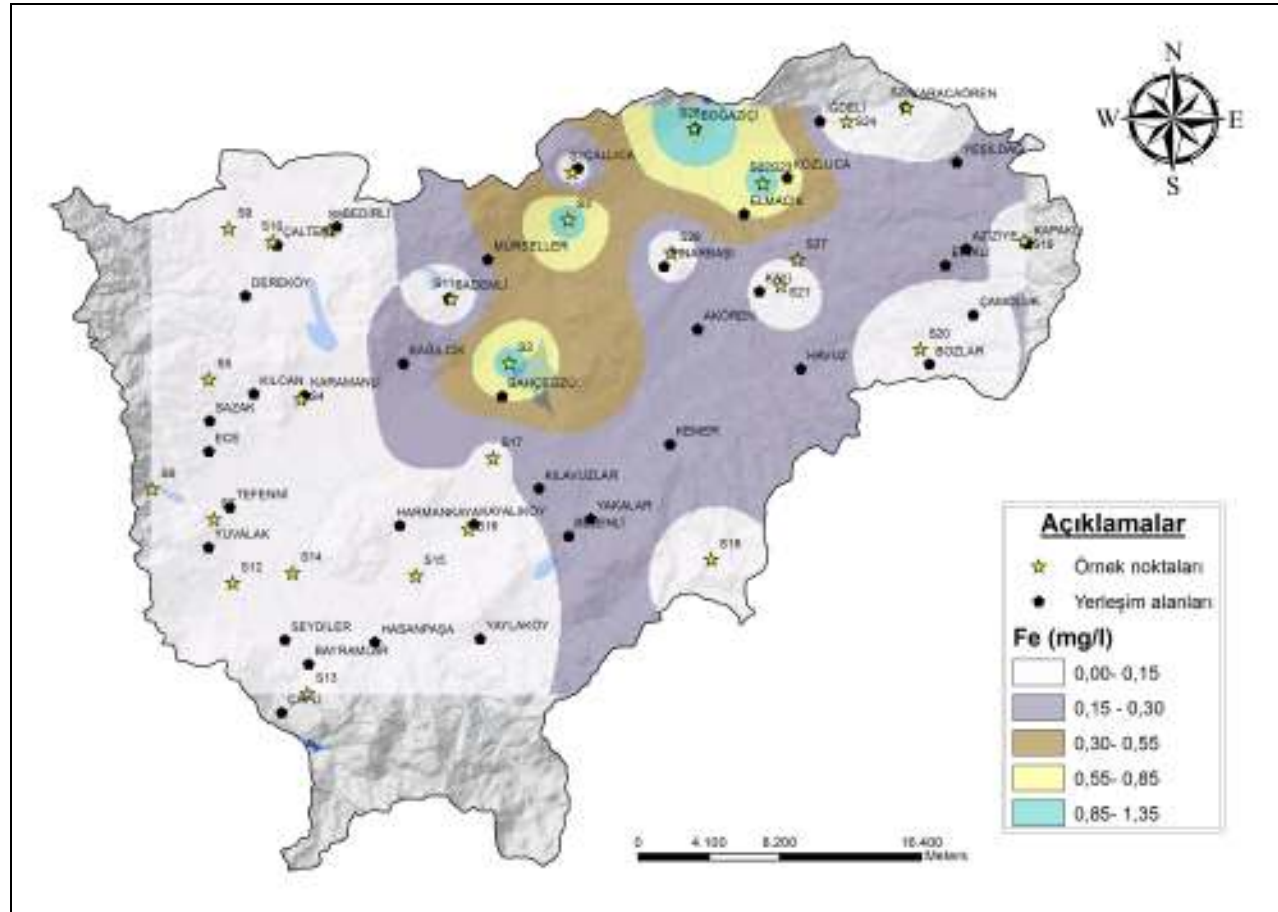
Şekil 4.101. Kurak dönem (Temmuz-2009) Zn konsantrasyonu dağılım haritası



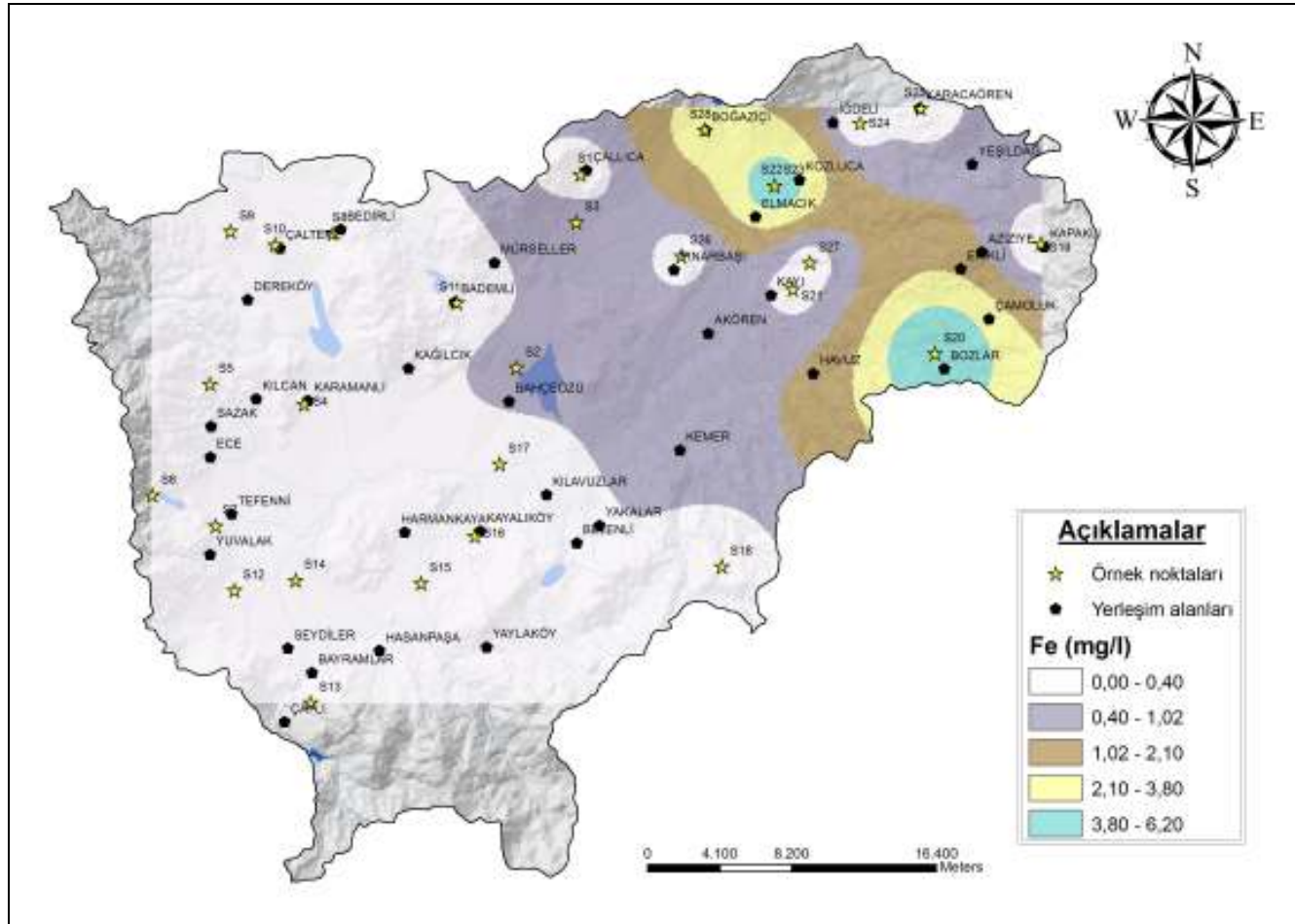
Şekil 4.102. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) Zn konsantrasyonu dağılım haritası

İnceleme alanında yer alan su kaynaklarındaki demir konsantrasyonu kurak dönemde 0- 1.35 mg/l, yağışlı dönemde ise 0-6.19 mg/l arasında değişim göstermektedir (Şekil 4.103., 4.104.). Kurak ve yağışlı dönemlerde demir, Karataş Gölü'nde ve sondaj kuyularından alınan örneklerde (S2, S3, S15, S22, S28) yüksek değerlerde olduğu gözlenmektedir. Sondaj kuyularından alınan bu örnekler içme suyu standartlarıncı belirlenen sınır değeri aşması nedeniyle içme suyu olarak kullanılması tavsiye edilmemektedir.

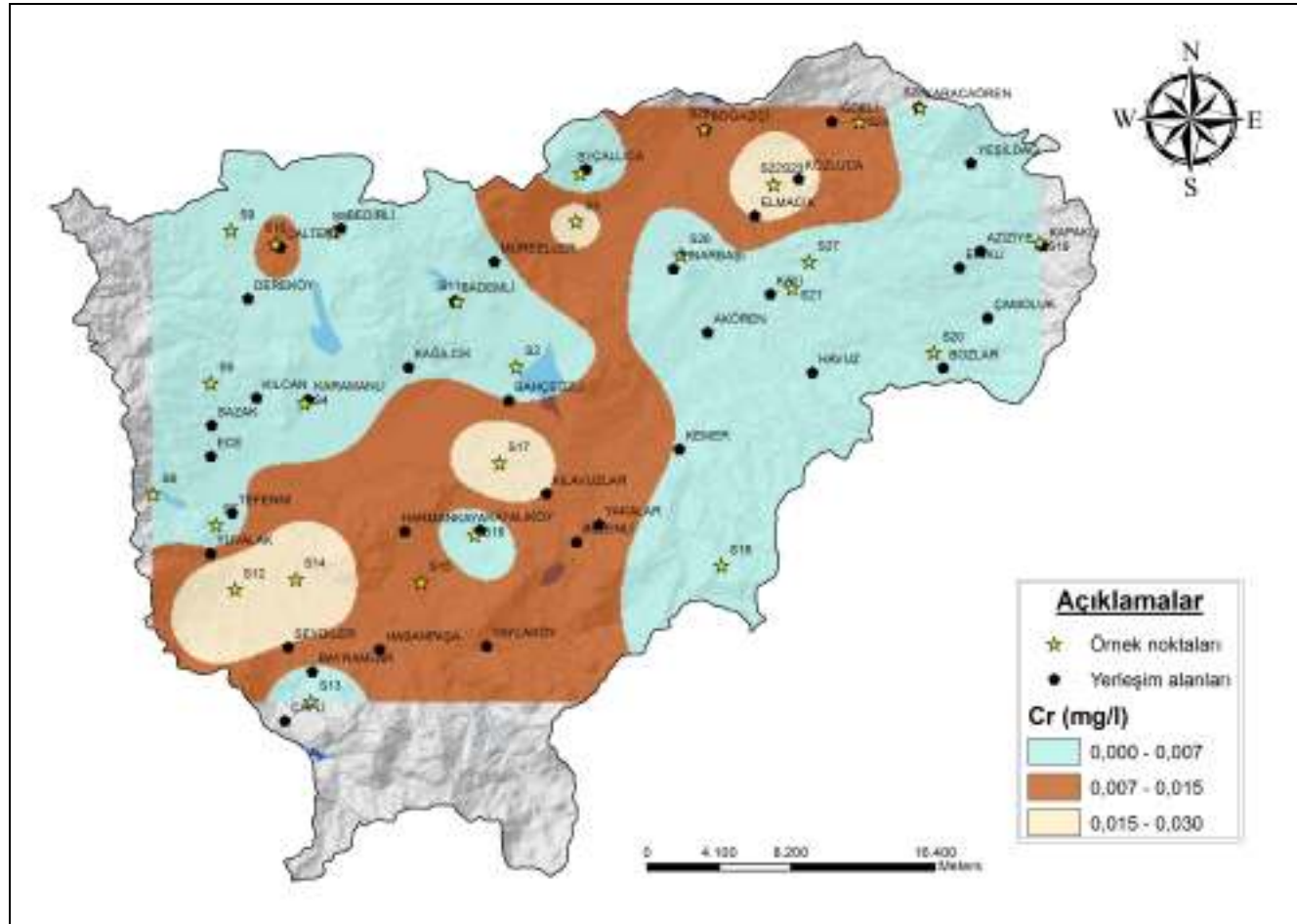
Krom (Cr): Doğada oksidlenmiş ortamlarda daha çok +6 ve +3 değerliklerinde bulunan krom, miktar olarak magmatik kayalarda ortalama 100 mg/l'e kadar bulunabilmektedir. Mafik kayalarda ise bu miktar ortalama 200 mg/l, şeylerde 100 mg/l ve kumtaşlarında 35 mg/l ve kireçtaşlarında ise 10 mg/l civarındadır. Doğal sularda çok az çözünebilen krom, çok oksitleyici ve asidik ortamlarda kromat iyonu şeklinde bulunabilmektedir (Şahinci, 1991). Krom elementi için TSE-266 (2005) ve WHO (2006) tarafından sınır değeri 0.05 mg/l olarak belirlenmiştir. İnceleme alanındaki sular, içme suyu standartlarıncı belirlenen sınır değerlerle karşılaştırıldığında krom analiz sonuçlarının hiçbir örnekte sınır değeri aşmadığı görülmektedir (Şekil 4.105., 4.106.).



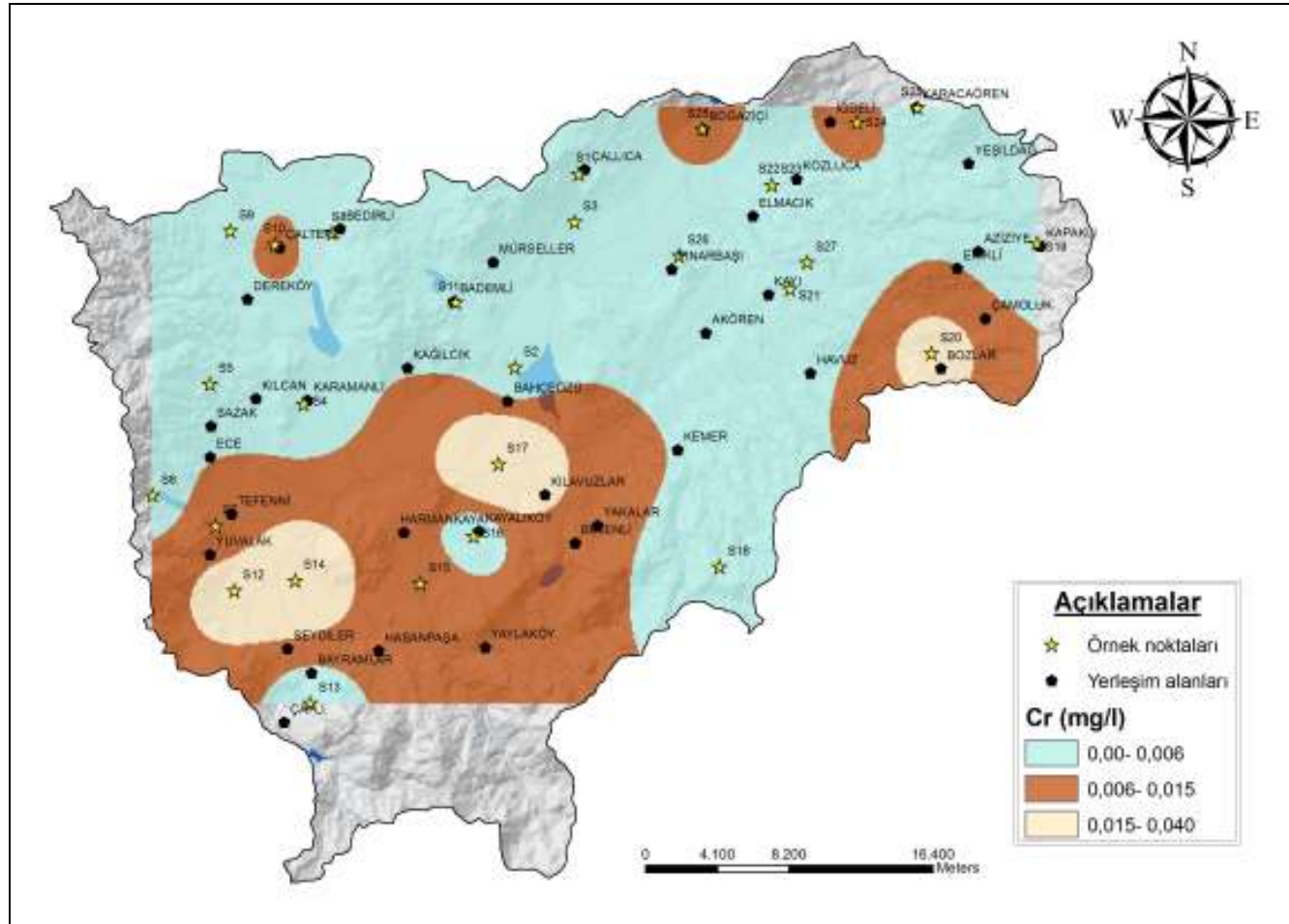
Şekil 4.103. Kurak dönem (Temmuz- 2009) Fe konsantrasyonu dağılım haritası



Şekil 4.104.Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) Fe konsantrasyonu dağılım haritası



Şekil 4.105. Kurak dönem (Temmuz- 2009) Cr konsantrasyonu dağılım haritası



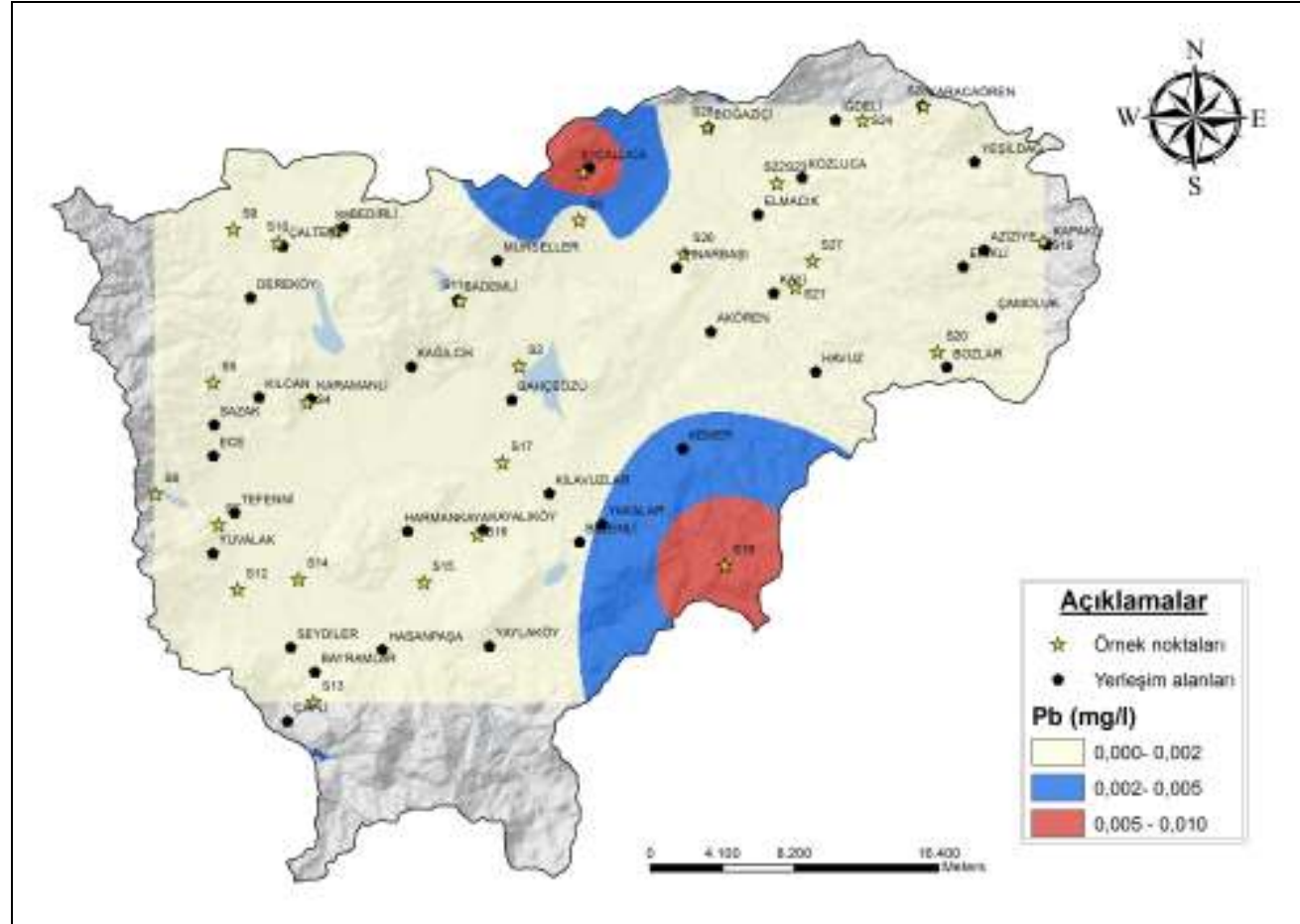
Şekil 4.106. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) Cr konsantrasyonu dağılım haritası

Kurşun (Pb): Kurşunun başlıca minerali galendir (PbS). Kurşun elementinin magmatik ve tortul kayalarda bulunma oranı değişkendir. Antropojenik kökenli kurşun kirliliği özellikle araçların egsoz gazlarından ve fabrika ile konutlarda yakılan kömürlere kaynaklanabilmektedir (Şahinci, 1991). Kurşun hava, su ve toprak aracılığıyla, solunum şeklinde veya besinlere karışmak suretiyle biyolojik sistemlere girmektedir. Diğer taraftan, su borularında kullanılan kurşun içme suyuna karışabilmektedir (Kahvecioğlu vd., 2004).

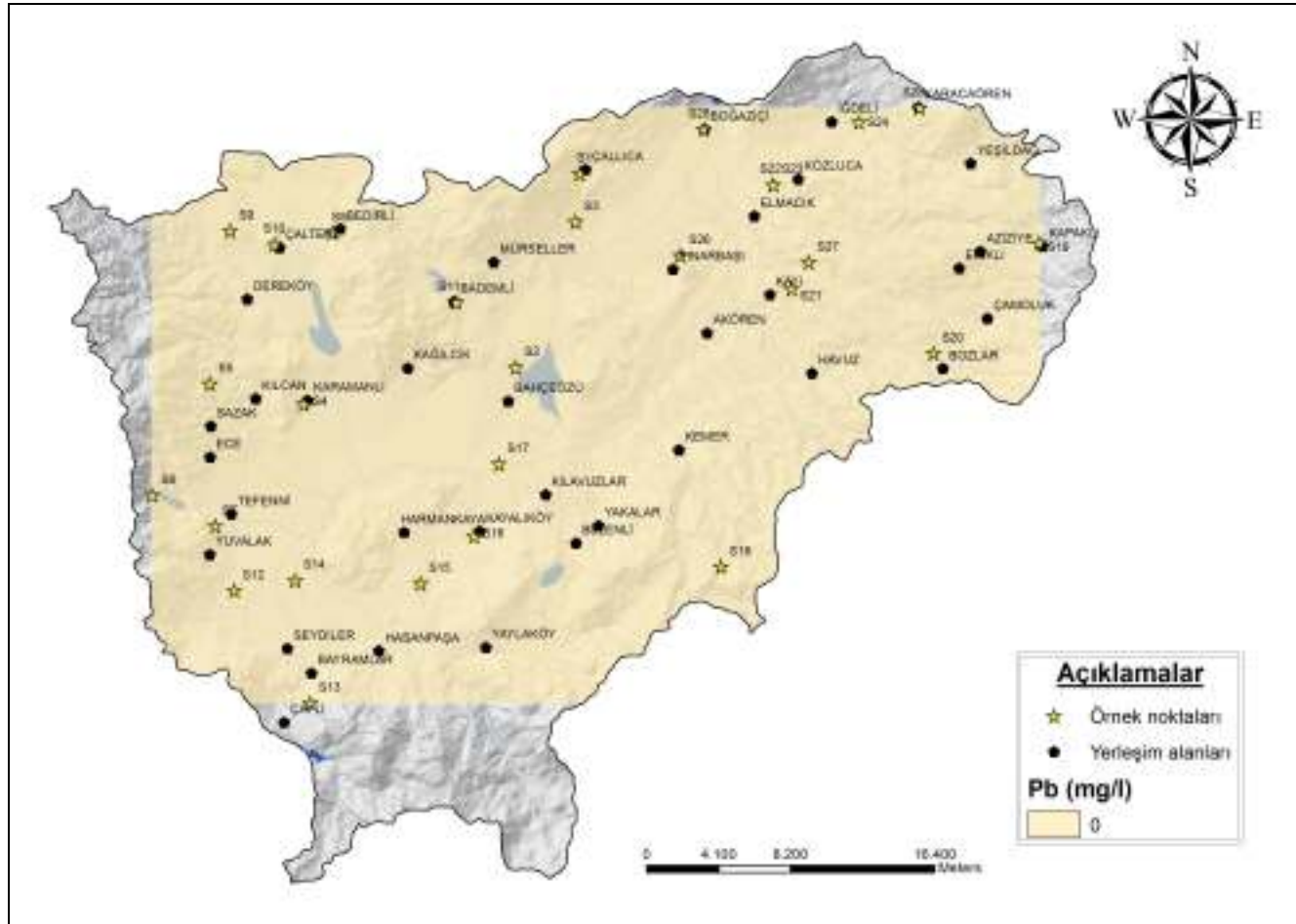
Kurşun için TSE- 266 (2005) içme suyu standardının belirlemiş olduğu sınır değer 0.01 mg/l, WHO (2006) standardının belirlemiş olduğu sınır değer 0.05 mg/l'dir. İnceleme alanı sularında kurşun konsantrasyonunun en fazla 0.01 mg/l değerinde olduğu görülmektedir. Bölgedeki suların hiçbirisinde kurşun sınır değeri aşmamaktadır (Şekil 4.107., 4.108.).

