

Farklı Rezervuarlara Sahip Uşak İli Jeotermal Alanlarının Kavramsal Hidrojeokimyasal Modellenmesi

Proje No: 108Y016

Yrd. Doç. Dr. Ali GÖKGÖZ
Prof. Dr. Mehmet ÖZKUL
Yrd. Doç. Dr. Ali KAYA
Yrd. Doç. Dr. Mete HANÇER
Uzman Oruç BAYKARA
Araş. Gör. Zeynep ÖRÜ
Jeo. Müh. Taylan AKIN
Angelo MINISSALE
Orlando VASELLI

ŞUBAT 2011
DENİZLİ

ÖNSÖZ

Günümüzde jeotermal kaynaklar, bulunduğu bölgenin sosyoekonomik kalkınmasında önemli itici güçlerden birisidir. Bu açıdan bakıldığında Türkiye'nin farklı bölgelerinde jeotermal potansiyelin yüksek olduğu yerlerin sayısı oldukça fazladır. Yapılacak ayrıntılı çalışmalarla hem yeni sahaların bulunması hem de mevcut sahalardan en iyi nasıl yararlanılabileceğinin ortaya konması gerekmektedir. Bu gün için mevcut sahalarda enerji üretimi, sera ve konut ısıtılması, termal turizm gibi alanlarda ekonomik faaliyetler sürdürülmektedir.

Çalışma, Uşak İli'nin jeotermal potansiyelini ayrıntılı bir şekilde ortaya koymak için yapılmıştır. Bu amaçla jeotermal sahalarda arazi ve laboratuvar çalışmaları yapılması öngörülmüştür. Laboratuvar analizlerinin bir kısmı yurtdışında yaptırılmıştır

Bölgede Neojen döneminde KD-GB, D-B doğrultulu grabenler gelişmiştir. Neojen grabenleri volkanik ara katkılar da içeren karasal tortullarla doldurulmuştur. Neotektonik ve volkanik etkinlik, yüksek jeotermal anomalilerin ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Bu çalışmanın amacı, Uşak ili jeotermal alanlarının jeolojik ve tektonik yapısının ayrıntılı olarak incelenmesi ve bu sahaların kavramsal hidrojeokimyasal modellemesinin yapılmasıdır.

Çalışma Pamukkale Üniversitesi'nden 4 öğretim üyesi, 3 bursiyer ile gerçekleştirilmiştir. İtalya'dan 2 danışman bilim adamı danışman statüsünde projede yer almışlardır.

Proje ekibi, proje çalışmalarında çeşitli konularda yardımlarını esirgemeyen Uşak İl Genel Meclis üyesi Yaşar LEBLEBİCİ, PAÜ Jeoloji Müh. Bölümü'nden Araş. Gör. Dr. Ali BÜLBÜL, Araş. Gör. Sefer Beran ÇELİK, Afyon Kocatepe Üniversitesi Jeoloji Müh. Bölümü'nden Araş. Gör. Can BAŞARAN'a teşekkür eder.

Bu çalışma 108Y016 nolu proje çerçevesinde TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
2. JEOLOJİ	3
2.1. Emirfakı ve Örencik Sahaları	3
2.1.1. Emirfakı Sahası	3
2.1.2. Örencik Sahası	9
2.1.3. Yapısal Jeoloji	12
2.2. Aksaz ve Hasköy Sahaları	16
2.2.1. Aksaz Jeotermal Sahası	16
2.2.2. Hasköy Jeotermal Sahası	23
2.2.3. Yapısal Jeoloji	27
2.3. Karaağaç Jeotermal Sahası	32
2.3.1. Stratigrafi	32
2.3.2. Yapısal Jeoloji	35
2.4. Hamamboğazı ve Kızılcaören Jeotermal Sahaları	36
2.4.1. Paleozoyik	36
2.4.2. Mesozoyik	37
2.4.3. Senozoyik	39
2.4.4. Yapısal Jeoloji	41
3. UŞAK İLİ JEOTERMAL ALANLARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ	45
3.1. Meteorolojik Verilerin Değerlendirmesi	45
3.1.1. Genel Bilgi ve Değerlendirmeler	45
3.1.2. Su Bütçesi	49
3.2. Emirfakı Jeotermal Sahası	52
3.2.1. Örnekleme Noktaları	52
3.2.2. Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri	54
3.2.3. Hidrojeokimya	54
3.2.3.1. Suların Fiziksel Özellikleri	54
3.2.3.2. Suların Kimyasal Özellikleri	55
3.2.3.3. Suların Kökeni ve Değerlendirme	56
3.3. Örencik Jeotermal Sahası	66
3.3.1. Örnekleme Noktaları	66
3.3.2. Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri	67
3.3.3. Hidrojeokimya	67