Mangan (Mn): Doğada yaygın olarak bulunan Mn'in sudaki çözünürlüğü Eh-pH etkisinde olup asidik ve hafif alkali sularda +2 değerlikli, alkali sularda ise +4 iyonu şeklinde bulunmaktadır. Manganın oksitlenmesi veya indirgenmesi demire göre daha yavaştır. Sularda karbonat ve sülfat derişimi yüksek ise (1000 mg/l) $MnHCO_3$ veya $MnSO_4$ bileşikleri izlenebilir. Mangan asidik sularda 1 mg/l'den daha fazla oranlarda bulunabilmekte ve uzun süre suda çökmeden kalabilmektedir. Sıcak sularda mangan miktarı çok fazla olabilir. Yeraltısularında ise genellikle 0.2 mg/l'den az miktarda mangan bulunmaktadır. İçme sularında sınır değerlerin üzerinde Mn bulunması durumunda suda çökelti ve kötü tat oluşmaktadır (Şahinci, 1991).

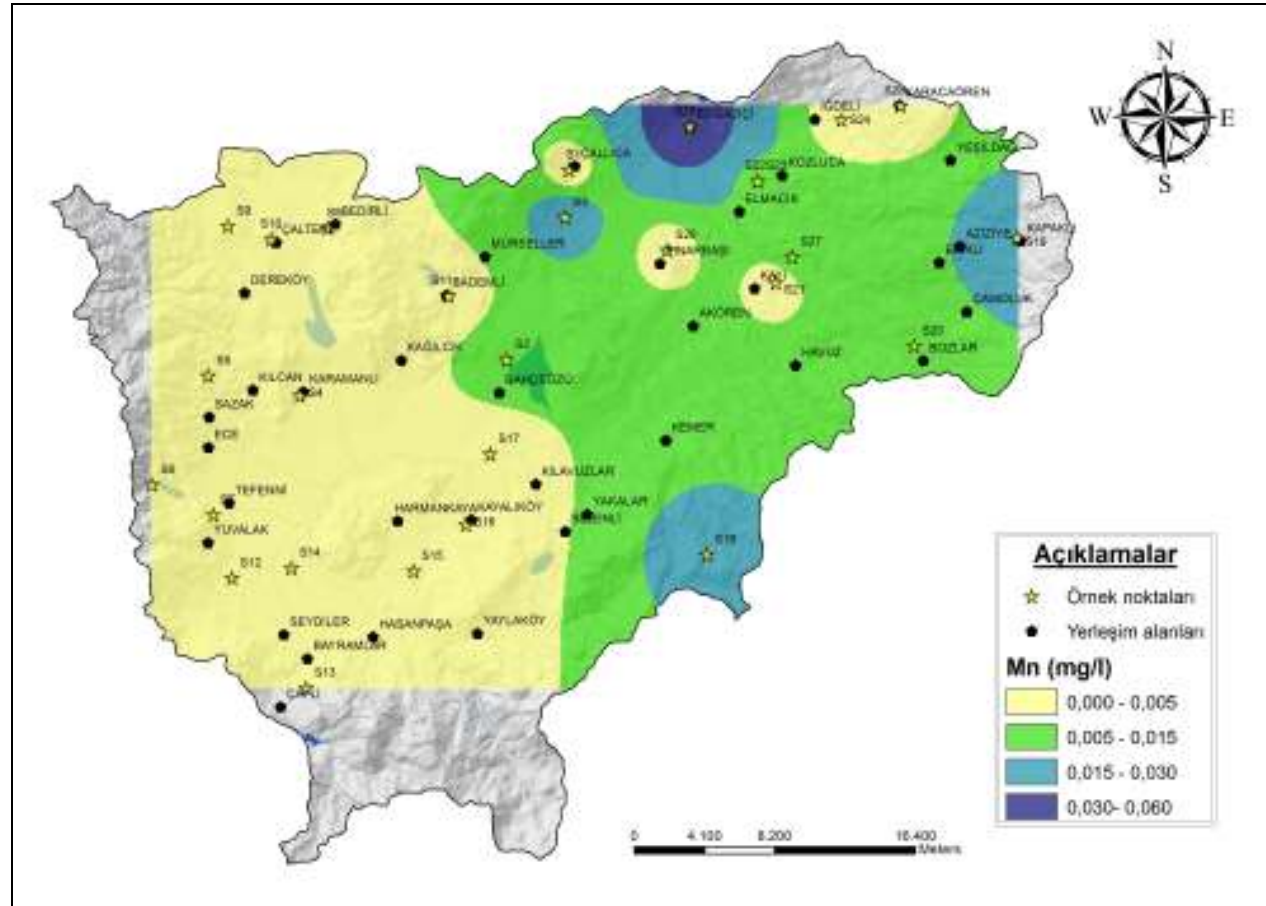
İçme suyu standartları (TSE-266, 2005; WHO, 2006) tarafından Mn için sınır değer 0.05 mg/l olarak belirlenmiştir. İnceleme alanındaki sularda Mn konsantrasyonu kurak dönemde 0- 0.06 mg/l arasında değişirken yağışlı dönemde 0- 0.29 mg/l arasında değişmektedir. Kurak dönemde S28 (Boğaziçi sondaj kuyusu) no'lu örnekte, yağışlı dönemde ise S20 (Bozlar sondaj kuyusu), S22 (Kozluca1 sondaj kuyusu) ve S28 (Boğaziçi sondaj kuyusu) no'lu örneklerde içme suyu sınır değerleri aşılmıştır (Şekil 4.109., 4.110).



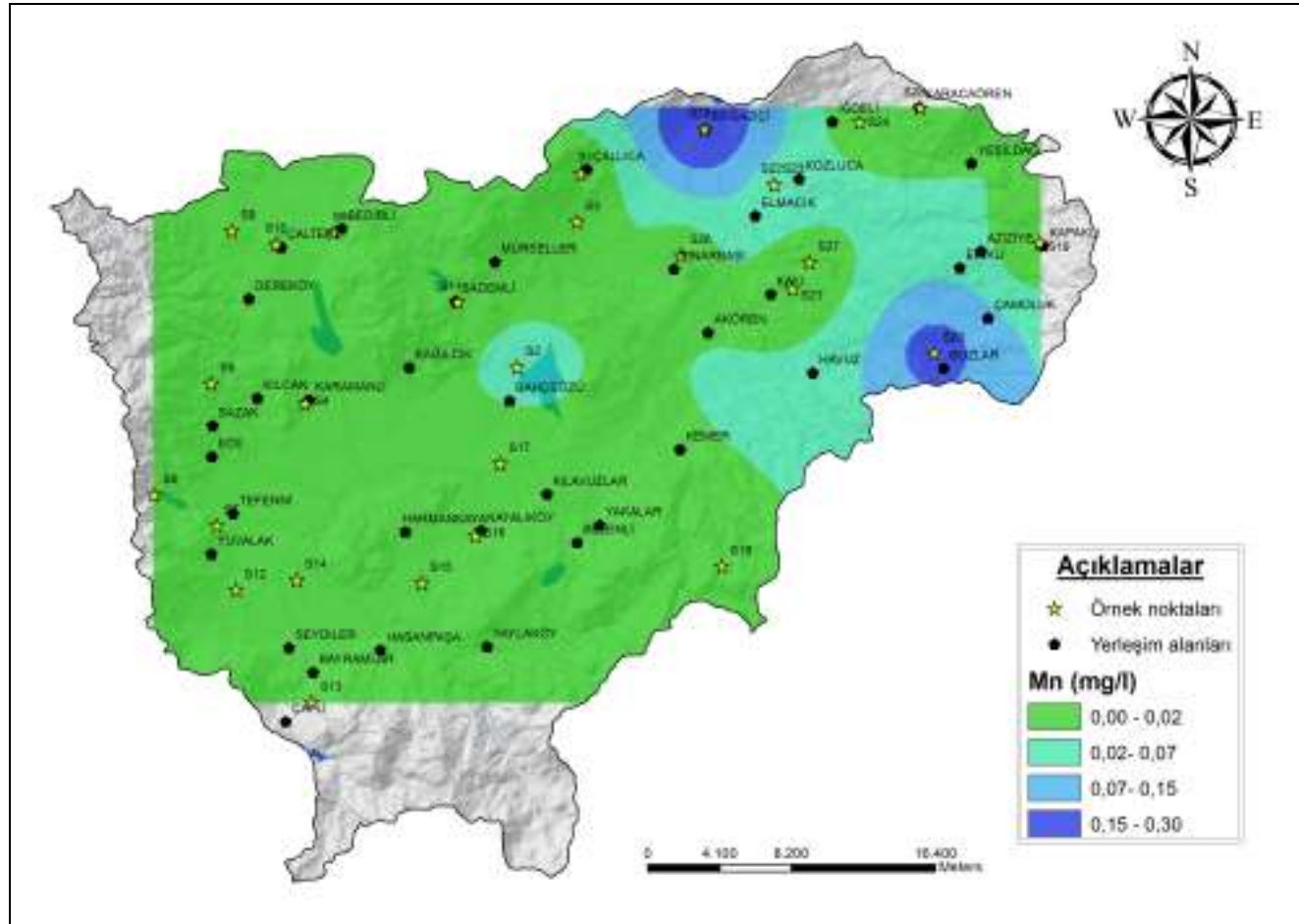
Şekil 4.107. Kurak dönem (Temmuz-2009) Pb konsantrasyonu dağılım haritası



Şekil 4.108. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) Pb konsantrasyonu dağılım haritası



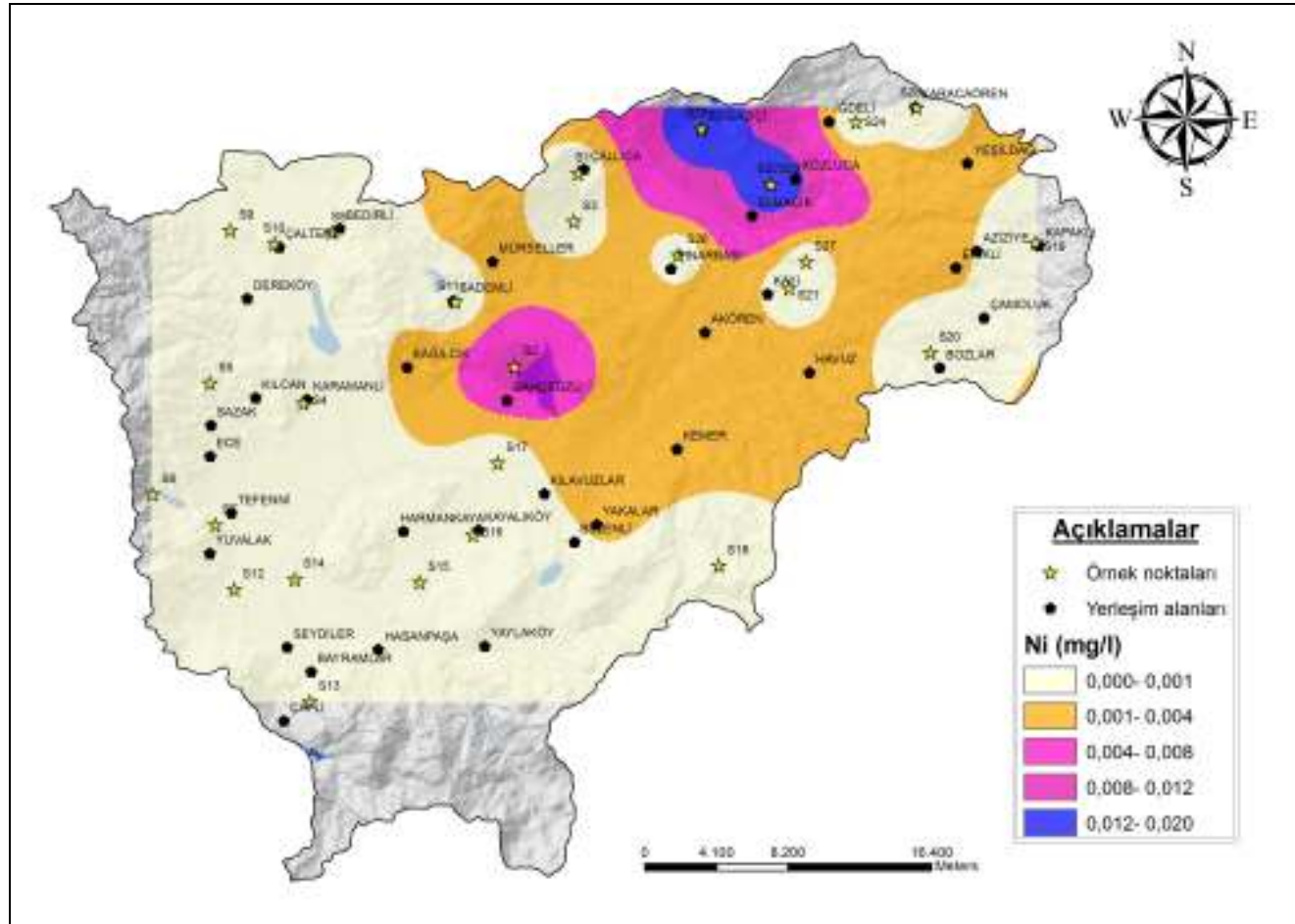
Şekil 4.109. Kurak dönem (Temmuz- 2009) Mn konsantrasyonu dağılım haritası



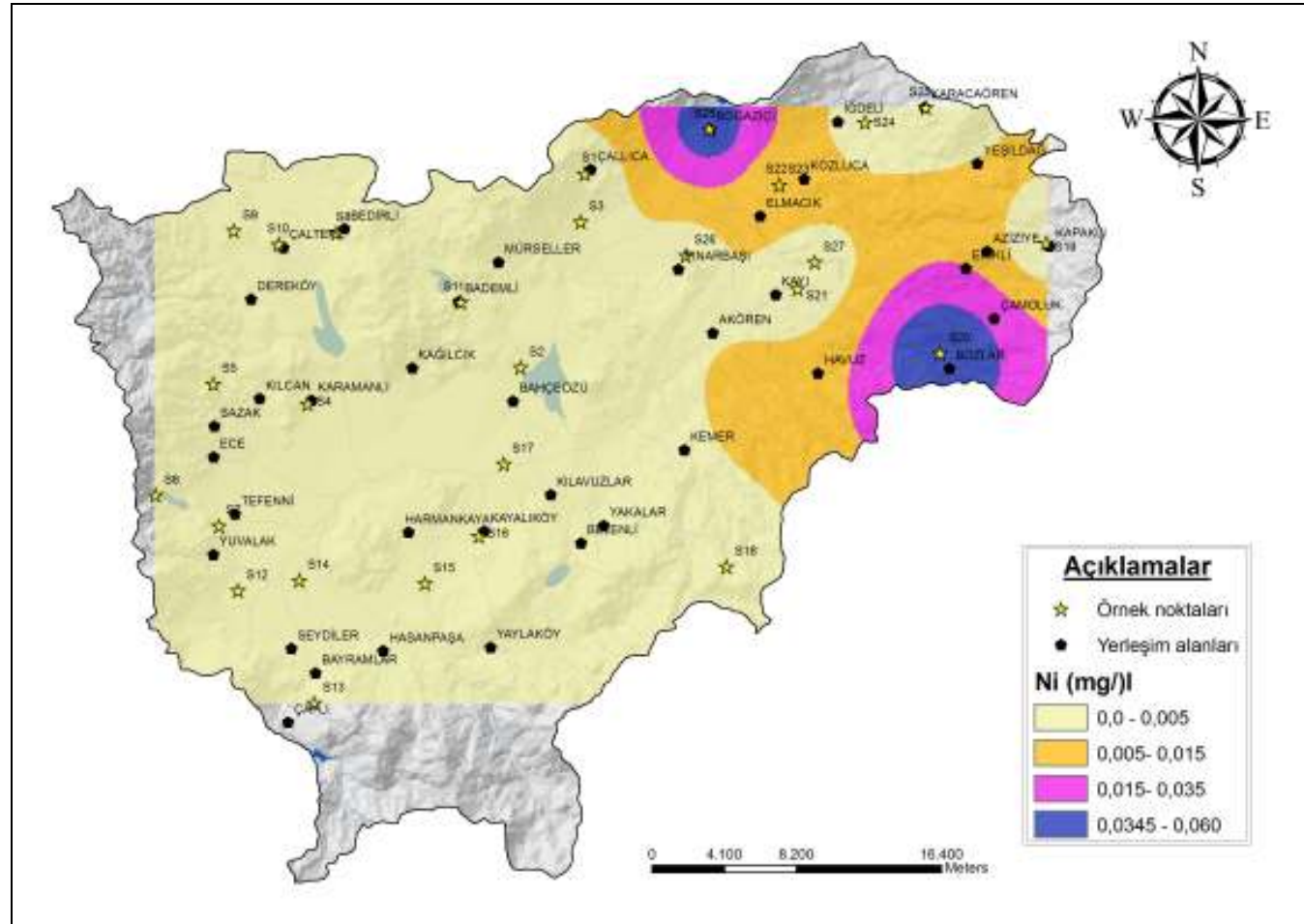
Şekil 4.110 Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) Mn konsantrasyonu dağılım haritası

Nikel (Ni): Yerkabuğunda bulunma sıklığı 24. sırada olan nikelin ortalama konsantrasyonu % 0.008 olup çoğunlukla sülfat ve oksitler halindedir. Nikel daha çok ultrabazik ve bazik kayalar mineralidir. Ancak asidik kayalarda da çok az miktarlarda bulunmaktadır. Nikel içme suyuyla temas halinde olan boru ve tesisattan metallere sızması sonucu da karışabilmektedir. Nikelin bilinen biyolojik fonksiyonu olmamakla birlikte orta seviyede zehirleyici özelliği söz konusudur. Doğada nikel, doğal olarak bulunabileceği gibi insan aktiviteleri sonucu da karşımıza çıkmaktadır. Nikelin organik formu, inorganik formundan daha zehirleyici özelliğe sahiptir (Şahinci, 1991; Kartal vd., 2004).

TSE-266 (2005) içme suyu standardına göre Ni için belirlenen sınır değeri 0.02 mg/l olup inceleme alanında nikel konsantrasyonları kurak dönemde 0- 0.02 mg/l arasında değişmektedir. Yağışlı dönemde ise konsantrasyonlar 0- 0.06 mg/l arasındadır. Bölgede kurak dönemde S22 (Kozluca1 sondaj kuyusu) ve S28 (Boğaziçi sondaj kuyusu) no'lu örneklerde sınır değeri aşılmıştır. Yağışlı dönemde ise S20 (Bozlar sondaj kuyusu) ve S28 (Boğaziçi sondaj kuyusu) no'lu örneklerde nikel konsantrasyonu sınır değerinin üzerindedir (Şekil 4.111., 4.112.).



Şekil 4.111. Kurak dönem (Temmuz-2009) Ni konsantrasyonu dağılım haritası



Şekil 4.112. Yağışlı dönem (Mayıs- 2010) Ni konsantrasyonu dağılım haritası

4.6.9. Yeraltısularında radyoaktivite

Yeraltısuları, içerisinde geçtikleri kayalardan radyoaktif maddeleri çözündürerek radyoaktif özellik kazanmaktadırlar. Yeraltısularında en çok rastlanan radyoaktif elementler K^{40} , Rb^{87} , Th^{235} , U^{235} ve U^{238} 'dir. Ayrıca, U^{238} 'in bozunumu sonucunda ortaya çıkan Rn^{222} (radon), Ra^{226} ile kozmik ışınların etkisiyle radyoaktif özellik kazanan N^{14} , O^{16} ve Ar^{40} da yeraltısularında bulunabilmektedir.

Uranyum, toryum, radyum ve radonun zengin olarak bulunduğu kayaç grupları ise metamorfik kayaçlar, granit türü kayaçlar, organik madde içeren tortullar, kumtaşları ve karbonatlı tortul kayaçlardır. Ayrıca, bu tür kayaçlarda gelişen fay zonlarının, ayrışmanın yoğun olarak gözlemlendiği ve suların depolanmasına elverişli yerler olmasından dolayı bu bölgelerde depolanan suların bünyesine radyoaktif elementlerin geçmesi kolaylaşmaktadır (Gültekin ve Dilek, 2005; Davis ve DeWiest, 1966; Hem, 1971)

Uranyum, toryum, radyum, radon gibi radyoaktif elementlerin farklı yarılanma ömrüne sahip olmaları ve bu elementlerin analiz bedellerinin yüksek olması gibi nedenler yeraltısularındaki radyoaktivite değerlerinin belirlenmesinde güçlük yaratmaktadır. Bu zorluklardan dolayı yeraltısularında öncelikle toplam alfa ve beta radyoaktivitesi belirlenmekte ve elde edilen sonuçların standartlar ile karşılaştırılması yapılarak radyoaktivitenin hangi elementten kaynaklandığı araştırılmaktadır.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve ABD Çevre Korunma Ajansı (EPA) tarafından tavsiye edilen içme suları için radyoaktivite sınırları, toplam alfa için 0.5 Bq/l ve toplam beta için 1 Bq/l olarak kabul edilmiştir. Doz miktarları limit değeri aşmamışsa numune radyoaktivite yönünden içme suyu kriterlerine uygun olmaktadır. Aşan durumlarda radyoaktivitenin azaltılması için çeşitli işlemlerin yapılması gerekmektedir. Sulardaki radyoaktivite konsantrasyonları, özellikle içme suları ve kaynak sularında mevsimsel değişim gösterebilmektedir. Dolayısıyla bir yıl boyunca izlenmeli ve ortalamaları alınmalıdır. Yine limit değerleri geçme durumunda suyun

uygun filtreden geçirilmesi yada başka sularla karıştırılarak radyoaktif konsantrasyonunun düşürülmesi işlemleri yapılmalıdır (Dilaver vd., 2002)

İnceleme alanındaki sularda toplam alfa ve toplam beta radyoaktivitesinin varlığı DSİ Ankara Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol (TAKK) Daire Başkanlığı İzotop Laboratuvarı ve Şube Müdürlüğü tarafından yapılan analizlerle belirlenmiştir. Laboratuvarında sulardaki toplam α ve β aktivitesi tayininde sayım işlemi ile EPA 900 metodu kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.52.' de verilmiştir.

İnceleme alanındaki çeşitli sondaj ve kaynaklardan alınan su örneklerinde toplam alfa değeri 0.031 – 0.117 Bq/l ve beta radyoaktivitesi ise 0.03 – 0.14 Bq/l arasındadır (Çizelge 4.52.). Elde edilen bu sonuçlara göre bölgedeki hiçbir su örneğinin alfa ve beta radyoaktivitesi açısından içme ve kullanma suyu olarak kullanımında belirlenen sınır değeri aşmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.52. Toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite analiz sonuçları

Örn. No.	Örn. Yeri	Toplam Alfa (Bq/l)	Toplam Beta (Bq/l)
R1	Çallica k.	0,031	0,012
R2	Karamanlı k.	0,074	0,017
R3	Barutlu su k.	0,074	0,08
R4	Yuvalak s.	0,046	0,05
R5	Bayramlar k.	0,049	0,04
R6	Manca s.	0,046	0,05
R7	Kılavuzlar s.	0,045	0,08
R8	Akpınar k.	0,038	0,06
R9	Kapaklı k.	0,091	0,10
R10	Kozluca 1s.	0,088	0,14
R11	Kozluca s.	0,113	0,26
R12	İğdeli s.	0,061	0,06
R13	Karacaören k.	0,037	0,03
R14	Elmacık k.	0,117	0,13
R15	Kemer k.	0,032	0,06
R16	Bozlar s.	0,106	0,04
R17	Kılcan k.	0,074	0,13
R18	Seydiler s.	0,057	0,04

4.7. Tıbbi jeoloji

Tıpkı vücudumuzu oluşturan hücreler gibi yerkabuğunu oluşturan kayaçlar da çeşitli minerallerden oluşmaktadır. Yaşamları boyunca insanlar bu minerallerle doğrudan yada dolaylı olarak ilişki içindedir. Doğada bulunan bazı mineraller insan sağlığına yararlı, yaşamı kolaylaştırıcı (sanayi, tıp, tarım vb.) ve yaşam için gerekli özelliklere sahiptir. İçtiğimiz suda, yenilen gıdalarda ve solunan havada çeşitli element ve mineraller bulunmaktadır. **Tıbbi jeoloji**; yeryüzündeki çeşitli mineral ve elementlerin eksikliği veya fazlalığını, organik bileşenlerin taşınmasını, şekil değiştirmesini ve miktarını, insan, hayvan ve bitki sağlığı üzerinde iyi ve kötü yönde etkilerini inceleyen, doğal jeolojik etmenler ile insan ve hayvan sağlığı arasındaki sorunları ve bu sorunların coğrafi dağılımındaki olağan çevresel etmenlerin etkileriyle ilgilenen yeni bir bilim dalı olarak tanımlanmaktadır (Atabey, 2005). Hangi elementlerin insanlar ve hayvanlar açısından gerekli olduğunu bilmek önemlidir. İnsan sağlığı, jeolojiden soyutlanamaz. Yerkürenin temel yapı taşları olan kayaç ve mineraller doğada bulunan elementlerin çoğunu barındırırlar. Çeşitli hastalıklara neden olan elementlerin ve minerallerin saptanabilmesi için jeoloji ve tıbbın sıkı bir işbirliği içinde çalışmaya başlaması Tıbbi Jeoloji'yi doğurmuştur.

Tıbbi jeoloji çalışmalarının önemli araştırma ve uygulama konularından olan sıcak ve/veya mineralli suların insan sağlığı üzerindeki etkileri, uzun yıllardan beri yapılan çok sayıda yerli ve yabancı bilimsel araştırmalarla ortaya konmaktadır. Doğal tedavi edici unsurlar veya balneolojik/ balneoterapötik kaynaklar olarak adlandırılan kaplıca tedavisinin temelini oluşturan sıcak ve/veya mineralli sular, peloidler ve gazların sağlık amaçlı kullanımı için yapılan işlemlerin tümünü ifade etmektedir. Balneoterapide sıcak ve mineralli sular, kimyasal ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak farklı hastalıklara farklı tedavi yöntemleri kullanılarak fayda etmektedir. Bu yöntemler kişi ve hastalıklara özel doz ve sürelerde yapılan banyo kürleri, içme kürleri, inhalasyon (soluma) kürleri şeklindedir (Yüzbaşıoğlu vd., 2001).

Banyo şeklinde yapılan kürlerde başlıca, romatizmal hastalıklar, cilt hastalıkları, jinekolojik hastalıklar, kalp-damar sistemi hastalıklarına; içme kürü şeklinde ise

mide-barsak sistemi hastalıkları, metabolizma hastalıkları, karaciğer, safra kesesi hastalıkları, böbrek ve idrar yolları hastalıkları ve mineral desteği gibi hastalıkların tedavileri sağlanmaktadır. İnhalasyon (buhar soluma) kürleri ise solunum sistemi hastalıkları, kulak-burun-boğaz hastalıkları tedavisinde ve radon galerilerinde olduğu gibi bazı romatizmal hastalıkların tedavisinde kullanılabilir. Sıcak ve mineralli sular mekanik, termik ve kimyasal özellikleriyle özel etkiler göstermektedirler. Mekanik etkiler (immersiyon) kaldırma kuvveti, hidrostatik basınç ve viskoziteden oluşmaktadır. Kaldırma kuvveti etkisiyle boyun kısmına kadar banyolarda % 90 ağırlık azalması, dokunma reseptörlerinin uyarılması ile kaslarda gevşeme ve ağrı baskılanması olmaktadır. Bu koşullar egzersiz için benzersiz bir ortam sağlamakta ayrıca kaldırma kuvveti ile vücuttaki kan dolaşımının kalbe doğru yönlendirilmesinde de rol oynamaktadır. Hidrostatik basınç ise, suyun vücut yüzeyine yaptığı basınçtır ve kalbe dönen kan miktarı ile kalbin bir defalık ve dakikalık atım hacmini artırmaktadır. Hidrostatik basıncın, kalp ve dolaşım sistemine, böbreklere, akciğerlere, iç salgı bezlerine ve mide barsak sistemine önemli etkileri bulunmaktadır (Schnizer vd., 1995; Schmidt vd., 1998).

4.7.1. İnceleme alanındaki kaynakların tıbbi değerlendirilmesi

Bu bölümde, inceleme alanında bulunan mineralli ve sıcak su kaynaklarının fiziksel-kimyasal ile balneo-biyolojik değerlendirmeleri yapılarak balneolojik tedavi amaçlı kullanılabilirliği incelenmiştir.

4.7.1.1. Fiziksel ve kimyasal değerlendirmeler

Çalışmada sıcak ve/veya mineralli suların insan sağlığına yararlı etkileri olduğu düşünülerek, inceleme alanında yer alan ve daha önce tıbbi anlamda değerlendirmeleri bilimsel olarak yapılmamış, fakat halk arasında şifalı olduğu söylenen Pınarbaşı sıcak su kaynağı ile Barutlusu kaynaklarının tıbbi değerlendirmelerinin yapılması ve bu kaynakların tıbbi jeoloji açısından irdelenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda 1 lt'lik özel steril cam şişeler ve 5 lt'lik pet şişeler olmak üzere her iki kaynak suyundan örnekler alınmış ve bu örneklerin İstanbul Üniversitesi Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji Laboratuvarlarında, Balneolojik değerlendirmelerinin yapılabilmesi amacıyla gerekli analizleri yapılmıştır (Çizelge 4.53.).

Çizelge 4.53. Barutlusu ve Pınarbaşı kaynaklarına ait Balneolojik analiz sonuçları

	Barutlusu kaynağı	Pınarbaşı kaynağı		Barutlusu kaynağı	Pınarbaşı kaynağı
Fiziksel özellikler			Çözünmeyen maddeler	mg/l	mg/l
Koku	Çürük yumurta	Kokusuz	Metasilikat asit H ₂ SiO ₃	38,988	33,790
Tat	Tatsız	Tatsız	Metabolik asitHBO ₂	0,811	1,217
Renk	0 ünite PtCo	0 ünite PtCo	Toplam Mineralizasyon	234,487	436,010
Bulanıklık	0,08 ntu türbidite	0,15 ntu türbidite	Eser elementler	mg/l	mg/l
Çökelti	Yok	Yok	Hidroarsenat HAsO ₄ ²⁻	0,455	0,000
Fizikokimyasal özellikler			Kadmiyum Cd ²⁺	0,0006	0,0003
pH değeri	9,93	7,69	Krom Cr ³⁺	0,010	0,030
Elektriksel iletkenliği	319 mS/cm	481 mS/cm	Nikel Ni ²⁺	0,006	0,004
Yoğunluğu	1 g/cm ³	1,000 g/cm ³	Kurşun Pb ²⁺	0,007	0,002
Sıcaklık	17,6 °C	28 °C	Selenyum Se ²⁻	0,000	0,000
Hava sıcaklığı	30 °C	23 °C	Baryum Ba ²⁺	<2,000	<2,000
Salinite	0/00 0,2	0/00 0,2	Bakır Cu ²⁺	0,020	0,040
Karbonat CO ₃ ²⁻	10,2 mg/l	0 mg/l	Çinko Zn ²⁺	0,140	0,220
Karbondiyoksit CO ₂	0 mg/l	22 mg/l	Alüminyum Al ³⁺	0,043	0,003
Sertlik	5,2 Fr ^o S	23,9 Fr ^o S	Molibden Mo ⁶⁺	0,010	0,020
Katyonlar	mg/l	mg/l	Gümüş Ag ⁺	0,000	0,000
Sodyum Na ⁺	42,532	12,645	Kirlilik belirten zehirli maddeler	mg/l	mg/l
Potasyum K ⁺	0,391	1,173	Siyanid CN ⁻	0,002	0,006
Amonyum NH ₄ ⁺	0,000	0,000	Organik maddeler için harcanan O ₂	3,35	3,380
Magnezyum Mg ²⁺	4,254	21,271	Bakteriyolojik özellikler		
Kalsiyum Ca ²⁺	13,978	60,571	Koliform bakteriler	4 /100ml	368 /100ml
Mangan Mn ²⁺	0,002	0,034	Fekal koliform	0 /100ml	0 /100ml
Demir Fe ²⁺	0,060	0,080	Fekal streptokoklar	4 /100ml	6 /100ml
Anyonlar	mg/l	mg/l	Pseudomonas aeruginosa	6 /100ml	48 /100ml
Flourür F ⁻	0,090	0,590	Top. koloni sayısı 20±2°C'de 72 saatte	3 /ml	16 /ml
Klorür Cl ⁻	69,128	13,826	Proteus	Üredi	Üredi
Bromür Br ⁻	1,140	0,174	Mantar	Üredi	Üredi
İyodür I ⁻	3,550	0,171			
Nitrit NO ₂ ⁻	0,046	0,049			

Çizelge 4.53. (devam)

	Barutlusu kaynağı	Pınarbaşı kaynağı		Barutlusu kaynağı	Pınarbaşı kaynağı
Nitrat NO ₃ ⁻	6,160	10,120			
Sülfat SO ₄ ²⁻	1,000	24,000			
Bikarbonat HCO ₃ ⁻	51,850	256,200			
Sülfür (Sülfid) S ₂ ⁻	0,238	0,000			
Hidrofosfat HPO ₄ ²⁻	0,270	0,100			

Balneoterapide, doğal sular fiziksel ve kimyasal niteliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Ülkeler arasında farklı sınıflandırmalar mevcut olup, bunlar arasında en yaygın kullanılan ve uluslararası anlamda kabul gören sınıflama Alman Kaplıcalar Birliği'nin düzenlediği sınıflandırmadır. Bu sınıflandırmada öncelikli olarak sular sıcaklıkları ve içerdiği toplam mineralizasyon miktarına göre ayırt edilmektedir (Çizelge 4.54.; Karagülle, 2002). Bunun yanı sıra bazı özel mineralleri belirli sınır değerlerin üzerinde içeren sular içerdikleri özel minerallere göre de sınıflandırılmaktadır (Çizelge 4.55.; Karagülle, 2002).

Çizelge 4.54. Alman Kaplıcalar Birliği'ne göre şifalı suların sınıflandırılması

Termominerali sular	> 20 °C	>1000 mg/l çözülmüş mineral
Termal sular	> 20 °C	
Minerali sular		>1000 mg/l çözülmüş mineral
Akratoterma sular	> 20 °C	<1000 mg/l çözülmüş mineral
Akratopegal sular	<20 °C	<1000 mg/l çözülmüş mineral

Çizelge 4.55. Sınır değerinin üzerindeki minerallere göre balneolojik olarak suların sınıflandırılması (Karagülle, 2002).

Karbondioksitli sular	>1000 mg/l çözülmüş serbest CO ₂ içeren sular
Kükürtlü sular	>1 mg/l -2 değerlikli kükürt içeren sular
Radonlu sular	>666 Bq/l (18 Nanocurie/l) radon ışınımı içeren sular
Tuzlular	<14 000 mg/l tuz (NaCl) içeren sular
Tuzlu sular	>1000 mg/l tuz (NaCl) içeren sular
İyotlu sular	>1 mg/l iyot içeren sular
Florürlü sular	>1 mg/l florür içeren sular
Arsenikli sular	>0,7 mg/l arsenik içeren sular
Demirli sular	>20 mg/l +2 değerlikli demir içeren sular
Radyumlu sular	>10 ⁻⁷ mg/l radyum ışınımı içeren sular

Yukarıdaki sınıflandırmada herhangi bir özel su grubuna girmeyen sular ise mik sular olarak sınıflandırılmaktadır. Miks balneolojik sular, içerdikleri iyonlardan baskın olanlarına göre isimlendirilmektedir (Karagülle, 2002).

Yapılan analizlerde Barutlusu kaynağının pH'nın 9.93 (bazik) ve CO₂ gazı içermediği belirlenmiştir. Barutlusu ve Pınarbaşı kaynakları boşalım sıcaklıkları ve toplam mineralizasyonları bakımından değerlendirildiğinde Barutlusu kaynağının boşalım sıcaklığı 20°C'nin altında (17.6°C) olup total mineralizasyonu ise 1000 mg/l'nin altındadır (234.487 mg/l). Bu özellikleri ile balneolojide '**Akrotopegal Sular**' grubunda yer almaktadır. Pınarbaşı kaynağı ise sıcaklığı 20 °C'nin üstünde (28 °C) olup toplam mineralizasyonu ise 1000 mg/l'nin altında (436.01 mg/l) olan bir sudur. Bu özellikleri ile Pınarbaşı kaynağı balneolojide '**Akratotermal Sular**' grubunda yer almaktadır.

Hem Akratotermal hem de Akrotopegal suların önemli özelliklerinden biri eser elementleri bünyelerinde bulundurmalarıdır. İçerisindeki eser elementler açısından bakıldığında Barutlusu kaynağı 3.55 mg/l iyodür (1 mg/l üzerinde) içerdiğinden '**İyotlu sular**' sınıfına girmektedir. Toplam mineralizasyonun % 10-20'si oranında meta silikat asit içermeleri akrotopegal suların diğer bir önemli bir özelliğidir. İncelenen su örneğinin meta silikat asit düzeyi 38.98 mg/l olarak ölçülmüştür ki, bu da toplam mineralizasyonun % 16.6 kadarını oluşturmaktadır. Barutlusu kaynağında ayrıca arsenik seviyesi Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2004) ve Sağlık Bakanlığı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelikte (İ.T.A.S.H.Y., 2005) belirtilen sınır değer (0.01 mg/l) üzerinde olduğu (0.45 mg/l) için içme kürlerinde tüketiminin zararlı olacağı düşünülmektedir.

Akrotermal su sınıfındaki Pınarbaşı kaynağında ise, meta silikat asit düzeyi 33.79 mg/l olarak ölçülmüştür. Bu değer toplam mineralizasyonun yaklaşık % 7.7 kadarını oluşturmaktadır. Fiziksel özellikleri bakımından incelendiğinde pH 7.69 (bazik), osmolaritesi: 8.011 mmol/l (hipotonik özellikte) olup doğal CO₂ gazı içeriği (22 mg/l) ihmal edilebilecek kadar azdır. Eksi iki değerlikli kükürt içeriği bulunmamaktadır. Pınarbaşı kaynağının sodyum miktarı 20 mg/l' den az (12.64

mg/l) olduğu için sodyum diyetine uygun doğal kaynak suyudur. Pınarbaşı kaynağının nitrat ve nitrit değerleri Sağlık Bakanlığının Doğal Mineralli Sular Hakkındaki Yönetmeliğinde (D.M.S.H.Y., 2004) izin verilen maksimum miktarın altında kalmaktadır.

4.7.1.2. Balneo-biyolojik değerlendirmeler

Balneolojik değerlendirmelerin yapılabilmesi için öncelikle su içerisinde herhangi bir bakteriyolojik kirliliğin olup olmadığının tespit edilmesi gerekmektedir. Doğal koşullarda toprak katmanları, yeraltı ve kaynak suları derinlere süzülmesi sırasında adeta birer filtre görevi görmeleri ile kirlilik unsuru pek çok maddeyi sulardan arındırır. Bakteriyolojik analizler neticesinde bakterilerin varlığının tespiti bu kaynak sularının yüzeye çıktıkları noktada veya yüzeyde depolandığı bölgelerde dış kökenli kirlenmeye maruz kaldığını göstermektedir. Çeşitli amaçlar için insanlara hizmet eden her tür suda olduğu gibi özellikle balneolojik ve tedavi amaçlı kullanılacak sularda da bakterilerin bulunmaması istenmektedir.

Barutlusu ve Pınarbaşı kaynak sularında da bakteriyolojik analizler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre;

Barutlusu kaynağının analiz sonuçları değerlendirildiğinde; Koliform bakteri sayısı 4/100 ml (0/100 ml olmalı), fekal koliform sayısı 0/100 ml (0/100 ml olmalı), fekal streptokoklar 4/100 ml (0/100 ml olmalı), E.Coli 2/100 ml (0/100 ml olmalı), toplam koloni sayısı 20±2°C'de 72 saatte: 3/ ml (0-30/ ml olmalı), 35±2°C'de 24 saatte: 3 /ml (0-5/ml olmalı) ve Pseudomonas aeruginosa 6/100 ml (0/100 ml olmalı) olduğu tespit edilmiştir. Belirlenen bu nitelikler suyun bakteriyolojik kirlenmeye maruz kaldığının göstergesidir. Bu bakteriyolojik kirlilik dışkı (hayvansal?) ve/veya kanalizasyon/atık su kaynaklı olabilir. Söz konusu kirlilik, doğal kaynak ve çevresinde koruma alanlarının bulunmamasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle kaynağın etrafında olabilecek kirlilik kaynaklarının bertaraf edilmesi gerekmektedir. Barutlusu kaynağı bakteriyolojik kirlilik içerdiği için insan sağlığı açısından tehlike

oluşturabileceğinden banyo ve içme şeklinde kullanılmaması gerekmektedir (Şekil 4.113.).



Şekil 4.113. Barutlusu kaynağı ve çevresinden bir görünüm

Pınarbaşı sıcak su kaynağına ait bakteriyolojik analiz sonuçlarında ise; Koliform bakteri sayısı 368/100ml (0/100ml olmalı), fekal koliform sayısı 0/100ml (0/100ml olmalı), fekal streptokoklar 6/100ml (0/100ml olmalı), E.Coli 5/100 ml (0/100ml olmalı), toplam koloni sayısı 20±2°C'de 72 saatte: 16/ml (0-30/ml olmalı), 35±2°C'de 24 saatte: 5/ml (0-5/ml olmalı) , Pseudomonas aeruginosa 48/100 ml (0/100 ml olmalı) ve Proteus spp., mantar ve küf ürediği tespit edilmiştir. Temmuz-2009 döneminde yapılan analizlerde bakteriyolojik içeriğe rastlanmaması kaynak suyunun bakteriyolojik içeriğinin mevsimsel olarak değiştiğini göstermektedir. Barutlusu kaynağında olduğu gibi Pınarbaşı kaynağında da dışkı (hayvansal?) ve/veya kanalizasyon/atık su kaynaklı kirlenmeye maruz kaldığı görülmektedir. Söz konusu kirlilik Pınarbaşı kaynağında da doğal kaynak ve çevresi koruma alanlarının bulunmamasından kaynaklanmaktadır (Şekil 4.114.).



Şekil 4.114. Pınarbaşı sıcak su kaynağının boşalım havuzu ve çevresi

4.7.1.3. İncelenen kaynak sularının balneolojik tedavilerde kullanımı

Elde edilen analiz sonuçlarına göre Akratepegal su sınıfında yer alan Barutlusu kaynağının balneoterapötik kullanımının banyo uygulamaları şeklinde olabileceği ve Metasilikat asit içeriği nedeniyle banyo uygulamalarında spesifik olarak cilt üzerinde yararlı etkisinin olabileceği tespit edilmiştir. Yüksek iyot içeriğinden dolayı bu kaynak suyu iyot eksikliğinden kaynaklanan guatr ve miksödem tedavisinde kullanılabilir. İyodun tiroid bezine afinitesi yüksektir ve Tiroglobulin ve tiroid hormon yapımının artmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte iyotlu sularla yapılan kür uygulamalarında yüksek dozlarda (2 mg/gün ve üzeri) hipotiroidizm oluşuma yol açabileceği nedeniyle tiroid fonksiyonlarının kontrolleri önemlidir (Yüzbaşıoğlu, 2002)

Ayrıca, bu mineralli su kaynağının lokomotor sistem hastalıklarında gerekli oranlarda ısıtılarak 34-36 °C'de izotermal, 36-38 °C' de termal, 38-42 °C'de hipertermal banyo kürlerinde, <30 °C'de hipotermal sıcaklıklarda hareket havuzlarında su içi egzersiz uygulamalarında kullanılabilceği ve hareket sisteminin

aşağıdaki hastalıklarında tedavi ve rehabilitasyon amaçlı kullanılabileceği belirlenmiştir;

- Dejeneratif eklem hastalıkları (osteoartritler)
- İnflamatuar romatizmal hastalıklar (romatoid artrit, ankilozan spondilit gibi)
- Yumuşak doku romatizmaları (fibromyalji sendromu gibi)
- Kronik bel ağrısı

Bu tür hastalıkların tedavisi yanı sıra ortopedik ameliyat ve kırıklar sonrası dönem, inme ve nevraljiler gibi bazı nörolojik ve ortopedik durumlarda rehabilitasyon amaçlı kullanılabilecektir.

Akratothermal su sınıfında yer alan Pınarbaşı sıcak su kaynağının analiz sonuçlarına göre ise; tespit edilen bakteriyolojik kirlilik bertaraf edildikten ve kontrol analizleri yapıldıktan sonra balneoterapötik kullanımı banyo ve içme uygulamaları şeklinde olabileceği tespit edilmiştir. Ayrıca, lokomotor sistem hastalıklarında gerekli oranlarda ısıtılarak 34-36 °C'de izotermal, 36-38 °C'de termal, 38-42 °C'de hipertermal banyo kürlerinde, <30 °C'de hipotermal sıcaklıklarda hareket havuzlarında su içi egzersiz uygulamalarında kullanılabilecek ve buna ek olarak hareket sisteminin aşağıdaki hastalıklarında tedavi ve rehabilitasyon amaçlı kullanılabılır olduğu belirlenmiştir;

- Dejeneratif eklem hastalıkları (osteoartritler)
- İnflamatuar romatizmal hastalıklar (romatoid artrit, ankilozan spondilit gibi)
- Yumuşak doku romatizmaları (fibromyalji sendromu gibi)
- Kronik bel ağrısı

Pınarbaşı sıcak su kaynağı, ortopedik ameliyat ve kırıklar sonrası dönem, inme ve nevraljiler gibi bazı nörolojik ve ortopedik durumlarda da rehabilitasyon amaçlı kullanılabılır özelliğindedir.

Ca-Mg-HCO₃'lı su fasiyesindeki Pınarbaşı sıcak su kaynağı, balneoterapide endikasyon alanlarına bağlı olarak içme kürü şeklinde de kullanılabilir. Ca-Mg-HCO₃'lı sularla yapılan içme kürleri

- Oksalat, karbonat ve fosfat taşları profilaksisi ve metafilaksisi
- Kronik idrar yolları infeksiyonları (Antibiyotik etkisini desteklemede)
- Sinirsel irritabilite ile birlikte kalsiyum yetmezliği
- Vejetatif distoni ve yorgunluk ile birlikte magnezyum yetmezliği
- Gebelikte ve ağır spor aktivitelerinde artan magnezyum gereksinimi
- Mide-ince barsakların fonksiyonel rahatsızlıkları (örneğin: emosyonel diyareye eğilim)

gibi rahatsızlıkların tedavisine yardımcı olmaktadır.

Pınarbaşı sıcak su kaynağının bir diğer özelliği ise; Sağlık Bakanlığının Doğal Mineralli Sular Hakkındaki Yönetmeliğine göre Düşük Mineralli Su kategorisinde doğal kaynak suyu özelliğinde olması ve düşük sodyum (Na) içeriği nedeniyle sodyum diyetine uygun ve günlük diyete destek olarak kullanılacak nitelikte olmasıdır. Mineral içeriği optimal düzeylerde olduğundan uzun süreli içimlerde kullanılabilir niteliktedir.

4.7.1.4. İncelenen kaynak sularının tıbbi jeoloji açısından değerlendirmesi

Barutlusu minerali su kaynağı ve Pınarbaşı sıcak su kaynağı, kaynak sularının oluşum sürecinde temasta bulunan ortamın jeokimyasal yapısına ve süresinin uzunluğuna bağlı olarak inceleme alanındaki diğer soğuk kaynak sularına göre farklı bir hidrojeokimyasal yapı sergilemektedir. Bu durum, Barutlusu ve Pınarbaşı kaynaklarının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarında da açıkça görülmektedir. Bu yapı, su kaynaklarının kalitesiyle ilişkili olarak kullanım koşullarını etkilemektedir.

Kimyasal analiz sonuçlarına göre; Barutlusu minerali su kaynağı, iyotlu sular sınıfına girmektedir. İyot, litosferin bileşiminde az oranda bulunan eser elementlerden biridir. Bileşiminde en fazla iyot içeriği bulunan kayalar başta denizel kökenli tortul kayalar (yaklaşık 44 mg/l) ve organik maddece zengin

karbonatlı, killi ve şeyli birimlerin oluşturduğu karasal tortul kayaçlardır (yaklaşık 20 mg/l). Jeolojik yapılar içerisinde diğerlerine nazaran daha az miktarlarda olsa da bir diğer iyot kaynağı ise klorürce zengin magmatik kayaçlardır (Fuge, 2005). Barutlusu kaynağının iyot miktarının yüksek olmasında, yeraltında etkileşimde bulunduğu Dutedere kireçtaşları ile geçirimsiz ve aynı zamanda yüksek Cl elementi içeren Marmaris ofiyolit napına ait serpantin, gabro, harzburjit, dunit gibi magmatik ve ultrabazik kayaçlar etkili olmaktadır.