3.3.3.1. Suların Fiziksel Özellikleri	67
3.3.3.2. Suların kimyasal özellikleri	68
3.3.3.3. Suların kökeni ve değerlendirme	69
3.4. Aksaz Jeotermal Sahası	78
3.4.1. Örnekleme Noktaları	78
3.4.2. Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri	81
3.4.3. Hidrojeokimya	81
3.4.3.1.Suların fiziksel özellikleri	81
3.4.3.2. Suların kimyasal özellikleri	84
3.4.3.3. Suların kökeni ve değerlendirme	85
3.5. Hasköy Jeotermal Sahası	94
3.5.1. Örnekleme Noktaları	94
3.5.2. Hidrojeokimya	95
3.5.2.1.Suların fiziksel özellikleri	95
3.5.2.2. Suların kimyasal özellikleri	96
3.5.2.3. Suların kökeni ve değerlendirme	96
3.6. Karaağaç Jeotermal Sahası	105
3.6.1. Örnekleme Noktaları	105
3.6.2. Hidrojeokimya	107
3.6.2.1.Suların fiziksel özellikleri	107
3.6.2.2. Suların kimyasal özellikleri	107
3.6.2.3. Suların kökeni ve değerlendirme	108
3.7. Banaz Jeotermal Sahası	114
3.7.1. Örnekleme Noktaları	114
3.7.2. Suların kökeni ve değerlendirme	118
4. İZOTOP SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	134
4.1. Tritiyum	134
4.2. ¹⁸ O ve ² H	137
5. GAZ VE GAZ İZOTOPU ANALİZLERİ	141
6. JEOTERMOMETRİ	142
6.1. Silis Jeotermometreleri	142
6.2. İyon Değişimine Bağlı Jeotermometreleri	144
6.3. Mineral Denge-Sıcaklık Diyagramı Jeotermometresi	146
6.4. Karışım modelleri	147

6.4.1. Entalpi-Klorür Karışım Modeli	147
6.4.2. Entalpi-silis Karışım Modeli	150
6.5. Kükürt İzotop Jeotermometreleri	152
7. SULARIN MİNERAL DOYGUNLUKLARI VE ÇÖKELTME EĞİLİMDE OLDUKLAR MİNERAL TÜRLERİ	154
8. TERMAL KÜR ANALİZLERİ	160
9. SICAK SU ÇÖKELLERİ	162
9.1. Hamamboğazı Traverten Sahası	162
9.2. Kızılcaören Traverten Sahası	165
9.3. Örencik Traverten Sahası	167
9.4. Aksaz Traverten Sahası	169
10. SONUÇLAR	175
KAYNAKLAR	177