Meteorik kökenli Pınarbaşı sıcak su kaynağı yüksek kotlardan beslenmekte ve tektonik hatlar boyunca yeraltında daha uzun bir dolaşım süresine sahip olmakta ve yine fay dokanağından boşalmaktadır. Buna bağlı olarak da su-kayaç etkileşimi ile içeriğindeki mineral gelişimlerinde zenginleşmeler gözlenmektedir. Fay kaynağı olarak ortaya çıkması ve üzerinde örtü kayacının (Çameli formasyonu) bulunması bu suyun sıcak su kaynağı olarak ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Her iki kaynak suyunun pH değerlerinin bazik karakterde (Barutlusu 9.93, Pınarbaşı 7.69) olması kaynak bölgesi dahil inceleme alanının pek çok noktasına allokton olarak yerleşmiş Dutedere kireçtaşlarına bağlı olarak gelişmiştir. Kireçtaşlarının bileşiminde bulunan CaCO_3 , su içerisindeki H^+ iyonlarını azaltarak suyun pH değerini yükseltmekte ve bazik özellik kazandırmaktadır.

Yine her iki kaynağa ait analiz sonuçlarında ortaya çıkan yüksek meta silikat içeriğinde, Marmaris ofiyolit napına ait serpantin, gabro, harzburjit, dunit gibi magmatik ve ultrabazik kayaçlar etkili olmaktadır. Çünkü bu tür magmatik kayaçların egemen minerallerini silikat grubu mineraller oluşturmaktadır. Pınarbaşı sıcak su kaynağında meta silikat miktarının Barutlusu kaynağına nazaran daha yüksek olması, derinlere inildikçe, artan sıcaklıkla doğru orantılı olarak silisli minerallerin daha çok çözünmekte olduğunun göstergesidir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Tefenni Ovası'nın jeoloji, hidroloji, hidrojeoloji ve hidrojeokimyasal incelemelerinin yapılarak, inceleme alanı içerisinde yer alan farklı kimyasal özelliklere sahip su kaynaklarının tıbbi jeoloji açısından irdelenmesi amacıyla hazırlanan bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

-İnceleme alanı, Türkiye'nin önemli havzalarından Burdur Gölü Kapalı Havzası'nın güneybatısında uzanan yaklaşık 1527 km² alana sahip Tefenni Ovası'dır. Ova içerisinden doğan ve Burdur Gölü'nü besleyen sürekli akışa sahip Eren çayı (Bozçay) ovanın yarı kapalı havza özelliğini taşımasına neden olmaktadır. Ova içerisinde Pınarbaşı sıcak su kaynağı ve Barutlusu mineralli su kaynağı farklı kimyasal yapıları ile dikkati çeken yeraltısuyu boşalımlarıdır.

- Tefenni Ovası'nda yer alan birimler allokton konumlu Yeşilbarak napı, Likya napları ile paraallokton ve Kuvaterner yaşlı birimleri de içeren neotokton kaya birimleri otokton konumlu olarak yüzeylemektedir. Yeşilbarak napı, Gömbe ve Yavuz Birimi olmak üzere iki yapısal birimden oluşmakta ve Beydağları otoktonu ile Likya napları arasında uzun mesafeler boyunca devamlılık göstermektedir. İnceleme alanında Gömbe birimine ait Elmalı formasyonu ve Yavuz birimine ait Yavuz formasyonu bulunmaktadır. Yeşilbarak napı üzerinde tektonik örtü olarak Likya naplarına ait Marmaris ofiyoliti, Gülbahar ve Domuzdağ napları yerleşmiştir. Marmaris ofiyolit napı, Marmaris peridotiti, Kızılcadağ melanjı ve Yeleme olistostromları ile karakterizedir. Gülbahar napı ise çalışma alanında Orhaniye ve Karanasıflar formasyonları ile temsil edilmektedir. Bir diğer oluşum olan Domuzdağ napı ise Duldere kireçtaşı ve Söbüce Yayla formasyonunu kapsamaktadır. Likya napları üzerinde ise paraallokton konumlu Mamatlar ve Varsakyayla formasyonları yer almaktadır. Bölgedeki Çameli formasyonu ile Kuvaterner yaşlı birimler ise neotokton örtü kayalarını oluşturmaktadır.

- Litolojik birimler fiziksel ve hidrojeolojik özelliklerine göre değerlendirildiğinde Kuvaterner alüvyon, yamaç molozu ve birikinti konileri taneli ortam akiferi olarak

nitelendirmiştir. Dutedere kireçtaşı, Karanasıflar formasyonu ve Kayalısirtı birimi erimeli çatlaklı kaya ortam akiferi olarak sınıflandırılmıştır. Karstik akifer özelliğindeki bu birimlerden ovada en fazla yayılıma sahip olanı Dutedere kireçtaşlarıdır. Soğuk su akiferi olarak önemli bir potansiyele sahip olan Dutedere kireçtaşı birimi, inceleme alanı içerisinde boşalan Pınarbaşı sıcak su kaynağı ile Barutlusu mineralli su kaynağının hazne kayacı özelliğini de taşımaktadır. Çameli, Yavuz ve Varsakyayla formasyonları litolojileri ve yayılımları dikkate alınarak akitard ortam-1 olarak sınıflandırılmıştır. İnceleme alanında yayılımları kısıtlı alanlarda olan ve su bulundurma açısından benzer hidrojeolojik özellikler taşıyan Karaböğürtlen, Orhaniye, Elmalı, Söbüceyayla ve Mamatlar formasyonları akitard ortam-2 olarak ayırtlanmışlardır. Kızılcadağ ofiyolitleri ve Marmaris peridotitleri ise geçirimsiz özellikleri nedeniyle akifüj ortamlar olarak nitelendirilmiştir.

- İnceleme alanında resmi kurumlara ve şahıslara ait yaklaşık 150 civarında derin sondaj kuyusu bulunmaktadır. Bu kuyulardan DSİ 18. Bölge Müdürlüğü tarafından açılan sondaj kuyusunda yapılan pompaj deney verileri kullanılarak alüvyon akiferin hidrojeolojik parametreleri (K,T,S) hesaplanmıştır. Alüvyon ortam içerisinde açılmış olan sondaj kuyularında hesaplanan transmissibilite katsayısı ova genelinde $1.03 \times 10^{-3} - 9.54 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sn}$ arasında değişmektedir. Permeabilite katsayısı değerleri ise $1.18 \times 10^{-4} - 8.48 \times 10^{-6} \text{ m}/\text{sn}$ 'dir. Kireçtaşı birimi içerisinde açılan kuyularda belirlenen transmissibilite ve permeabilite katsayıları ise sırasıyla $5.23 \times 10^{-4} - 9.89 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sn}$, $1.31 \times 10^{-5} - 2.41 \times 10^{-5} \text{ m}/\text{sn}$ değerleri arasındadır.

-Araştırma alanında bulunan yeraltısuyu kuyuları genel olarak yaygın verimli akifer olan alüvyon birim üzerinde açılmıştır. Bu birimde yeraltısuyu seviye değişimleri ve akım yönünün belirlenmesi amacıyla, temsili olarak seçilen 26 adet kuyuda yağışlı ve kurak dönemler için dört dönem (Mayıs - Ekim 2009 ve Mayıs - Ekim 2010) yeraltısuyu seviye ölçümleri yapılmıştır. Kurak ve yağışlı dönemleri temsil eden en güncel veriler olarak Mayıs-Ekim 2010 ölçümlerine göre yeraltısuyu seviye haritaları hazırlanmıştır. Tefenni Ovası'nda yeraltısuyu akım yönünün ovanın kuzeyinde bulunan Burdur Gölü'ne doğru olduğu belirlenmiştir.

-1527 km²'lik alana sahip Tefenni Ovası için ortalama yağış miktarından beslenim 718.37 x 10⁶ m³/yıl olarak belirlenmiştir. Tefenni Ovası'nda en önemli boşalım elemanı buharlaşmadır. Ortalama 327.92 mm gerçek buharlaşma değeri ile ortalama 500.73 x 10⁶ m³/yıl su buharlaşma-terleme yoluyla boşalmaktadır. Genel hidrolojik bilanço hesaplamasında beslenim boşalım farkının % 60'ı olan 96.57 x10⁶ m³/yıl su emniyetli kullanılabilir yeraltısu potansiyelidir.

- İnceleme alanında içme ve kullanım amaçlı yeraltı suyundan yararlanılırken, Pınarbaşı sıcak su kaynağı ve Barutlusu mineralli su kaynağından içme kürleri ve balneolojik amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, inceleme alanında soğuk ve sıcak suların kalite ve kimyası çeşitli analiz ve grafiklerle ayrıntılı olarak irdelenmiştir.

- İnceleme alanında su kaynaklarından alınan örneklerin bileşiminde yer alan majör iyonlar arasında yağışlı ve kurak olmak üzere her iki döneme ait analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri yapılmıştır. Genel olarak sularda yağışlı ve kurak dönemlerde Ca ve HCO₃ iyonları egemen majör iyonlar olup, K ve CO₃ iyonları ise bölgedeki sularda en düşük konsantrasyona sahip majör iyonları teşkil etmektedir. Ayrıca, Pearson korelasyon analizi ile analiz sonuçları yorumlanmıştır.

- İnceleme alanındaki çeşitli su kaynaklarından alınan örneklerin kurak ve yağışlı dönem analiz sonuçları Piper diyagramı ile değerlendirildiğinde tüm örneklerin genel olarak benzer yapıya sahip oldukları görülmektedir. Alkali toprak elementlerinin (Ca+Mg), alkali elementlere (Na+K) göre daha fazla olduğu, zayıf asit köklerinin (CO₃+HCO₃) güçlü asit köklerinden (SO₄+ Cl) fazla olduğu, karbonat sertliği % 50'den fazla olan suları temsil etmektedir. İnceleme alanında yüzey ve yeraltı sularının genel olarak Ca-Mg-HCO₃, Mg-Ca-HCO₃ ve Ca-HCO₃'lü sular fasiyesinde olduğu görülmektedir. Analiz sonuçları incelendiğinde mevsimsel olarak Mg iyonunda farklı örneklerde artış görülmektedir. Bu değişiklikler kaya-su etkileşimi ile ilişkilidir.

- Schoeller içilebilirlik diyagramına göre; kurak dönemde Tefenni Ovası suları genel olarak '*İyi- çok iyi kaliteli sular*' sınıfında yer alırken, Kozluca 1 sondaj kuyusu su örneğinin (S22) yüksek Na ve Cl iyonu içermesi ve sertliğinin de aynı şekilde yüksek olması nedeni ile '*Orta-kötü kaliteli sular*' sınıfında yer aldığı görülmektedir. Yağışlı döneme ait diyagramda da genel olarak S22 no'lu örnek dışında tüm sular '*İyi- çok iyi kaliteli sular*' sınıfında yer almaktadır. S22 no'lu örnek kurak dönemde olduğu gibi yağışlı dönemde de '*Orta-kötü kaliteli sular*' sınıfında yer almaktadır.

- İnceleme alanında yeraltısuları sulama açısından değerlendirildiğinde ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramına göre C_1S_2 , C_2S_1 ve C_3S_1 sınıflarında yer aldığı ve sulama için uygun olduğu belirlenmiştir. Sadece, Kozluca sondaj kuyusundan alınan örnek elektriksel iletkenlik değeri çok yüksek olduğu için C_4S_1 sınıfındadır ve sulamaya uygun değildir. Wilcox diyagramına göre, inceleme alanındaki sular, yağışlı ve kurak dönemde sulama suyu olarak kullanımı açısından aynı özellikleri sergilemiş '*çok iyi- iyi kullanılabilir sular*' sınıfında yer almıştır. Artıksal sodyum karbonat (RSC) içeriğine göre, yeraltısularının genel olarak I. Sınıf su tipi içerisinde bulunmakta ve sulama suyu olarak kullanıma uygun suları temsil etmektedir.

-Suların endüstride kullanım özelliklerinin tespiti için kalsiyum denge diyagramı, köpürme özelliği ve beton üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Kalsiyum denge diyagramına göre, kurak dönemde; Çallica kaynağı (S1), Barutlusu kaynağı (S6), Tefenni kaynağı (S7), Kozluca1 sondaj kuyusu (S22) ve Kozluca sondaj kuyusundan (S23) alınan sularda '*karbonat çökmesinin izleneceği*', diğer lokasyonlardan alınan örnekler ise '*karbonat çözündürebilir*' özellikte sular olduğu belirlenmiştir. Yağışlı dönemde ise; Bademli kaynağı (S11), Kayalı kaynağı (S16) ve Pınarbaşı kaynağı (S26) suları '*karbonatça doygun*', Boğaziçi sondaj (S28) suyu '*karbonat çözündürebilir*' ve bu dönemde diğer sular '*karbonat çökmesi izlenen*' sular sınıfında yer almaktadırlar. İnceleme alanındaki suların hepsi '*kaynarken köpüren*' ve '*çok köpüren sular*' sınıfındadır. İnceleme alanında genel olarak suların beton üzerinde olumsuz etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir.

- İnceleme alanında bulunan mineralli su kaynağı özelliğindeki Barutlusu kaynağı ile Pınarbaşı sıcak su kaynağı'nın hidrojeokimyasal özellikleri mineral doygunluk

değerleri ve jeotermometre hesaplamaları açısından değerlendirilmiştir. Barutlusu kaynağı, adularya, albit, analsim, aragonit, kalsit, kalsedon, dolomit, kuvars, sanidin, illit, kaolinit, mikroklin ve muskovit minerallerine doygundur. Pınarbaşı kaynağı ise adularya, albit, analsim, halit, muskovit, kuvars, sanidin, illit, kaolinit ve mikroklin minerallerine doygundur. Pınarbaşı kaynağının hazne kayacını Dutt dere kireçtaşları, örtü kayacını ise Çameli formasyonudur. Kaynağın ısıtıcı kaynağı tektonik rejim ile bağlantılı olarak yüksek jeotermal gradyandır. Silika jeotermometre bağıntılarından elde edilen sonuçlara göre; Pınarbaşı sıcak su kaynağının rezervuar sıcaklığının 30 ile 83.29 °C arasında olabileceği kabul edilmiştir.

- Suların kökeni ve yüze çıkış mekanizması ile ilgili ayrıntılı bilgi edinmek için yapılan izotop analizi sonuçlarına göre, tüm örneklerin $\delta^{18}\text{O}$ - δD diyagramları üzerindeki konumları meteorik kökene işaret etmektedir. Trityum içerikleri soğuk su akiferinin genel olarak güncel yağışlardan etkilendiğini, sıcak ve mineralli su kaynaklarının ise derin dolaşım sularından da etkilendiğini göstermektedir. ^3H -Cl diyagramı suların karşılaştırılması, sınıflanması ve beslenme alanları ile yeraltında kalış sürelerinin yorumlanmasında sıkça kullanılan başka bir diyagramdır. Bu diyagrama göre Pınarbaşı sıcak su kaynağı ve Kılavuzlar sondaj kuyusu örnekleri dolaşım süresi ve derinliği dolayısıyla yeraltında kalış süresi fazla olan suları temsil etmektedir.

- İnceleme alanında yer alan çeşitli su kaynaklarının özellikle ova genelinde yoğun tarımsal faaliyetler ve hayvancılıktan kaynaklanan azot trevleri bakımından kirlilik düzeyinin tespit edilmesi amacı ile sulara amonyak (NH_3), nitrit (NO_2) ve nitrat (NO_3) analizleri yaptırılmıştır. Nitrat içeriğinin kurak dönemde S23 no'lu sondaj kuyusunda içme suyu standartlarını aştığı tespit edilmiştir. Ayrıca, su içerisinde 10 mg/l'nin üzerinde nitrat bulunması suyun antropojenik kirlenmeye maruz kaldığının göstergesidir. Bu bakımdan incelendiğinde, ova sularında kurak dönemde S1, S3, S4, S8, S9, S11, S12, S14, S15, S20, S23, S24 ve S28 no'lu örneklerin, yağışlı dönemde ise S3 ve S23 no'lu örneklerin yapay gübre kullanımı ve hayvan atıklarının gübre olarak kullanımı nedeniyle nitrat konsantrasyonu değerinin arttığı ve antropojenik kökenli kirliliğin gerçekleştiği belirlenmiştir. Nitrit derişimi sadece yağışlı dönemde S2, S4 ve S22 no'lu örneklerde sınır değerleri aşmıştır. Amonyak derişiminde ise

Tefenni Ovası genelinde kurak ve yağışlı dönemlerde sadece S22 no'lu örnekte sınır değerlerin (0.05-0.50) aşıldığı görülmüştür. Ova genelindeki sulara azot türevleri açısından mevcut durumda çok büyük boyutlarda görünmese de gelecekte insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilecek derecede kirlilik söz konusudur. Gelecekte yaşanabilecek sıkıntılar göz önünde bulundurularak tarımsal faaliyetlerde kullanılan yapay gübre ve kimyasalların kullanımına dikkat edilerek aşırı gübrelemelerden kaçınılması önerilmektedir.

- Çalışma alanında pestisit kirliliğinin tespiti amacıyla yapılan pestisit kalıntı analizleri sonuçlarında herhangi bir pestisit kalıntısına rastlanılmamıştır. Ancak, kullanılan pestisit türlerinin yıllık bazda değişim göstermesi, pestisitlerin yarılanma ömürlerinin değişmesi, ortam koşulları ve pestisit kullanım şekli ile uygun analiz metodlarının seçimi gibi etkenler pestisit varlığının belirlenmesini sınırlandırmaktadır. Bu nedenle, pestisit kirliliğine yönelik araştırmalarda yukarıda bahsedilen unsurlar gözönünde bulundurularak sürekli ölçümlerin yapılması gerekmektedir.

- İnceleme alanında ağır metal analizleri de yaptırılmış ve önemli bir kirlilik değerine rastlanmamıştır. Sadece belirli lokasyonlarda alüminyum, bor, demir, mangan, nikel içeriklerinde sınır değerlerin küçük miktarlarda aşıldığı görülmektedir. Baryum, çinko, krom ve kurşun içeriklerinde ise yağışlı ve kurak dönemlerde içme suyu standartlarında verilen sınır değerlerin aşılmadığı belirlenmiştir.

-Yeraltısularının bakteriyolojik kirliliğinin belirlenebilmesi için analizler yaptırılmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre, Karamusa (M4), Başpınar (M5) ve Seydiler (M20) dışında ova genelinde içme sularında mikrobiyolojik kirlenme söz konusu değildir. Karamusa ve Seydiler örnekleri sondaj kuyusundan alınmış olup bu kuyular gözenekli akifer üzerinde açılmıştır. Örneklerin alındığı bu lokasyonlarda yeraltısuyu seviyesinin yüzeye oldukça yakın olması ve bu bölgelerde yoğun hayvancılık faaliyetleri yeraltısuyunda mikrobiyolojik kirliliğe sebep olmaktadır. Başpınar (M5) kaynağı ise yüksek kotlardaki karstik akiferden boşalmaktadır. Ancak, kaynağın çıkış bölgesinde yoğun olarak yapılan hayvancılık faaliyetleri ve kaynağın yeteri kadar koruma altına alınmaması sebebi ile mikrobiyolojik kirlenmenin gerçekleştiği görülmektedir.

-İnceleme alanındaki çeşitli sondaj ve kaynaklardan alınan su örneklerinde toplam alfa değeri 0.031 – 0.117 Bq/l ve beta radyoaktivitesi ise 0.03 – 0.14 Bq/l arasındadır. Elde edilen bu sonuçlara göre bölgedeki hiçbir su örneğinin alfa ve beta radyoaktivitesi açısından içme ve kullanma suyu olarak kullanımında belirlenen sınır değeri aşmadığı görülmüştür.

- İnceleme alanında daha önce tıbbi anlamda değerlendirmeleri bilimsel olarak yapılmamış, fakat halk arasında şifalı olduğu söylenen Pınarbaşı sıcak su kaynağı ile Barutlusu kaynaklarının tıbbi değerlendirmelerinin yapılması ve bu kaynakların tıbbi jeoloji açısından irdelenmesi amaçlanmıştır. Pınarbaşı sıcak su kaynağı ve Barutlusu kaynağının balneolojik analiz sonuçları kaynak sularının koruma altına alınarak kullanılması durumunda belirli sağlık problemleri için tedavi amaçlı kullanılabileceği göstermektedir.

6. KAYNAKLAR LİSTESİ

- Afşin, M., Erdoğan, N., Gürdal ,H., Gürel, A., Onak, A., Oruç, Ö., Kavurmacı, M., Durukan, G., 2007. Orta Anadolu'daki sıcak ve mineralli suların ve travertenlerin hidrojeokimyasal ve izotopik incelenmesi ve suların tıbbi ve biyoiklimsel değerlendirilmesi. TÜBİTAK-ÇAYDAG, Proje No: 104Y197, Aksaray.
- Ali, İ. and Jain, C. K. 1998. Groundwater contamination and health hazards by some of the most commonly used pesticides. *Current Science*, 75: 1011-1014.
- Alişan, M., 2002. Eski Kadın Göletindeki Kaçakların Çevresel İzotoplarla İncelenmesi. Hidrolojide İzotop Tekniklerinin Kullanılması Sempozyumu, sayfa: 1303-309, Adana.
- Arnorsson, S., Gunnlaugsson, E., Svavarsson, H. 1983. The Chemistry of Geothermal Waters in Iceland. III. Chemical Geothermometry in Geothermal Investigations, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 47, 567-577.
- Andreo, B. and Carrasco, F., 1999. Application of geochemistry and radioactivity in the hydrogeological investigation of carbonate aquifers (SierrasBlanca and Mijas, southern Spain. *Applied Geochemistry*, vol. 14, p. 283-299.
- Appelo, C. A. J. and Postma, D., 1993. *Geochemistry, groundwater and pollution*. A. A.Balkema, Rotterdam.
- Arıkan, A., 2007. İkizce (Haymana-Ankara) ve çevresindeki yeraltı sularının kimyası ve bazı kirlilik parametrelerinin incelenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans Tezi, 97 sayfa, Ankara.
- Atabey, E., 2005. Tıbbi Jeoloji. Jeoloji mühendisleri odası yayınları, Ankara, sayfa 14-60.
- Avcı, S., Bakıcı, M.Z., Erandaç, M., 2006. Tokat İlindeki İçme Sularının Koliform Bakteriler Yönünden Araştırılması. *Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi* 28 (4): 107-112.
- Bayazıt, M., Avcı, İ., Şen, Z., 2001. Hidroloji Uygulamaları. sayfa: 17-21, Birsen Yayınevi, İstanbul
- Bilgin, Z.R., Karaman, T., Öztürk, Z., Şen, M.A.,Şenel, M., 1990. Yeşilova-Acıgöl Civarının Jeolojisi Raporu. MTA Rap: 9071, Ankara.
- Bozcu, M., Yağmurlu, F. ve Şentürk, M., 2007. Fethiye-Burdur Fay Zonunun Bazı Neotektonik ve Paleosismolojik Özellikleri, GB-Türkiye. *Jeoloji Müh. Dergisi*, 31(1), sayfa: 25- 48.

BİÇDR, 2004. Burdur İl Çevre Durum Raporu. Sayfa: 72., Burdur.

Çakmak, B., Gökalp, Z. ve Tas, İ., 2008. Yeraltı Su Kaynaklarının Tarımda Kullanımının Değerlendirilmesi. Konya Kapalı Havzası Yeraltısuyu ve Kuraklık Konferansı 11-12 Eylül 2008 Bildiri Kitabı. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü IV.Bölge Müdürlüğü, s.222-229, Konya.

Chadha, D.K., 1999. A proposed new diagram for geochemical classification of natural waters and interpretation of chemical data. Hydrogeology Journal, 7:431-439.

Craig, H. 1961. Isotopic Variations in Meteoric Waters. Science, vol. 133, 1833-1834.

Çapan, U., 1980. Toros Kuşağı Ofiyolit Masiflerinin(Marmaris, Mersin, Pozantı, Pınarbaşı ve Divriği) İç Yapıları, Petrolojisi ve Petrokimyalarına Yaklaşımlar. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi, 400s., Ankara.

Çifter, C. Ve Sayın, M., 2002. İzotopların Hidrolojide Kullanılması. Hidrolojide İzotop Tekniklerinin Kullanılması Sempozyumu, sayfa: 1-15, Adana.

Çuhadar, G. ve Tamgaç, S., Hidrojeolojik Etütlerde Su Kimyası Verilerini Toplama ve Değerlendirme Yöntemleri. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, DSİ Yayınları, Ankara, 1-22 (1994).

Davis, N.S., and DeWiest, R.J.M., 1966. Hydrogeology. John Wiley and Sons., Inc. New York, 463 p.

Davraz, A. 2003. Kaya- Su Etkileşimi Üzerine Bir Çalışma: Keçiborlu-Değirmendere Kaynağı (Isparta). Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Özel Sayı, 7(2), 327- 335.

Demiroğlu, M., 2008. Eskişehir-sivrihisar-günyüzü havzası hidrojeolojisi ve hidrojeokimyası. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst., Doktora tezi, 203 sayfa.

Dilaver, T.A., Çifter, C., Altay, T., 2002. Türkiye'deki içme ve kullanma sularının radyoaktivite yönünden kalitesinin belirlenmesi. Hidrolojide İzotop Tekniklerinin Kullanılması Sempozyumu, T.C Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı, 21-25 Ekim Adana, s:301- 318.

Dilsiz, C., 2006. Conceptual hydrodynamic model of the Pamukkale hydrothermal field, southwestern Turkey, based on hydrochemical and isotopic data. Hydrogeology Journal, 14: 562-572.

- D.M.İ., 2010, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 2010 yılı yağış ve sıcaklık verileri.
- D.M.S.H.Y., 2004. Doğal Mineralli Sular Hakkında Yönetmelik. Yayımlandığı Resmi Gazete: 1 Aralık 2004 Çarşamba Sayı: 25657
- Döğen, A., 1992. Tefenni (Burdur) Civarının Jeolojisi ve Kromit Yatakları. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi, 56s., Konya.
- Erisman, J.W and Domburg, P. 2005. Nitrogen in Europe: Current status of environmental issues, policies and new effective policies to combat nitrogen. ECN-C-05-007.
- Erakman, B., Meşhur, M., Gül, M.A., Alkan, H., Öztaş, Y. ve Akpınar M. 1982. Toros projesine bağlı Kalkan-Köyceğiz-Çameli-Tefenni arasında kalan alanın jeolojisi ve hidrokarbon olanakları raporu. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) Rap: 1732.
- Erguvanlı, K., Yüzer, E., 1987. Yeraltısuları jeolojisi. İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Maden fakültesi yayınları, İstanbul.
- Eren, E., 2008. Jeotermal Enerji. Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş., Teknoloji İzleme ve Araştırma Müdürlüğü, Ankara
- Ersoy, Ş., 1989. Fethiye (Muğla)- Gölhisar(Burdur) arasında Güney Dağı ile Kelebek Dağı ve dolayının jeolojisi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi 246s., İstanbul.
- Ersoy, Ş., 1990. Dirmil (Burdur) ve güneyindeki tektonik ve neotokton birimlerin stratigrafisi ve ortamsal yorumu. Türkiye Jeoloji Bülteni, 35, 2, 9-24.
- Fournier, R.O. 1977a. A Review of Chemical and Isotopic Geothermometers for Geothermal Systems. In: Proceedings of The Symp. on Geoth. Energy, Cento Scientific Programme, Ankara, 133-143.
- Fournier, R.O. 1979a. A Revised Equation for The Na-K Geothermometer. Geothermal Research. Council Trans., 3, 221-224.
- Freeze, A.R. and Cherry A.J., 1979. Groundwater by Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 07632 London UK.
- Fuge, R., 2005. Essentials of Medical Geology . Part: Soils and Iodine Deficiency, Elsevier academic press, page: 417-434.
- Gat J. R., Carmi I. 1987. Effect of Climate Changes on The Precipitation Patterns and Isotopic Composition of Water in a Climate Transition Zone: Case of the Eastern Mediterranean Sea Area, the Influence of Climate Change and Climatic Variability on the Hydrologic Regime and Water Resources

- (Proceedings of the Vancouver Symposium, August 1987). IAHS Publ. no. 168, 513- 523.
- Giggenbach, W. F., Gonfiantini, R., Jangi, B.L., Truesdell, A.H. 1983. Isotopic and Chemical Composition of Parbati Valley Geothermal Discharges, NW Himalaya, Indiana. *Geothermics*, 5, 51-62.
- Giggenbach, W. F. 1988. Geothermal Solute Equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Ca Geoindicators. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52, 2749- 2765.
- Goldschmidt, V.M.,1958. *Geochemistry*: Oxford University. Press. London, 730 p.
- Gültekin, F., Dilek, R., 2005. Gümüşhane Yöresi Mineralli Su Kaynaklarının İz Element ve Radyoaktivite İçerikleri. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 29, 1.
- Gültekin, F., 2011, Korelasyon Analizi. www.fikretgultekin.com/ yukseklisans / Korelasyon Analizi.pdf. (Erişim tarihi: 04.05.2011)
- Güner, F., Güner, İ.N., 2002. Sakarbaşı Karstik Kaynaklarının (Çifteler-Eskişehir) Hidrojeolojisinin Hidrokimya ve Çevresel İzotop Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi. I. Ulusal Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu, sayfa:199-213, Adana.
- Halkman, K., A., 2005. Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları (Editör, Halkman). Merck Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları., s. 261-281.
- Hem, D.J., 1971. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water, second edition. U.S. Government Printing Office, Washington, 363 p.
- 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, VA22304, USA, 263 p.
- İ.T.A.S.H.Y., 2005. Sağlık Bakanlığı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. Resmi Gazete Tarihi: 17/02/2005, Resmi Gazete Sayısı: 25730.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2004. Metallerin çevresel etkileri- I. Metalurji dergisi, 136, 47-53.
- Kara, H., 1976. Burdur İli Kemer Nahiyesi Civarındaki Neojen Havzasının Jeolojik Raporu. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Raporu (yayımlanmamış), Ankara
- Karagülle, M.Z., 2002. Balneoloji ve Kaplıca Tıbbı. İstanbul Üniversitesi. Tıp Fak. Temel ve Klinik Bilimler Ders Kitabı, Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul
- Kartal, G., Kahvecioğlu, Ö., Güven, A., Timur, S., 2004. Metallerin çevresel etkileri- II. Metalurji dergisi, 137, 46-51.

- Kehinde, M.O., 1993. Preliminary Isotopic Studies In The Bida Basin, Central Nigeria. Environmental Geology, Volume 22, Washington, USA, 212 - 217 p.
- Kharaka, Y. K., Lico, M.S., Law, L.M. 1982. Chemical Geothermometers Applied to Formation Waters, Gulf of Mexico and California Basins. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 66, 538-558.
- Kharaka, Y.K., Gunter, W. D., Aggarwall, P. K., Perkins, E. H., De Braal, J. D. 1988. Solmineq.88: A Computer Program Code for Geochemical Modelling of Water Rock Interactions. In U.S.Geological Survey Water Investigations Report 88 05.
- Koçyiğit, A., 1984. Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim. Türkiye Jeoloji Kurulu (TJK) Bülteni, 27/1, 1-15.
- Koçyiğit, A., Ünay, E., Saraç, G., 2000. Episodic graben formation and extensional neotectonic regime in west Central Anatolia and the Isparta Angle: a case study in the Akşehir-Afyon Graben, Turkey. Geol. Soc. London, Spec. Pbl. 173. 405-421.
- Kozan, A.T., Bircan, A., Bozbay, E., Ögdüm, Fikret, Tüfekçi, K.,1993. Burdur-Tefenni Havzalarının Jeomorfolojisi ve Genç Tektoniği. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Yayınları yayın no: 9622 (yayımlanmamış), Ankara.
- Kuran, İ.H., 1958. Tefenni Ovasının Hidrojeolojik Raporu. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Rap: 2721 (yayımlanmamış), Ankara.
- Kurnaz, M., 1992. Yeşilova- Tefenni- Beyköy (Burdur) Dolaylarında Yüzeyleyen Ofiyolitlerin Jeolojik- Petrografik ve Metalojenik İncelemesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, 120s., Adana.
- Langelier, W.F. and Ludwig H.F., 1942, Graphical methods for indicating the mineral character of natural waters: American Water Works Association Journal, Volume 34, p. 335 – 352.
- Mazor, E., 1991. Applied chemical and isotopic groundwater hydrology, Open University Pres, Celtic Court 22, Ballmoor Buckingham.
- McBean, E.A., and Rovers, F.A., 1998, Statistical Procedures for Analysis of Environmental Monitoring Data and Risk Assessment , Prentice-Hall Publishing Co. Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- 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.

- Meşhur, M., Yoldemir, O., Akpınar, M., Öztaş, I. ve Alkan, H., 1989. Batı Torosların Jeolojisi ve Petrol Olanakları Raporu. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) Rap. (yayımlanmamış), Ankara.
- Mutlu, H. 2009. Jeotermal Akiskanlarda Su- Kayaç Etkilesimi. Makine Mühendisleri Odası, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Jeotermal Enerji Semineri Kitabı, Ankara, s: 45-58.
- Nieva, D., Nieva, R. 1987. Development in Geothermal Energy in Mexico, Part 12-A Cationic Composition Geothermometer for Prospection of Geothermal Resources. Heat Recovery Systems and CHP, 7, 243-258.
- Önal, Ö.A., 2009. Çevre Mühendisliğinde Doğal Hammaddeler Yüksek lisans Ders Notu ppx. sunusu, Tunceli Üniversitesi, Çevre mühendisliği bölümü, Tunceli, (www.tunceli.edu.tr/cevremuhendisligindedogalhammaddeler.ppx)
- Önal, M., 1979. Elmalı-Kaş (Antalya) arasındaki alanın jeolojisi. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri, Doktora tezi, Sayı,29, 139s.,İstanbul.
- Öngen, S. 2009. Magmatizma, Magmatik Kayalar Bölümü, Jeolojiye Giriş I. Ders Notları, s:13- 14.
- Özaslan, A., 2009. Adana İçme Suyunda Fekal Koliform Düzeyinin Belirlenmesi ve Antibiyotik Dirençlilik Frekansı, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 54 sayfa., Adana.
- Payment P, Franco EL., 1993. Clostridium perfringens and somatic coliphages as indicators of the efficiency of drinking water treatment for viruses and protozoan cysts. Applied and Environmental Microbiology; 59: 2418-2424.
- Piper, A. M., 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. Trans. Amer. Geophys. Union, vol. 25, p. 914-923.
- Poisson, A., 1977. Recherces geologiques dans les Taurides occidentales (Turquie). These Univ. Paris- Sud, Orsay, 795s.
- Runyon, R. P., Coleman, K. A., & Pittenger, D. J. (2000). Fundamentals of behavioral statistics (9th ed.). Boston, MA: McGraw-Hill.
- Sarikaya, A.R., Seyrek, T., 1976. Yeşilova- Tefenni Peridotit Masifindeki Krom ve Nikel Zenginleşmeleri prospeksiyon Raporu, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Rap: 5764, Ankara.
- Sarp, H., 1976. Etude geologi que et petrographique du cortege ophiolitique de la region situee au nord-ouest de Yeşilova (Burdur- Turquie). These department de mineralogie, Univerte'de Geneve, Geneve.

- Sayın, M. 1987. İzotop Teknikleri Kullanılarak Yeraltısuyu Orjininin Belirlenmesi. Hidrolojide İzotoplar ve Nükleer Teknikler Semineri. 9-14 Kasım, Bildiriler Kitabı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) Matbaası, Ankara, s.177-196.
- Schnizer W., Galler B., Schelshorn H., Lindner J., 1995. Gerbes A.L., Dettenhofer K., Endokrine Badereaktionen: physiologische Grundlagen eines immersionstraining. Phys Rehab Kur Med, 5, 1-5.
- Schmidt K. L., Rheumatisher Erkrankungen, 1998. Handbuch der Balneologie und Medizinischen Klimatologie. ed: Gutenbrunner C., Hildebrandt G., Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 606-21.
- Schoeller, H., 1955, Gechemie des eaux souterranes. Rev. Inst. Franc. Petrole, Paris, 10. No. 3-4.
- Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği (SKKY), 2004. Resmi Gazete Tarihi: 31.12.2004, Sayı: 25687.
- Şahinci ,A., 1991. Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, Bölüm 2., s.33, İzmir.
- Şenel, M., Selçuk, H., Bilgin, Z.R., Şen, A.M., Karaman, T., Dinçer, M.A., Durukan, E., Arbas, A., Örcen, S. ve Bilgi, C., 1989. Çameli (Denizli)- Yeşilova (Burdur)- Elmalı (Antalya) ve kuzeyinin jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Rap: 9429 (yayımlanmamış), Ankara.
- Şenel, M., Akdeniz, N., Öztürk, E.M., Özdemir, T., Kadıncıkız, G., Metin, I., Öcal, H., Serdaroğlu, M. ve Örcen, S., 1994. Fethiye (Muğla)-Kalkan (Antalya) ve Kuzeyinin Jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Rap: 9761, Ankara (yayımlanmamış).
- Şentürk,M., 2003. Acıgöl ve Burdur Gölleri Arasındaki Bölgenin Sismotektonik Özellikleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, 96s., Isparta.
- Tarcan, G., Filiz, Ş., 1998. Turgutlu (Manisa) kaplıcaları sıcak ve mineralli sularındaki sodyum bikarbonat zenginleşmesi, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, sasyı:52, sayfa: 42-49.
- Tarcan, G., Filiz, S., Gemici, Ü. 2000. Geology and Geochemistry of the Salihli Geothermal Fields, Turkey. WGC-2000 World Geothermal Congress 28 May-10 June, Congress Kyushu-Tohoku, Japan, CD-Books of Proceedings, R-922, v.6, 1829-1834.
- Tarcan, G. 2002. Jeotermal Su Kimyası. Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar, Jenarum Yaz Okulu Ders Notları Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 11- 21 Haziran, İzmir, sayfa 191- 246.

- Thayer, T.P., 1960. Some Critical Differences Between Alpine Type and Stratiform Peridotite Gabro Complexes. 21. Intern. Geol. Copenhagen. Repts:13, p. 247-259.
- Thuizat, R., Whitechurch, H., Montigni, R. and Juteau, T., 1981. K- Ar Dating of Some Infraophiolitic Metamorphic Soles From The Eastren Mediterranean. New Wvidence For Oceanic Thrusting Before Obduction. Earth and Planetari Sci. Let. 52, 302-310.
- Tonani, F. 1980. Some Remarks on The Application of Geochemical Techniques in Geothermal Exploration. Proceedings, Adv. Eur. Geoth. Res. Second Symp., Strasbourg, 428-443.
- Truesdell, A. H. 1976. Summary of Section III Geochemical Techniques in Exploration. In: Proceedings, Second United Nations Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources. San Francisco, 1975, vol.1, Washington D.C., U. S.Government Printing Office, pp. 815-825.
- TSE, 2005. İnsani tüketim amaçlı sular, Türk İçme Suyu Standartları TS 266 sayılı standart -Türk Standartları Enstitüsü –Ankara
- UNESCO, 1978. World water balance and water resources of the earth. Studies and reports in hydrology. UNESCO Press.
- Uysal, B., 1997. Tefenni-Karamanlı (Burdur) Çevresinin Jeolojisi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, 42 sayfa, Isparta.
- Varol, S., Davraz, A., 2010. Barutlusu ve Pınarbaşı Kaynak Sularının (Tefenni/Burdur) Hidrojeokimyasal Değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi; 14-2, s: 156-167.
- WHO, 2006. Guidelines for drinking water quality: incorporating first addendum. Vol. 1, recommendations, (3rd ed.), chapter 9: radiological aspects. Geneva: World Health Organization.
- Wilcox, B.P., Newman, B.D., Brandes D., Davenport D.W., Reid., K., 1997. Runoff from a semiarid ponderosa pine hillslope in New Mexico Water Resources Research, 33, 2301-2314.
- Yağmurlu, F., Bozcu, M., Şentürk, M., 2005. Burdur-Fethiye arasındaki bölgede Burdur fayının sismotektonik özellikleri: TÜBİTAK-ÇAYDAG, Proje No:101Y027, 79 s., (Yayımlanmamış Rapor).
- Yağmurlu, F. ve Şentürk, M., 2005. Güneybatı Anadolu'nun Güncel Tektonik Yapısı. Türkiye Kuvaterner Sempozyumu, İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, 2-5 Haziran, İstanbul.

Yalçınkaya, S., Ergin, A., Taner, K., Afşar, Ö., Dalkılıç, H. Ve Özgönül, E., 1986. Batı Torosların Jeoloji Raporu. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Rap: 7898 (yayımlanmamış), Ankara.

Yüksel, A., 2007. Üçtepe yöresinin (İmamoğlu – Adana) hidrojeolojik incelemesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 51 sayfa, Adana.

Yüzbaşıoğlu N., Başak E., Demirtaş H., Dönmez A., Özer N., 2001. Ege bölgesi termomineral sularının tıbbi balneolojik açıdan değerlendirilmesi. İstanbul Tıp Fakültesi Mecmuası, 4, 260-3.

Yüzbaşıoğlu N.,2002. Balneoloji ve Kaplıca Tıbbı, Bölüm: 22 Demirli, İyotlu ve Florlu Sular, sayfa: 195-198, İstanbul Üniv. Tıp Fak. Temel ve Klinik Bilimler Ders Kitabı, Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul

www.dsi.gov.tr işletmedeki baraj ve göletler Son erişim tarihi: 10.12.2010

www.turkceyazi.com.tr; 19.Haziran. 2010 tarihli Karataş Gölü, yapısı, oluşumu ile ilgili bilgiler adlı yazıdan. Son erişim tarihi: 07.02.2011

www.turkcebilgi.com Karataş gölü haritası. Son erişim tarihi: 07.02.2011

EKLER LİSTESİ

EK-1. Tefenni Ovası genel jeoloji haritası ve enine kesitleri

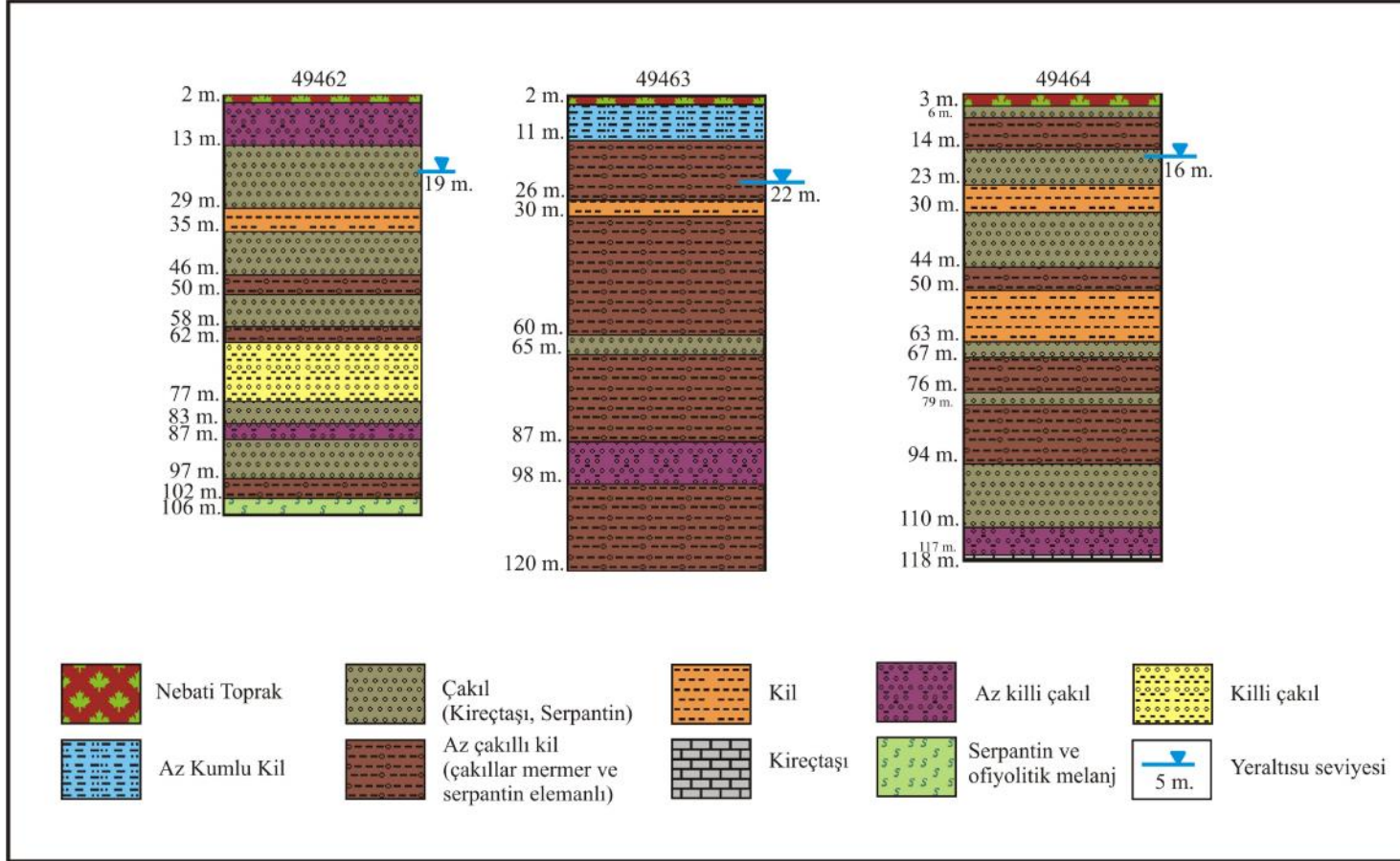
EK-2. Tefenni Ovası'nda açılmış sondaj kuyularına ait loglar

EK-3. Tefenni Ovası hidrojeoloji haritası

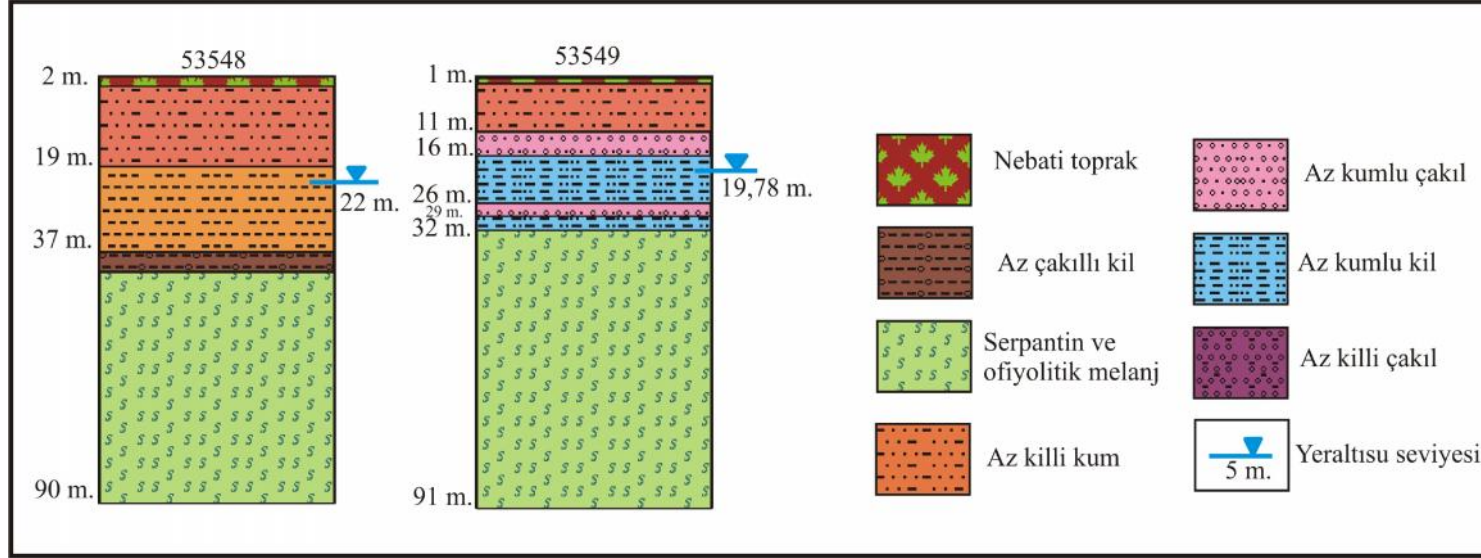
EK-1. Tefenni Ovası genel jeoloji haritası ve enine kesitleri

EK-1.(devam)