ŞEKİLLER

2.1	Emirfakı kaplıcası, tabanda gözlenen kumtaşı, kıltaşı ar dalanması	4
2.2	Yeniköy formasyonuna ait sarımsı-turuncu renkli çakıltaşı, kumtaşı ar dalanması	4
2.3	Yeniköy formasyonuna ait çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı ar dalanması, dikendere.	4
2.4	Örencik sahası Yenişehir kasabası kuzeyindeki Bakacak tepede yüzeylenen İnay grubu Ahmetler formasyonu içindeki beyazımsı sarı kumtaşı, silttaşı, tüfit, kıltaşı, marn ve kireçtaşı ar dalanması.	5
2.5	Emirfakılı-Akbulak köyleri arasında yüzeylenen Ahmetler formasyonu'nun Balçıklıdere üyesine ait kıltaşı, marn, tebeşir ve killi kireçtaşından görünüm.	6
2.6	Emirfakılı güneyi, silis yumru lu kireçtaşı, marn.	6
2.7	Örencik sahası, Fakılı köyü kuzeyi, kıltaşlarının ara seviyelerindeki silislerin aşınma dirençleri sayesinde gelişmiş olan peri bacası oluşumları.	7
2.8	Örencik sahası, silttaşı, kumtaşı, tüfit ar dalanması, Çamyazı köyü batısı.	7
2.9	Örencik sahası, Dündükçü mahallesi civarı, andezitik aglomeralar.	8
2.10	Akbulak köyü güneyi, Ulubey formasyonunun kireçtaşları, soğuksu kaynağı yanı	8
2.11	Karabeyli köyü GD'su, Asartepe formasyonunun kırmızı renkli kumtaşı ve çakıltaşları.	9
2.12	Örencik köyü güneyi, gözlü gnayslar	10
2.13	Örencik sahası, kuvarsit bantlı gnayslar, Cemalçavuş köyü doğusu, Bozlar deresi.	10
2.14	Örencik kaplıcasının 2 km kuzeyi, Uşak-İzmir karayolu yol yarması, feldspatların oluşturduğu iri gözlü gnayslar.	11
2.15	Faylarla yükselen birimlerin kenarlarında, genellikle yükselen birimlerin aşınmasıyla çöküntü alanları dolduran köşeli çakıllar ve kumlardan oluşan genç oluşuklar.	11
2.16	Faylarla yükselen birimlerin kenarlarında, genellikle yükselen birimlerin aşınmasıyla çöküntü alanları dolduran genç oluşuklar.	12
2.17	Faylarla yükselen birimlerin kenarlarında, genellikle yükselen birimlerin aşınmasıyla düşen blok tarafındaki çöküntü alanları dolduran genç oluşuklar. Yeşil, gri renkli siltler.	12
2.18	Emirfakılı ve Örencik jeotermal sahalarında gözlenen faylara kontur ve β -diyagramı.	13
2.19	Emirfakılı ve Örencik jeotermal sahalarında gözlenen faylara ait doğrultu gül diyagramı.	13
2.20	Örencik jeotermal sahasında yüzeylenen metamorfite ler içinde gelişmiş çatlaklara ait doğrultu gül diyagramı.	14
2.21	Emirfakılı ve Örencik jeotermal sahalarında yüzeylenen metamorfite lerdeki lineasyonlara ait kontur diyagramı.	14
2.22	Emirfakılı ve Örencik jeotermal sahalarında yüzeylenen metamorfite lerdeki yapraklanma düzlemlerine ait kontur diyagramı.	15
2.23	Akbulak köyü kuzeyinde, kıltaşları içinde gelişmiş kayma çizikleri belirgin, KB-GD doğrultulu oblik atımlı, verev fay (sağ yönlü doğrultu atım bileşeni olan normal fay).	15
2.24	Metamorfite ler içinde gelişen düzenli çatlak takımları	16
2.25	Fay zonlarında gelişen hidrotermal alterasyon, Fe-oksit alterasyonu, Örencik köyü güneyi.	16

2.26	Kumsüren derenin kuzey kenarında yüzeylenen gözlü gnayslar, Konak köyü 2 km KD'su.	17
2.27	Ardalanmalı bir şekilde gözlenen farklı dokusal özelliklere sahip gnayslar, altta mikaca zengin gnayslar, üstte feldspat gözlü gnayslar. Konak köyünün yaklaşık 500 m. KB'sı.	18
2.28	Çatlaklı kuvars-feldspat mikaşistler, Kayalı köyü güneyi.	18
2.29	Mesozoyik mermerler, iri kristalli, Süt-beyaz renkli mermerlerin uzaktan görünümü, Adıgüzel barajının Banaz Çayı vadisi üzerinde uzanan kolu, Hanyeri köyü 2 km doğusu.	19
2.30	İri kristalli, süt-beyaz renkli mermerlerin yakından görünümü, Yakındaki bir mermer ocağından çıkarılmış bloklar. Adıgüzel barajının Banaz Çayı vadisi üzerinde uzanan kolu, Hanyeri köyü 2 km doğusu.	19
2.31	Çapraz tabakalanmalı kumtaşı-çakıltaşı-silttaşı ardalanması. Aksaz köyünün 3 km GB'sı, Aksaz Hamam Çayı KD kenarı, Bakış yönü KB'ya doğru.	20
2.32	Gevşek tutulmuş kumtaşı-çakıltaşı-silttaşı ardalanmasından oluşan birimdeki (Kürtköyü fm.) çapraz tabakalanmaların yakından görünümü. Aksaz köyünün 3 km GB'sı, Aksaz Hamam Çayı KD kenarı.	20
2.33	Tabanda çapraz tabakalanmalı kumtaşı-çakıltaşlarıyla temsil olunan Kürtköyü fm., bunların üzerinde kiltası-marn ardalanmasıyla temsil olunan Ahmetler fm., en üstte de kireçtaşlarından oluşan Ulubey fm. görülmektedir. Aksaz köyünün 5 km KB'sı, Akkayaönü Tepe. Bakış yönü D'ya doğru.	21
2.34	Tabandaki kumtaşı-çakıltaşı-silttaşları içinde gözlenen canlı oygu-dolguları, fotoğrafın ortasındaki silindirik kısım.	21
2.35	Aksaz hamamı yakınındaki Hanyeri köyünün yaklaşık 500m KB'sındaki Sarıkayabaşı Tepede işletilen traverten ocağı.	22
2.36	Asartepeler formasyonu, Konak köyü batısı.	22
2.37	Karahallı formasyonuna ait kuvars şistler, Bakış yönü KD'ya doğru, Paşalar köyü.	24
2.38	Altta çört bantlı beyaz mermer, üstte kurşuni gri renkli klorit şist ardalanması, Bekiköy.	24
2.39	Karahallı formasyonuna ait çört bantlı koyu gri renkli mermerler, Dumanlı köyü güneyi.	25
2.40	İri kristalli, beyaz renkli Karahallı formasyonunun mermer birimi/Musadağı mermerleri içerisinde açılmış bir mermer ocağı, Bekiköy'ün yaklaşık 1 km doğusu, Aktaş tepenin batı yamacı.	25
2.41	Karahallı formasyonun üst seviyelerinde yer alan mermer birimi/Musadağı mermerlerine ait iri kristalli beyaz mermerler, Bakış yönü Clandras köprüsünden batıya doğru .	26
2.42	Karahallı formasyonun üst seviyelerinde yer alan mermer birimi /Musadağı mermerlerine ait iri kristalli beyaz mermerler, Clandras köprüsü.	26
2.43	Ulubey formasyonunun kireçtaşlarından görünüm, Ulubey kanyonu.	27
2.44	Asartepeler formasyonunun uzaktan görünümü, Karahallı yakınları.	27
2.45	Aksaz jeotermal sahasında yüzeylenen Eşme metamorfilerine ait gözlü gnays ve kuvars-mika şistlerin yapraklanma (S1) düzlemlerine ait kontur diyagramı.	28
2.46	Aksaz jeotermal sahasında yüzeylenen Eşme metamorfilerine ait gözlü gnays ve kuvars-mika şistlerde gelişmiş olan çatlak düzlemlerinden yapılan doğrultu gül diyagramı.	29
2.47	Hasköy jeotermal sahasında yüzeylenen Karahallı formasyonuna ait çörtlü mermer, kuvarsit, kuvarşist ve mermerlerden alınan tabakalanma ve yapraklanma düzlemlerine ait kontur diyagramı.	30