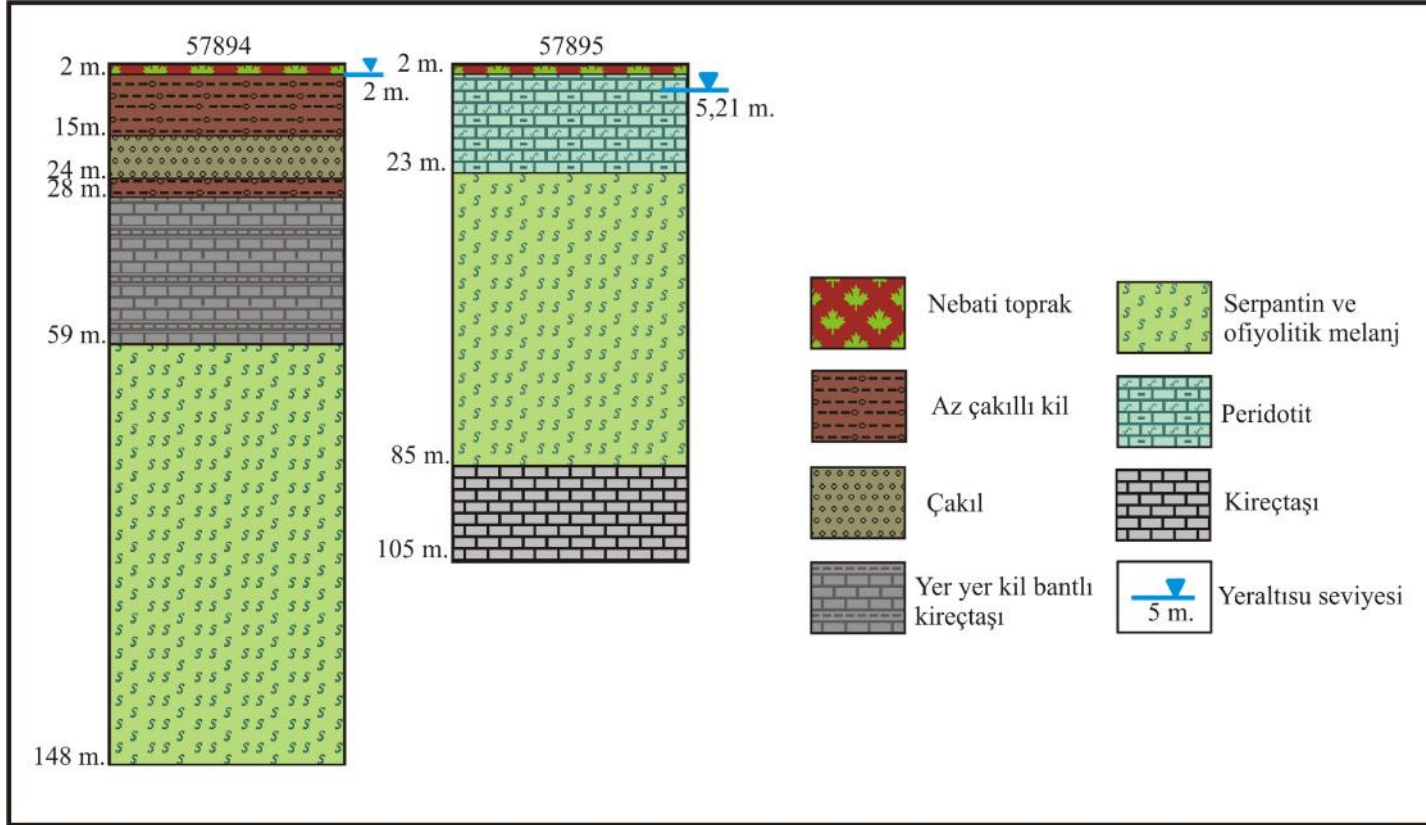
EK-2. Tefenni Ovası'nda açılmış sondaj kuyularına ait loglar



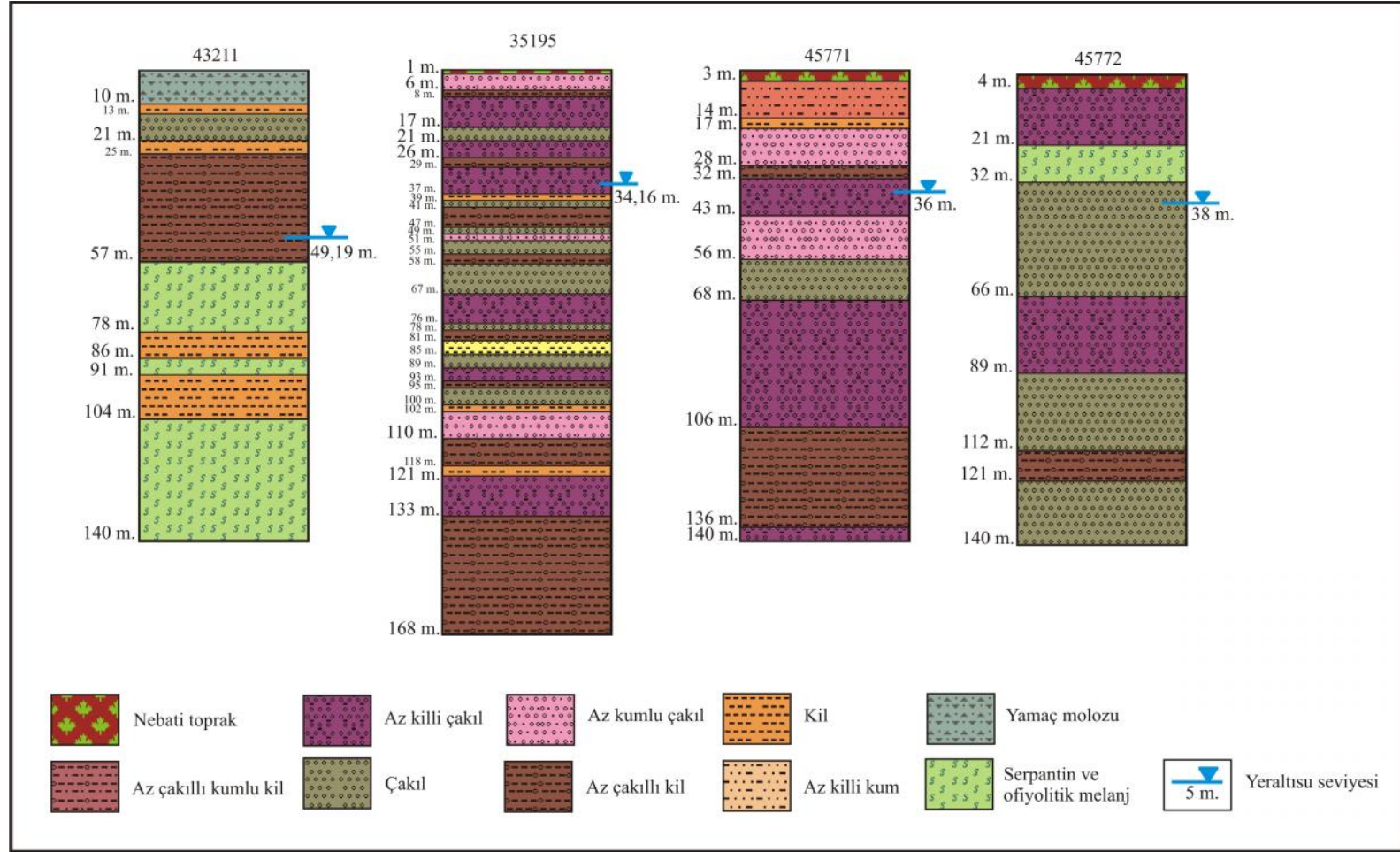
EK-2 (devam) DSİ' e ait Bayramlar köyünde açılmış olan kuyulara ait sondaj logları



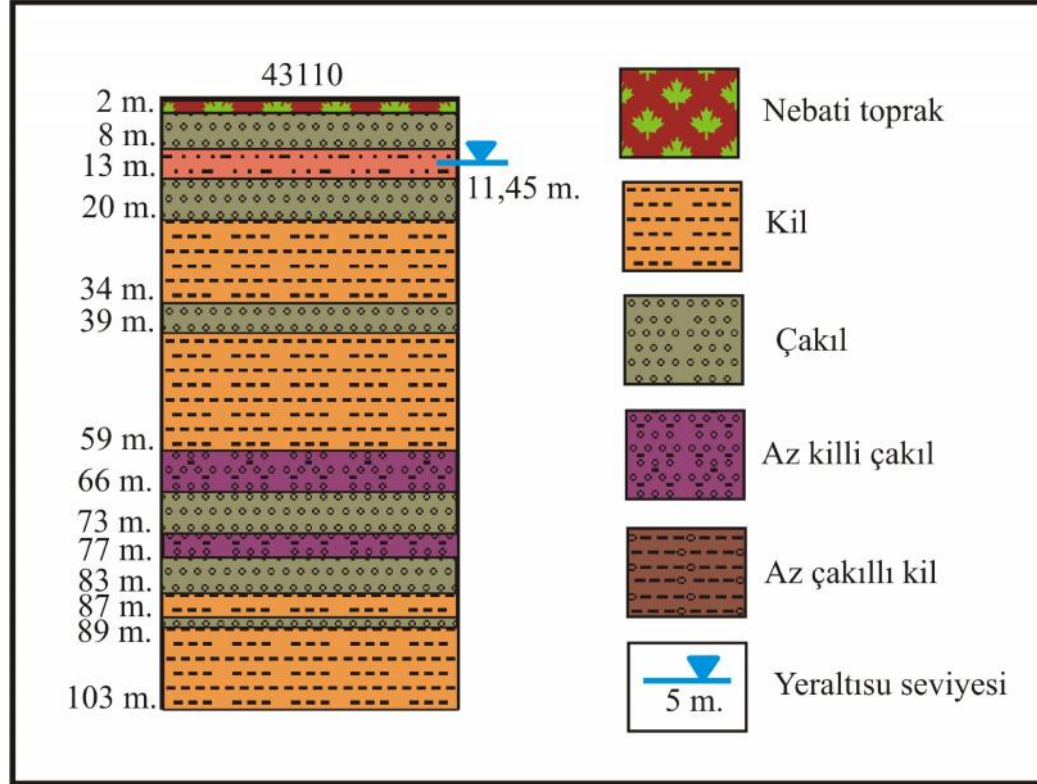
EK-2 (devam) DSİ' e ait Bedirli köyünde açılmış olan kuyulara ait sondaj logları



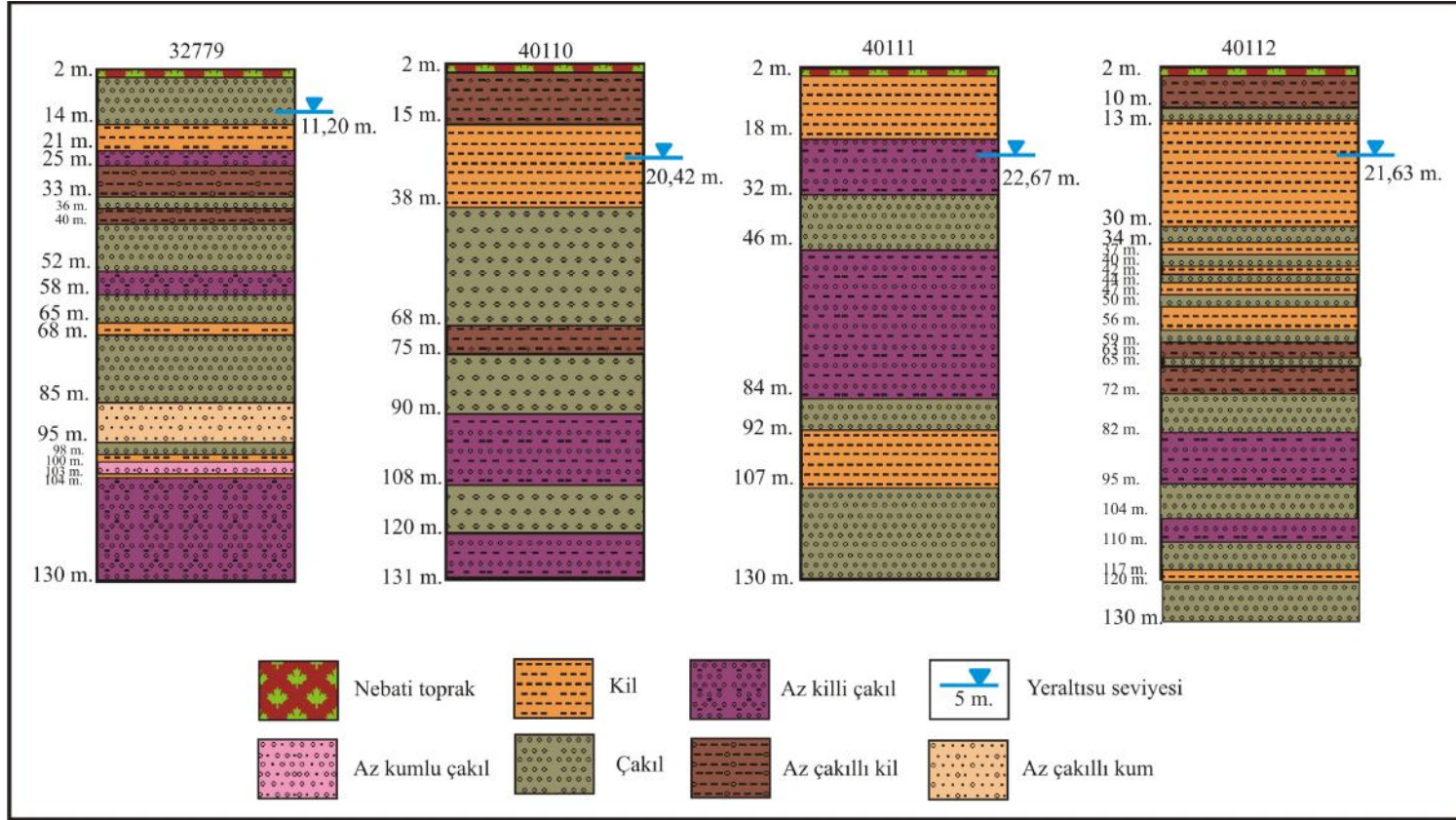
EK-2 (devam) DSİ' e ait Çaltepe köyünde açılmış olan kuyulara ait sondaj logları



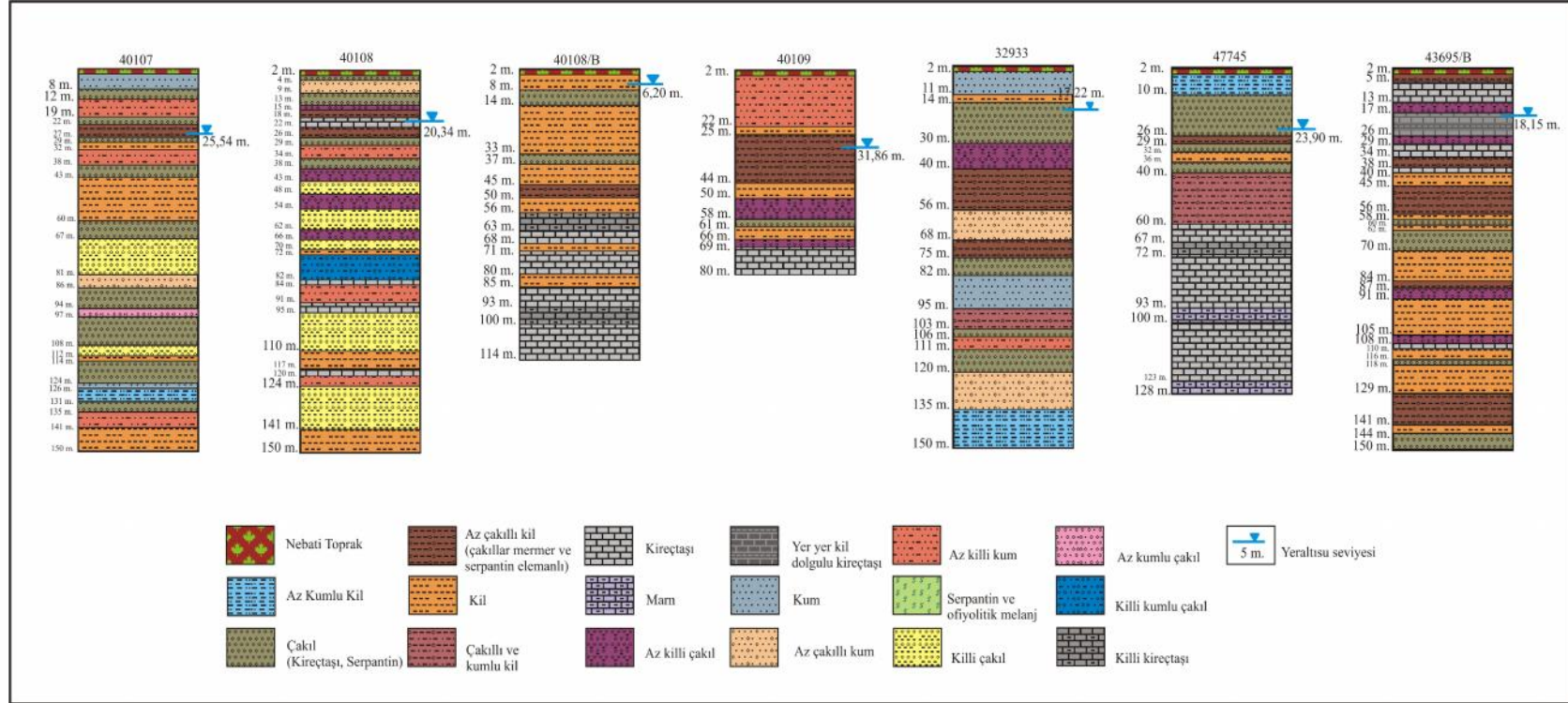
EK-2 (devam) DSİ' e ait Ece köyünde açılmış olan kuyulara ait sondaj logları



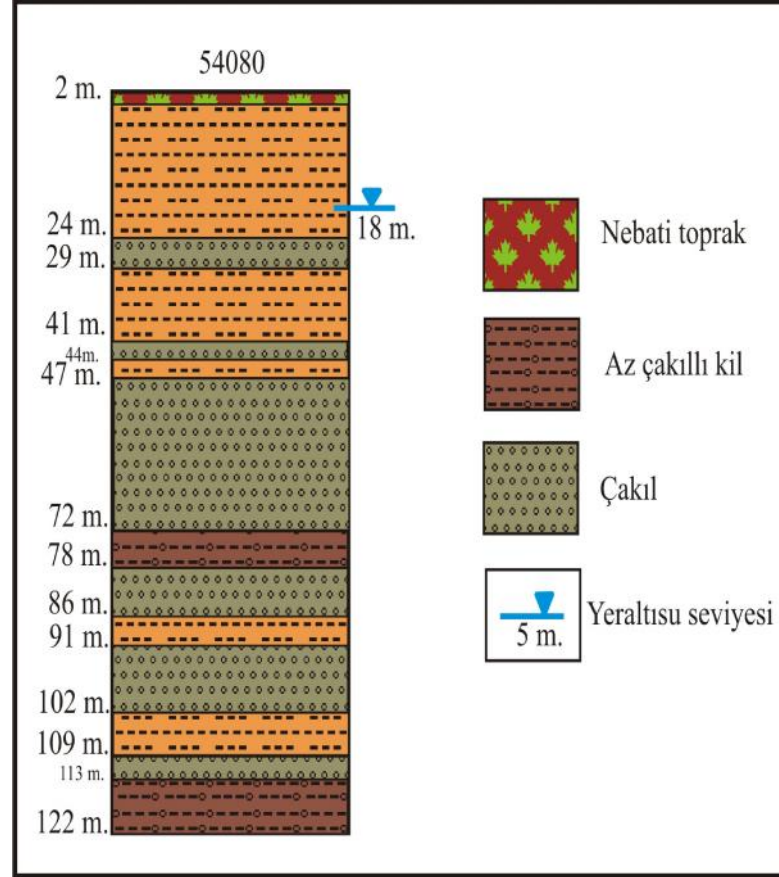
EK-2 (devam) DSİ' e ait Elmacık köyünde açılmış olan kuyulara ait sondaj logu



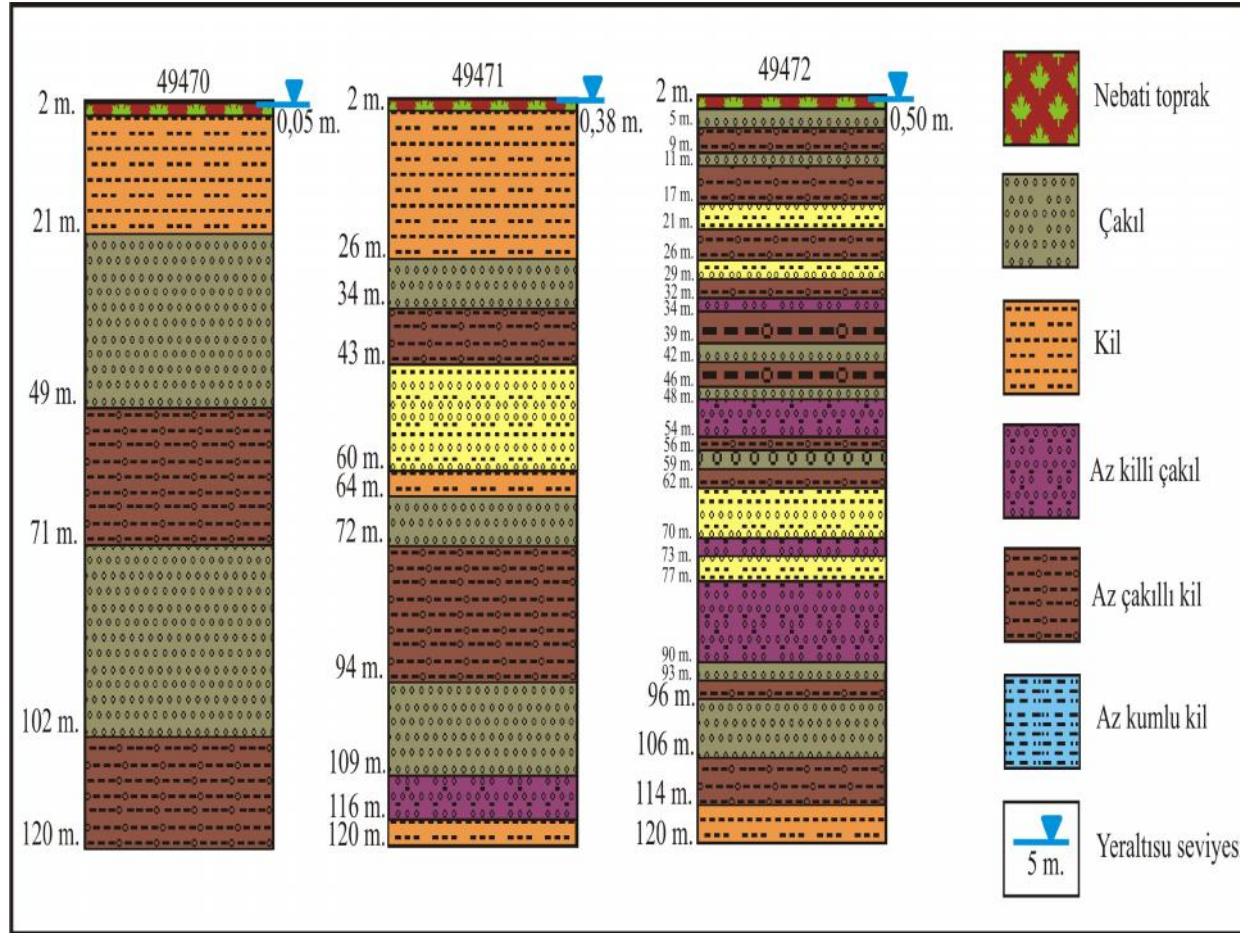
EK-2 (devam) DSİ' e ait Harman kaya köyünde açılmış olan kuyulara ait sondaj logları



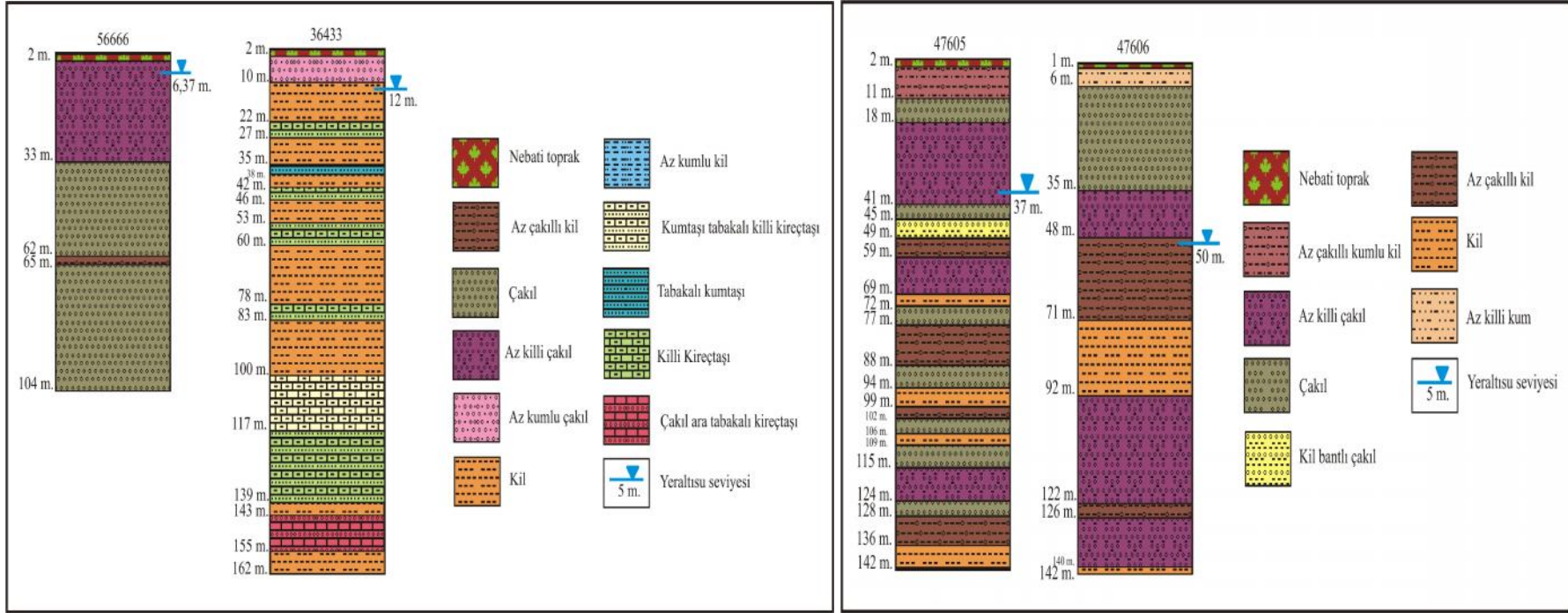
EK-2 (devam) DSİ' e ait Hasanpaşa köyünde açılmış olan kuyulara ait sondaj logları



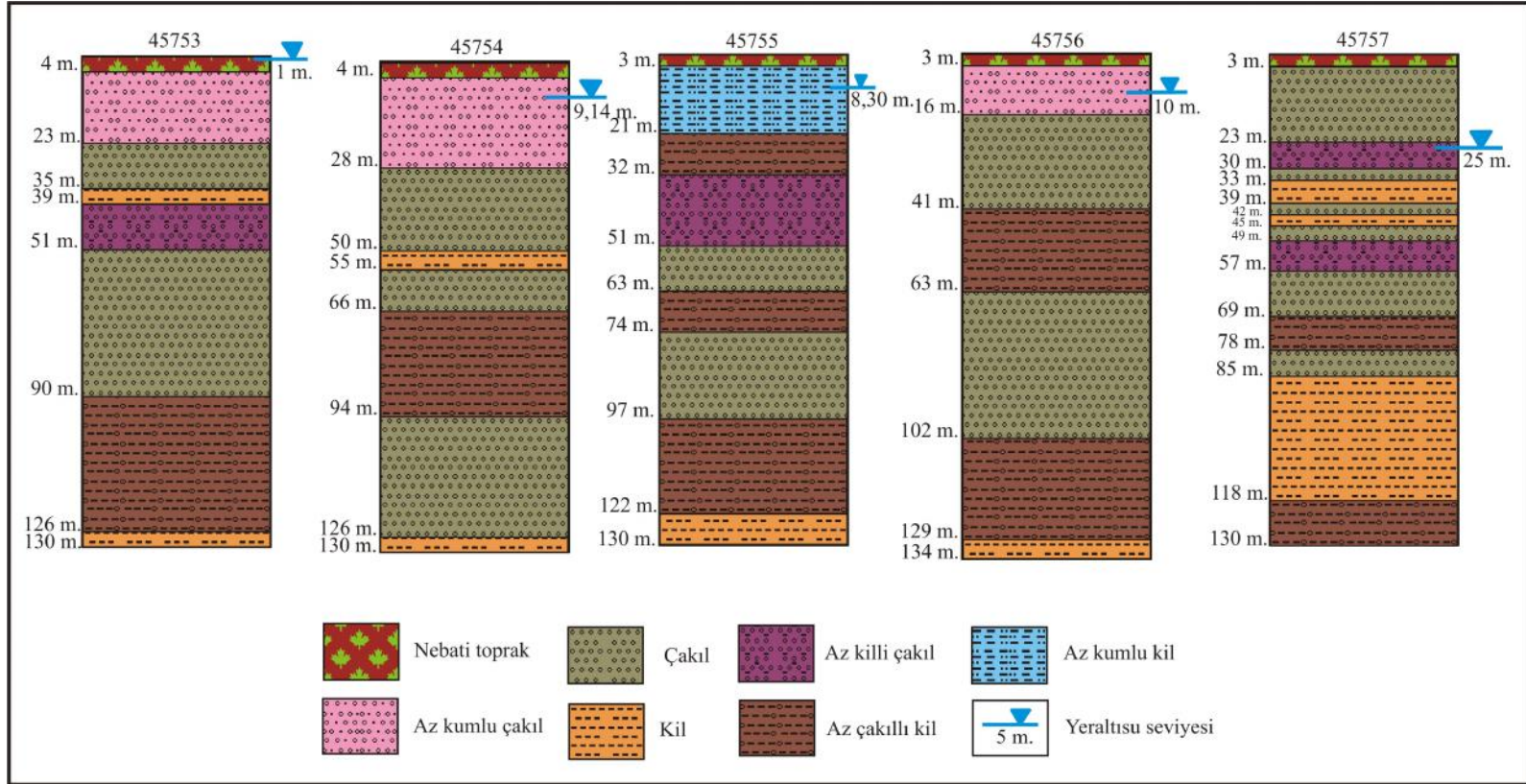
EK-2 (devam) İğdeli köyünde açılmış olan sondaj logu



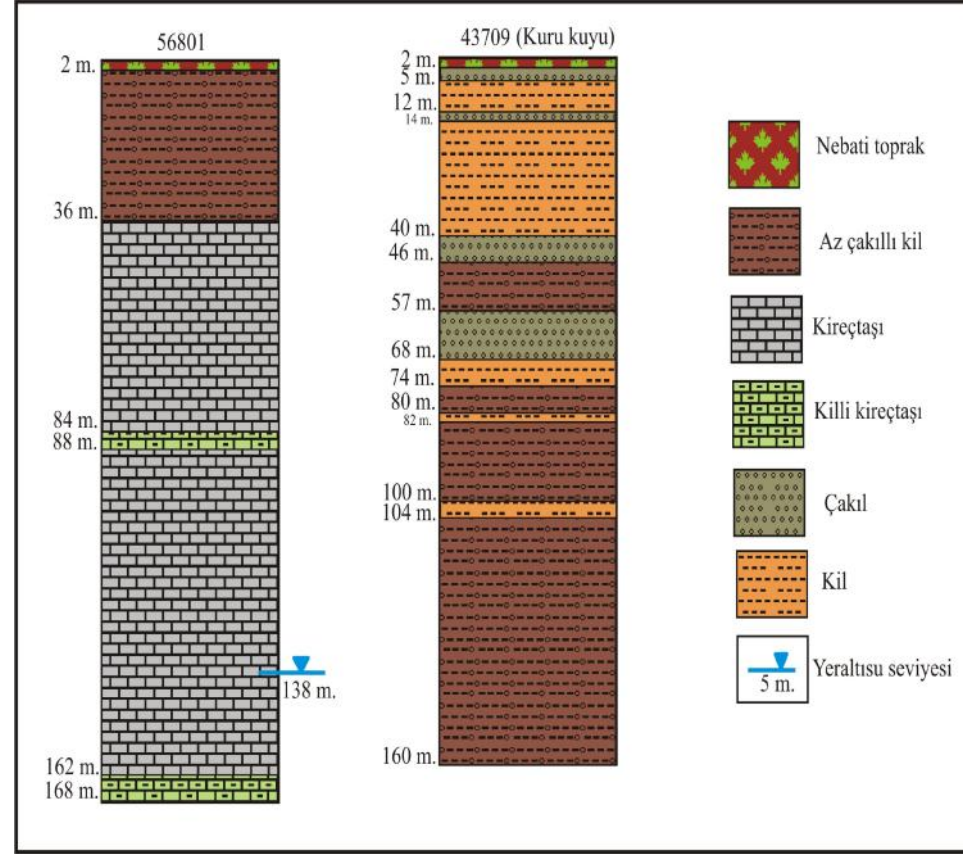
EK-2 (devam) Kayalı köyünde açılmış olan sondaj logları



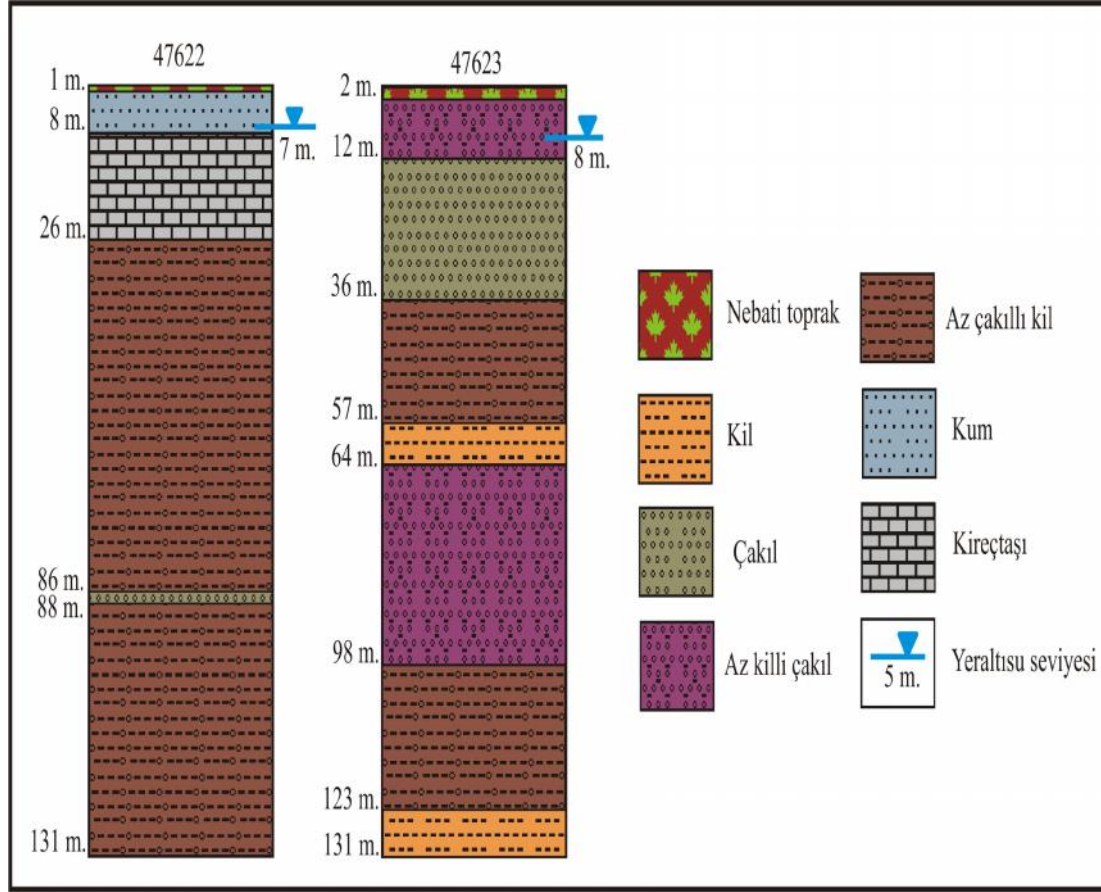
EK-2 (devam) Sırasıyla Kemer ve Kılcan köyünde açılmış olan kuyulara ait sondaj logları



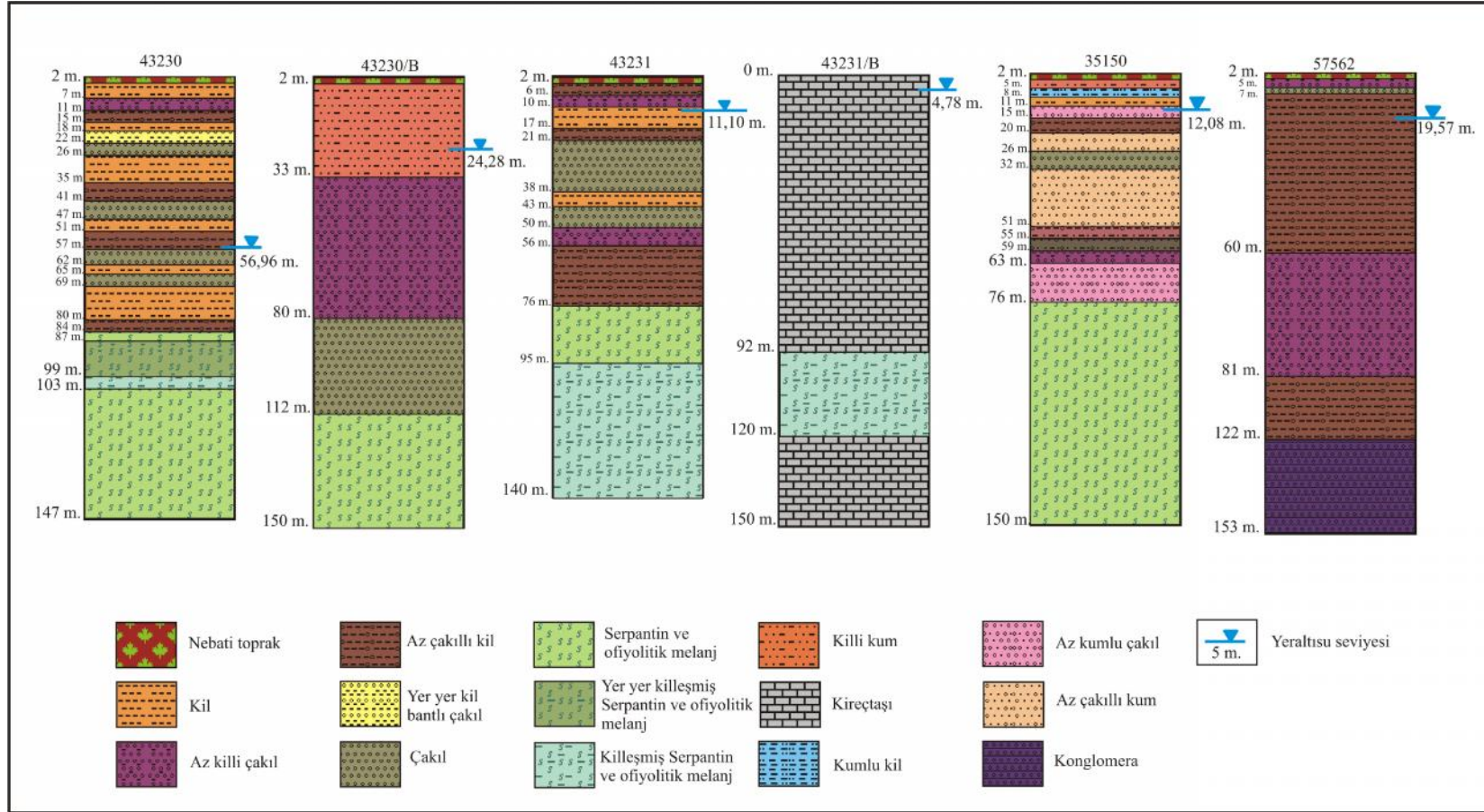
EK-2 (devam) DSİ' e ait Kılavuzlar köyünde açılmış olan kuyulara ait sondaj logları



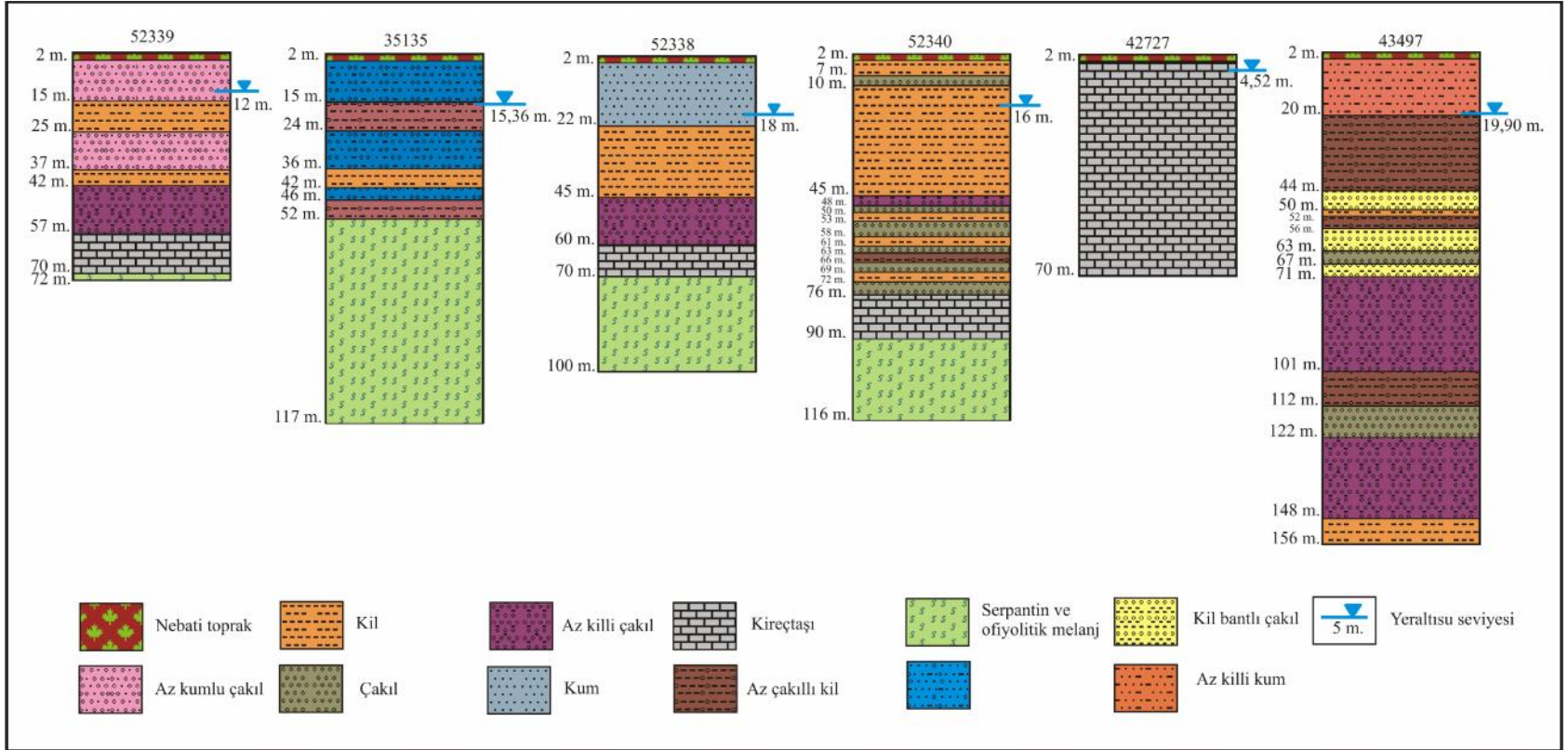
EK-2 (devam) Sırasıyla Kozluca köyünde açılmış olan kuyulara ait sondaj logları



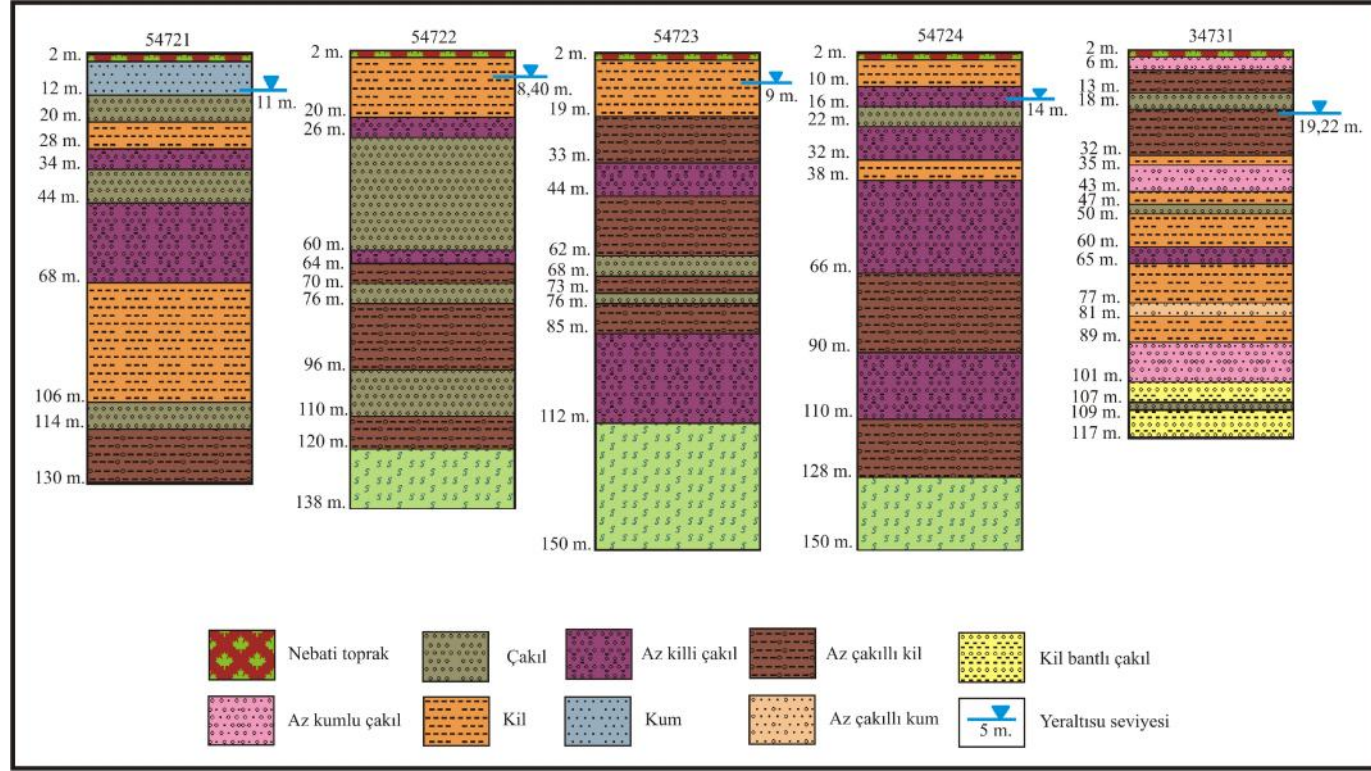
EK-2 (devam) Yaylaköy köyünde açılmış olan kuyulara ait sondaj logları



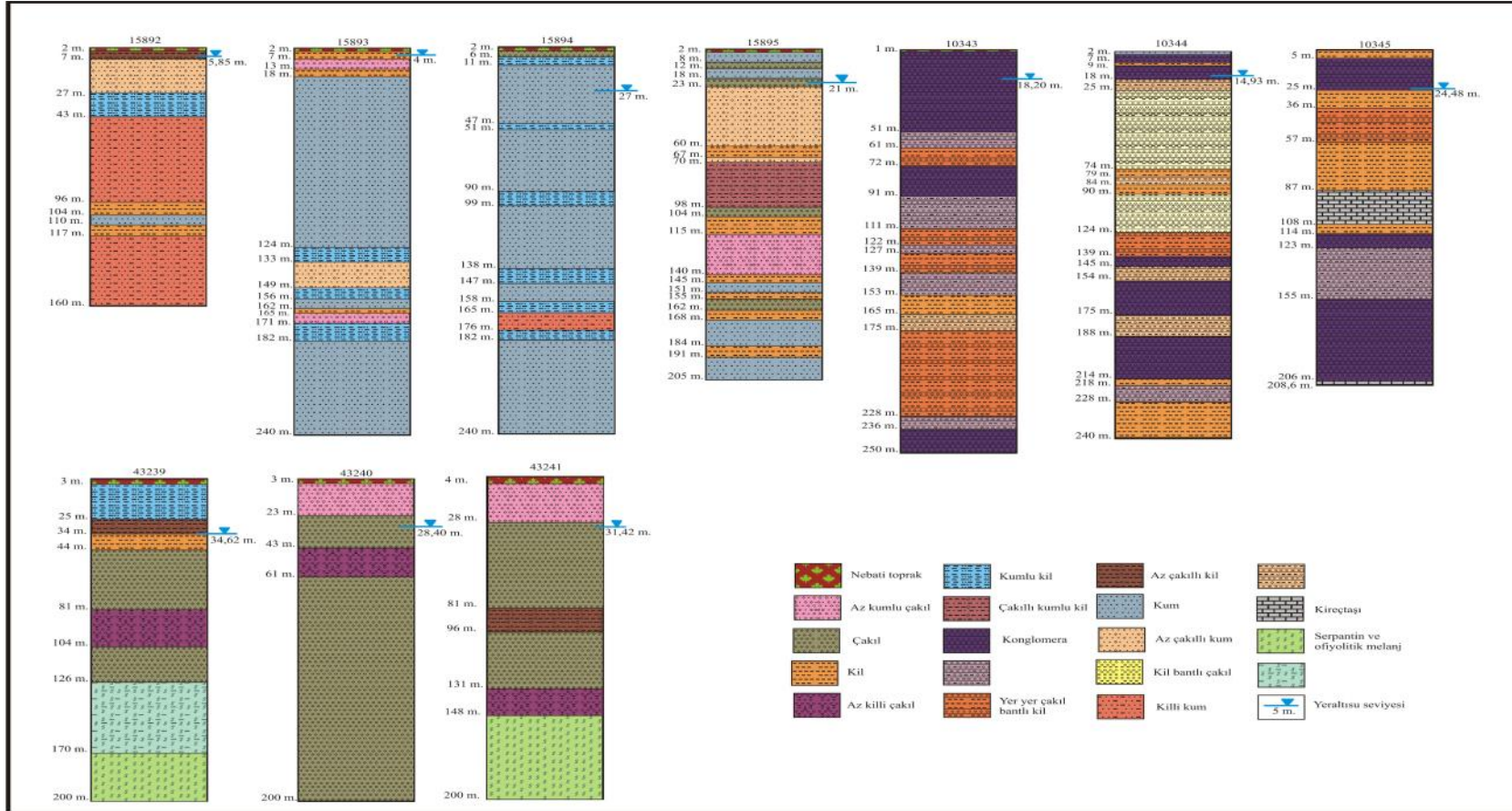
EK-2 (devam) Mürseller köyünde açılmış olan kuyulara ait sondaj logları