2.48	Hasköy jeotermal sahasında yüzeyleyen Karahallı formasyonuna ait çörtlü mermer, kuvarsit, kuvarşist ve mermerlerden alınan çatlak düzlemlerinden yapılan doğrultu gül diyagramı.	30
2.49	Hasköy jeotermal sahasında yüzeyleyen Karahallı formasyonuna ait çörtlü mermer, kuvarsit, kuvarşist ve mermerlerdeki mesoskopik ölçekli kıvrım eksenlerinden ve buruşma lineasyonları gibi çizgisel yapılar kullanılarak elde edilen kontur diyagramı.	31
2.50	Aksaz jeotermal sahasında yüzeyleyen Eşme metamorfiteğine ait gözlü gnays ve kuvars-mika şistlerde gelişmiş mesoskopik ölçekli kıvrım eksenlerinden ve buruşma lineasyonları gibi çizgisel yapılar kullanılarak elde edilen kontur diyagramı.	31
2.51	Karabol köyü GB'sındaki Karadeniz dere içinde gözlenen granatlı mikaşistler.	32
2.52	İtecek tepe güneyinde yüzeyleyen metamorfiteğler içindeki beyaz renkli kuvarsitler.	32
2.53	Karabol köyü GB'sındaki Karadeniz dere içinde gözlenen kuvarsit (alttaki beyaz renkli tabakalanmalı) ve granatlı mikaşist (üstteki kahverengimsi ufalanmış kısım) ardalanması.	33
2.54	İtecek tepe GD'sundaki Yeşildere köyü civarında gözlenen yatay konumlu Ahmetler fm.	33
2.55	İtecek tepe ve kuzeyinde yer alan Kayaağıl köyü. Buradaki volkanitler trakiandezit, aglomera ve ignimbiritlerden oluşmaktadır.	34
2.56	Kayaağıl köyü KD'sundaki Araplar dere içerisindeki beyaz renkli ignimbiritler.	34
2.57	Karaağaç köyünün GB'sındaki Tanışman tepeyi oluşturan ignimbirit (alttaki beyaz renkli) ve andezitik aglomeraların (üstteki yatay kahverengimsi, sert görünümlü tabaka) arazideki konumu.	34
2.58	Kayaağıl köyü civarındaki Paleozoyik yaşlı çeşitli şistlerden alınan yapraklanma ölçülerine göre hazırlanmış nokta kontur diyagramı. Kıvrım eksenini yaklaşık kuzey-güney doğrultuludur.	35
2.59	Kayaağıl köyü civarındaki Paleozoyik yaşlı çeşitli şistlerden alınan çatlak ölçülerine göre hazırlanmış nokta kontur diyagramı. Baskın Çatlak doğrultuları D-B ve KB-GD dur.	35
2.60	Kayaağıl köyü civarındaki Paleozoyik yaşlı çeşitli şistlerden alınan çatlak ölçülerine göre hazırlanmış çatlak doğrultusu gül diyagramı.	36
2.61	Genelleştirilmiş Stratigrafik Sütun Kesit (Ölçeksiz)	38
2.62	Çiçeklikaya formasyonundan alınan dolomit ve dolomitik kireçtaşlarına ait çatlak düzlemlerinden yapılan doğrultu gül diyagramı	43
2.63	Yeniköy formasyonundan alınan konglomeralara ait çatlak düzlemlerinden yapılan doğrultu gül diyagramı	44
3.1	Uşak il merkezinde rüzgar yönleri ve yoğunluklarını gösteren gül diyagramı	47
3.2	Uşak il merkezinin 1950-2008 yıllarındaki aylık sıcaklık ve yağış ortalamaları.	48
3.3	(a) Denizli il merkezindeki sıcaklık ve yağış dağılımları, (b) yıllık sıcaklık ve yağış ortalamalarından eklenik sapma grafikleri	48
3.4	Uşak ili ve civarı eşyağış haritası	49
3.5	Uşak il merkezine ait su bilançosu grafiğı.	50
3.6	Emirfakı jeotermal sahasındaki termal suların lokasyonları ve görünümleri.	53
3.7	Emirfakı jeotermal sahası sularının yarı logaritmik diyagramı	57
3.8	Emirfakı sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinin sıcaklıkla değışimi	58

3.9	Emirfakı sahası sularındaki majör anyon-Na ve –C grafikleri.	59
3.10	Emirfakı sahası sularındaki Sr, Li ve B elementlerinin Cl ve F grafikleri.	59
3.11	Emirfakı sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde izlenen zamansal değişimler.	60
3.12	Emirfakı termal kaynağının EC ve sıcaklık değerlerinin zamansal değişimi	61
3.13	Emirfakı sahası sularının Piper diyagramındaki dağılımı	62
3.14	Örencik jeotermal sahasındaki termal suların lokasyonları ve görünümleri.	67
3.15	Örencik jeotermal sahası sularının yarı logaritmik diyagramı	70
3.16	Örencik sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinin sıcaklıkla değişimi	71
3.17	Örencik sahası sularındaki majör anyon-Na ve –C grafikleri.	72
3.18	Örencik sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde izlenen zamansal değişimler.	73
3.19	Örencik termal kaynağının EC ve sıcaklık değerlerinin zamansal değişimi.	74
3.20	Örencik sahası sularının Piper diyagramındaki dağılımı	74
3.21	Aksaz jeotermal sahasındaki termal suların lokasyonları ve görünümleri.	80
3.22	Arka plandaki cami avlusundan çıkan kaptaja alınmış Yedioluk Kaynağı suyunun verildiği çeşmelerden biri	81
3.23	Sazak-Kışla kaptajı.	81
3.24	Aksaz sahasındaki bazı sondajlara ait loglar ve kuyu bilgileri.	82
3.25	Aksaz jeotermal sahası sularının yarı logaritmik diyagramı	83
3.26	Aksaz sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinin sıcaklıkla değişimi	85
3.27	Aksaz sahası sularındaki majör anyon-Na ve –C grafikleri ile Cl-F grafikleri.	86
3.28	Aksaz sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde izlenen zamansal değişimler.	87
3.29	Emirfakı jeotermal sahasındaki termal suların lokasyonları ve görünümleri.	88
3.30	Aksaz sahası sularının Piper diyagramındaki dağılımı	89
3.31	Emirfakı jeotermal sahasındaki termal suların lokasyonları ve görünümleri.	95
3.32	Şekil 3.32. Avcı Kaynağı	95
3.33	Şekil 3.33. Cemalderesi Kaynağı'ndan bir görünüm	95
3.34	Şekil 3.34. Hasköy jeotermal sahası sularının yarı logaritmik diyagramı	97
3.35	Hasköy sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinin sıcaklıkla değişimi	98
3.36	Hasköy sahası sularındaki majör anyon-Na ve –C grafikleri.	99
3.37	Hasköy sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde izlenen zamansal değişimler	100
3.38	Hasköy sahası sularının Piper diyagramındaki dağılımı	101
3.39	Karaağaç jeotermal sahasındaki termal suların lokasyonları.	106
3.40	Alparslan-1 kuyu logu	106
3.41	Karaağaç jeotermal sahası sularının yarı logaritmik diyagramı	108

3.42	Karaağaç sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinin sıcaklıkla değişimi	109
3.43	Karaağaç sahası sularındaki majör anyon-Na ve -Cl grafikleri	110
3.44	Karaağaç sahası sularının Piper diyagramındaki dağılımı	111
3.45	