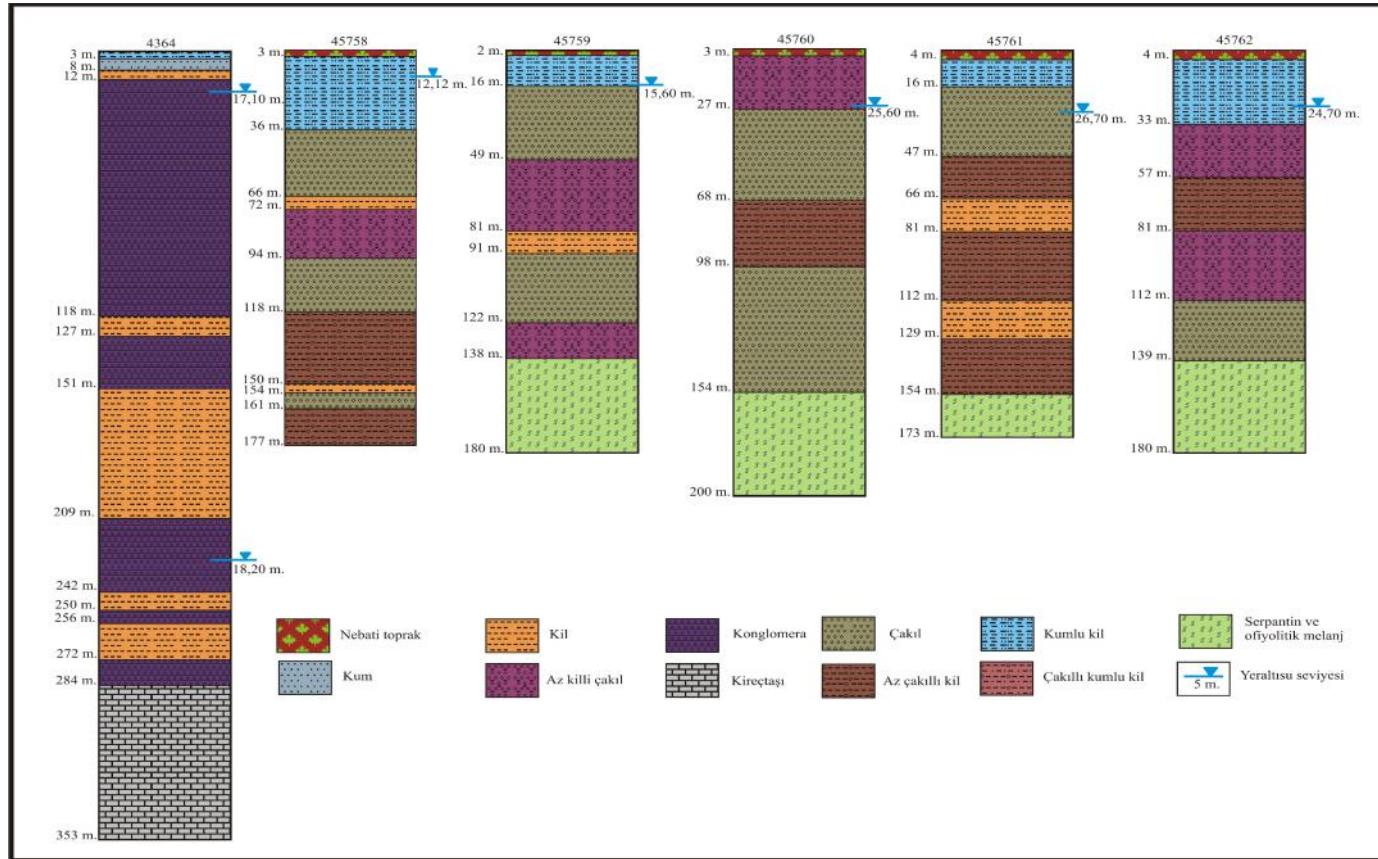
EK-2 (devam) Sazak köyünde açılmış olan kuyulara ait sondaj logları



EK-2 (devam) Seydiler köyünde açılmış olan kuyulara ait sondaj logları



EK-2 (devam) Tefenni merkezde açılmış olan kuyulara ait sondaj logları



EK-2 (devam) Yuvalak köyünde açılmış olan kuyulara ait sondaj logları

EK-3. Tefenni Ovası hidrojeoloji haritası

ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı: Simge Varol

Doğum Yeri: İstanbul

Doğum Yılı: 11.05.1978

Medeni Hali: Evli

Eğitim Durumu:

Lise: 1991-1994 Ankara Kalaba Lisesi

Lisans: 1995-2000 Süleyman Demirel Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü

Y.Lisans: 2004-2006 Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Jeoloji Müh. Bölümü

Doktora: 2006-(Devam ediyor) Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Jeoloji Müh. Bölümü

Kullandığı Bilgisayar Programları:

Microsoft Office Programları (Word, Excell, PowerPoint), Corel DrawX3, Arc GIS (Geographic Information Systems), Aquifer Test.

Yabancı Dil: İngilizce

Elde Ettiği Belgeler:

ALES: 70.663

ÜDS: 76.250

Üye Olduğu Kuruluş:

Jeoloji Mühendisleri Odası

İlgi Alanları:

Hidrojeoloji, Tıbbi Jeoloji, Yeraltısuyu Kimyası, Yeraltısuyu Kirliliği, Coğrafi Bilgi Sistemleri

SCI, SSCI ve AHCI tarafından taranan dergilerde yayımlanan teknik not, editöre mektup, tartışma, vaka takdimi ve özet türünden yayınlar dışındaki makaleler

1. **S. Varol**, A. Davraz. Hydrogeological Investigation of Sarkikaraagac Basin (Isparta/Turkey) and Groundwater Vulnerability. *Water International*, 2010; 35(2): 177-194.
2. E. Varol, S. Akcay, İ. H. Ersoy, B. K. Köroğlu, **S. Varol**. Impact of chronic fluorosis on left ventricular diastolic and global function. *Science of the Total Environment*, 2010; 408: 2295-2298.
3. İ. H. Ersoy, E. G. Alanoglu, B. K. Köroğlu, **S. Varol**, S. Akcay, Y. Ugan, S. Ersoy, M.N. Tamer. Effect of Endemic Fluorosis on Hematological Parameters. *Biological Trace Element Research*, 2010 Dec;138(1-3):22-7.
4. E. Varol, S. Akcay, İ. H. Ersoy, M. Ozaydin, B. K. Köroğlu, **S. Varol**. Aortic Elasticity is Impaired in Patients with Endemic Fluorosis. *Biological Trace Element Research*, 2010; 133: 121–127.
5. B. K. Köroğlu, İ. H. Ersoy, M. Köroğlu, A. Balkarlı, S. Ersoy, **S. Varol**, M.N. Tamer. Serum Parathyroid Hormone Levels in Chronic Endemic Fluorosis. *Biological Trace Element Research*, 2010 Sep 14. (Epub ahead of print)
6. O. Dede, E. Varol, A. Altinbas, **S. Varol**. Chronic fluoride exposure has a role in etiology of coronary artery ectasia: sialic acid/glycosaminoglycan ratio. *Biological Trace Element Research*, 2010 (Kabul edildi).
7. A. Davraz, **S. Varol**. Microbiological Risk Assessment and Sanitary Inspection Survey of Tefenni (Burdur/Turkey) Region. *Environmental Earth Science*, 2010 (Değerlendirmede).

8. I.H. Ersoy, B.K. Koroglu, **S. Varol**, S. Ersoy, E. Varol, F. Aylak, M.N. Tamer. Serum Copper, Zinc, and Magnesium Levels in Patients with Chronic Fluorosis. *Biological Trace Element Research*, 2010 Nov 16. (Epub ahead of print)

SCI, SSCI ve AHCI dışındaki indeks ve özler tarafından taranan dergilerde yayımlanan teknik not, editöre mektup, tartışma, vaka takdimi ve özet türünden yayınlar dışındaki makaleler

1. **S. Varol**, A. Davraz, E. Varol. Yeraltısuyu Kimyası ve Sağlığa Etkisinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi. *Türk Silahlı Kuvvetleri Koruyucu Hekimlik Dergisi* (TAF Prev Med Bull), 2008; 7(4): 351- 356.
2. **S. Varol**, A. Davraz. Yarışlı Gölü (Burdur- Türkiye) Sulak Alanının Hidrojeolojisi ve Hidrojeokimyasal Özelliklerinin Sağlığa Etkisi Açısından Değerlendirilmesi. *Ekolojiya ve Su Təsərrüfatı Jurnalı*, 2009; No:1, 30- 47.
3. E. Varol, **S. Varol**. Çevresel Bir Hastalık Olarak Fluorosis ve İnsan Sağlığına Etkisi. *Türk Silahlı Kuvvetleri Koruyucu Hekimlik Dergisi* (TAF Prev Med Bull), 2010; 9:(3).

4. **S. Varol**, A. Davraz. Barutlusu ve Pınarbaşı Kaynak Sularının (Tefenni/ Burdur) Hidrojeokimyasal Değerlendirilmesi. *S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2010; 14-2, s: 156-167.

SCI, SSCI ve AHCI dışındaki indeks ve özler tarafından taranan dergilerde yayımlanan teknik not, editöre mektup, tartışma, vaka takdimi ve özet türünden yayınlar

1. E. Varol, S. Akcay, İ. H. Ersoy, B. K. Köroğlu, **S. Varol**. Impact of chronic fluorosis on ventricular functions. Abstracts, *Fluoride*, 2010; 43(1): 77-80.

Hakemli dergilerde yayımlanan teknik not, editöre mektup, tartışma, vaka takdimi ve özet türünden yayınlar dışındaki makaleler

1. **S. Varol**, A. Davraz, E. Varol. Tıbbi Jeoloji ve Kardiyovasküler Hastalıklarla İlişkisi. *Genel Tıp Dergisi*, 2009; 19(1): 45-49.

2. E. Varol, **S. Varol**, A. Tokgözlü. Isparta İlinde Koroner Arter Ektazisinin Demografik Özellikleri ve Hastalığın Bölgesel Dağılımının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Gösterilmesi. *S.D.Ü. Tıp Fak. Dergisi*, 2009; 16(1): 11-15.

3. E. Varol, S. Akcay, İ. H. Ersoy, M. Ozaydin, B. K. Köroğlu, **S. Varol**. Electrocardiographic Evaluation in Patients with Endemic Fluorosis without Clinically Evident Heart Disease. *S.D.Ü. Tıp Fak. Dergisi*, 2010 (Kabul edildi).

4. **S. Varol**. Yeraltısularında Toplam Alfa ve Beta Aktivitesi. *S.D.Ü Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, Journal of Engineering Science and Design, Vol:1 No:3 pp.101-106, 2011.

Diğer süreli dergilerde yayımlanan makaleler

S. Varol, Çevre İçin Jeoloji; Çevre ve Sağlık Araştırmalarında Farklı Bir Boyut: Tıbbi Jeoloji (Medikal Jeoloji), *SDUGEO e-dergi*, vol. : 4, sayfa: 38-43, 2011.

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitaplarında Basılan Bildiriler

1. **S. Varol**, A. Davraz. Şarkikaraağaç Ovası (Isparta) Yeraltısularının Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Sağlığa Etkisi Açısından Değerlendirilmesi. 2nd Medical Geology Symposium with International Participation 6-10 Şubat 2008, MTA Ankara.

2. A. Davraz, **S. Varol**, T. İsmailov. Şarkikaraağaç (Isparta/Türkiye) Sıcak ve Mineralli Su Kaynaklarının Hidrojeokimyasal İncelemesi. "Use Of The Water Resources and Its Integretional Management In Globalization Processes", The III International Scientific And Practical Conference, Bölüm 2, sayfa 148, 2006, Bakü Azerbaijan.

Ulusal Kongre ve Sempozyumlarda Sunulan ve Bildiri Kitaplarında Basılan Bildiriler

1. **S. Varol**, A. Davraz, Y. Yalçın. Yarışlı Gölü Sulak Alanının (Burdur) Hidrojeoloji İncelemesi. Su-Enerji-Sağlık'08 Sempozyumu, Aksaray Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 20-23 Ekim 2008 Aksaray.
2. A. Davraz, **S. Varol**. Uşak İli Sıcak ve Mineralli Su Kaynaklarının Sağlığa Etkisinin Değerlendirilmesi. VII. Ulusal Kaplıca Tıbbi Ve Balneoloji Kongresi 10-12 Nisan 2008, Afyonkarahisar.

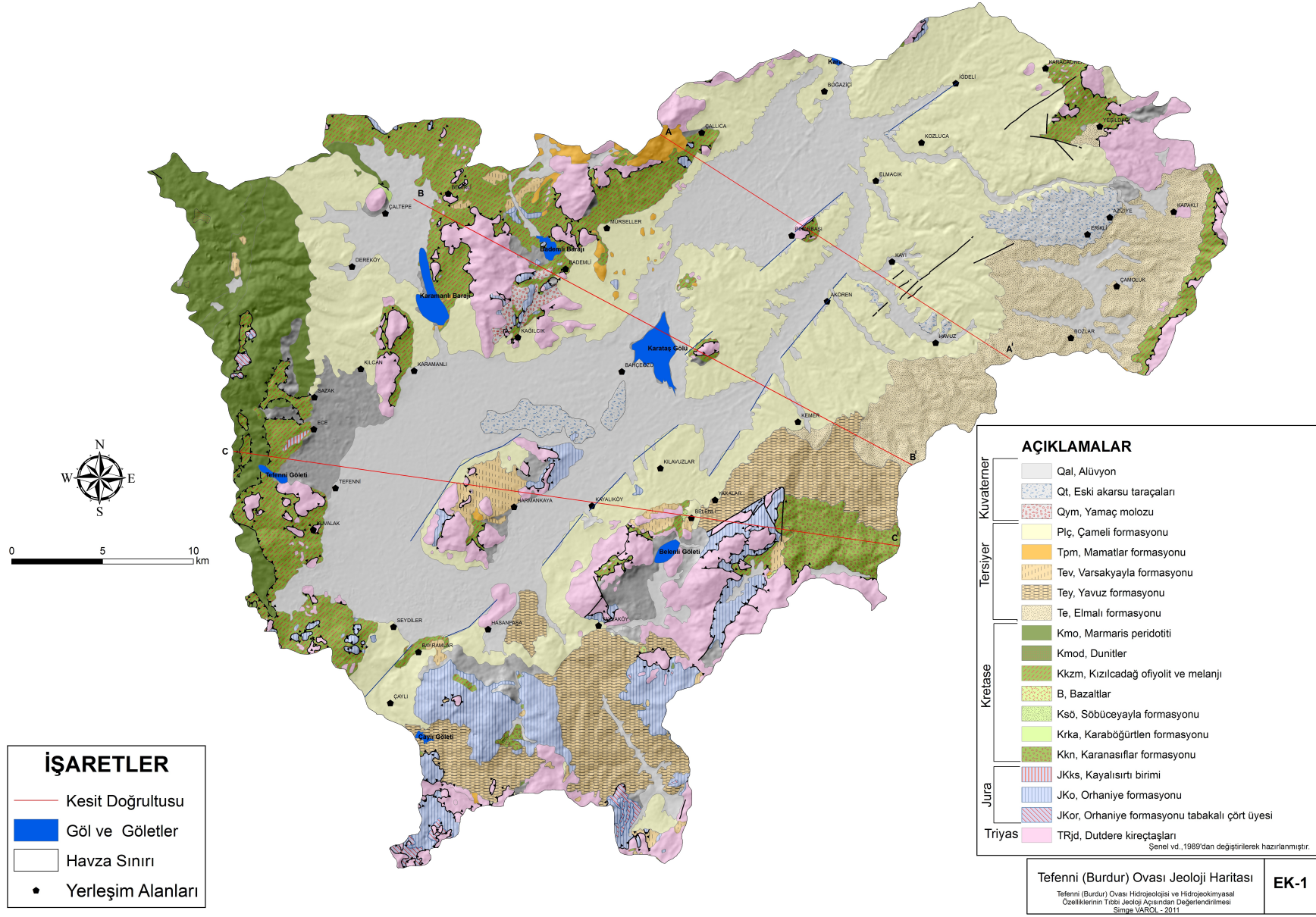
Katıldığı Kurs ve Sempozyumlar:

1. "Hidrojeoloji Mühendislik Uygulamaları kursu", TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, 19-24 Ocak 2004, Ankara.
2. "Isotope Geochemistry kursu", Cumhuriyet Üniversitesi- University of Nevada, Reno- TÜBİTAK-BAYG, 6-8 Haziran 2005, Sivas.
3. "Türkiye Pomza Sempozyumu ve Sergisi", Süleyman Demirel Üniversitesi, 15-17 Eylül 2005, Isparta.
4. "Fluid Geochemistry in Geothermal Exploration and Exploitation" kursu, Pamukkale Üniversitesi, 3- 5 Eylül 2007, Denizli.
5. "2nd Medical Geology Symposium with International Participation", 6-10 Şubat 2008, MTA Ankara.
6. "VII. Ulusal Kaplıca Tıbbi Ve Balneoloji Kongresi", 10-12 Nisan 2008, Afyonkarahisar.
7. "Introduction to ArcGIS I and II", 21-25 Nisan 2008, SDÜ, Isparta.
8. "Su-Enerji-Sağlık 08 Sempozyumu" 20-23 Ekim 2008 Aksaray Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Aksaray.

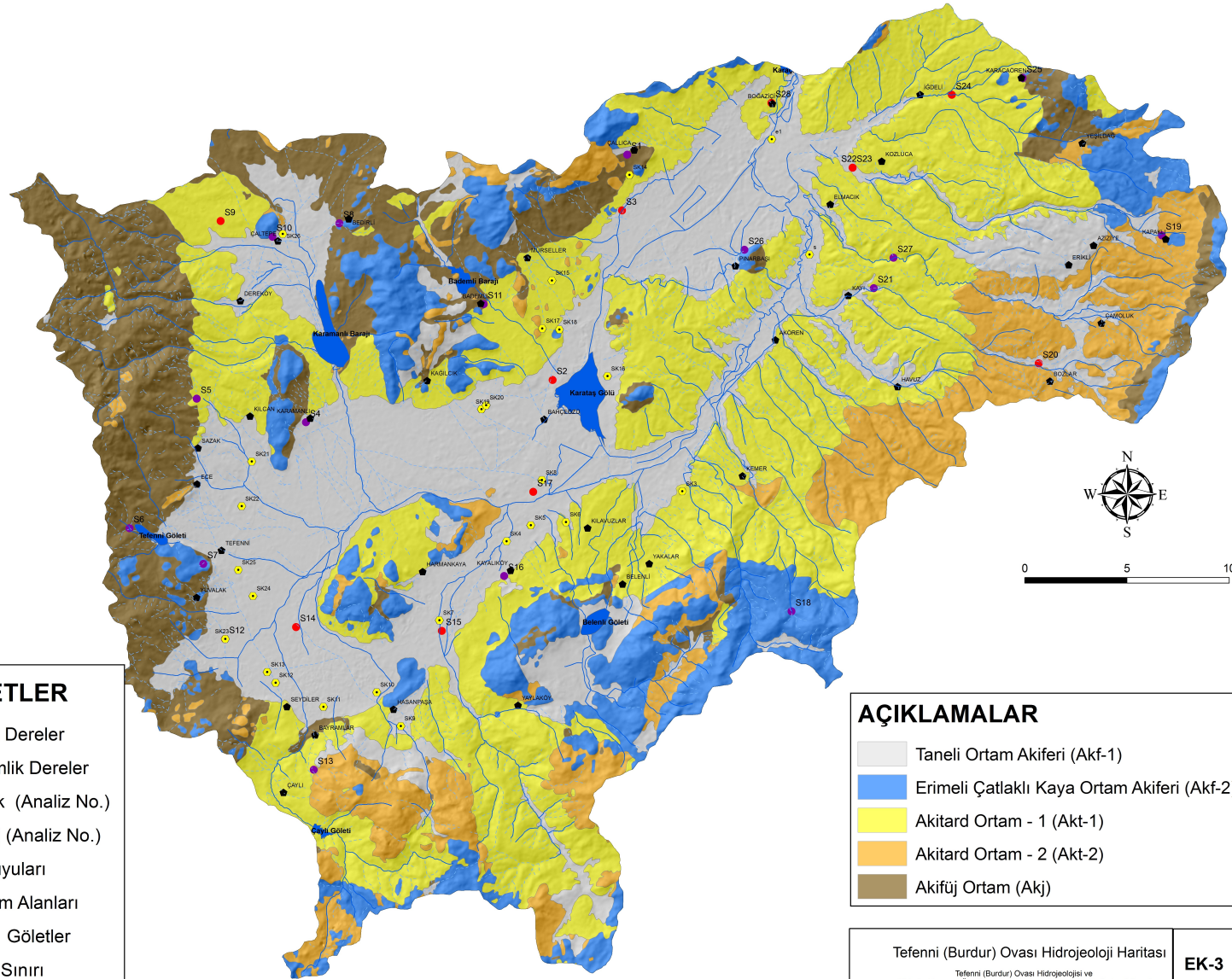
Katıldığı Projeler:

1. "Şarkikaraağaç Havzasının (Isparta) Hidrojeoloji İncelemesi", (2004-2006), Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, BAP Projesi, 105 s.
2. "İçme Suyu Havzalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Sürdürülebilir Su Kalite Yönetimi Oluşturulması: Eğirdir Gölü Modeli", (2009-2012), TÜBİTAK 1001 Proje No: 108Y258.
3. "Tefenni (Burdur) Ovası Hidrojeolojisi ve Hidrojeokimyasal Özelliklerinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi", (2006-2011), Süleyman Demirel Üniversitesi BAP Projesi (1805-D-09) doktora tezi.

TEFENNİ OVASI (BURDUR) JEOLJİ HARİTASI



TEFENNİ OVASI (BURDUR) HİDROJEOLOJİ HARİTASI



İŞARETLER

- Sürekli Dereler
- - - - - Mevsimlik Dereler
- Kaynak (Analiz No.)
- Sondaj (Analiz No.)
- DSİ Kuyuları
- Yerleşim Alanları
- Göl ve Göletler
- Havza Sınırı

AÇIKLAMALAR

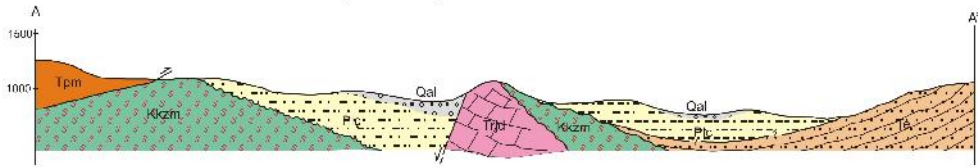
- Taneli Ortam Akiferi (Akf-1)
- Erimeli Çatlaklı Kaya Ortam Akiferi (Akf-2)
- Akitard Ortam - 1 (Akt-1)
- Akitard Ortam - 2 (Akt-2)
- Akifuj Ortam (Akj)

Tefenni (Burdur) Ovası Hidrojeoloji Haritası

Tefenni (Burdur) Ovası Hidrojeolojisi ve
Hidrojeokimyasal Özelliklerinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi
Simge VAROL - 2011

EK-3

TEFENNİ (BURDUR) OVASI JEOLOJİK ENİNE KESİTLERİ



AÇIKLAMALAR

Qal	Allüvyon
Plç	Çamel formasyonu
Tev	Varsakyyula formasyonu
Tey	Yavuz formasyonu
Tö	Etmali formasyonu
Trjd	Dutlereo kireçtaşları
Jko	Orhaniye formasyonu
Kkz	Karacasiflar formasyonu
lpm	Mematlar formasyonu
Kkz	Kızılcaadağ ofiyalit ve melanjı

0 1km.

EK-1 (Devamı)

Simge VAROL (2011)

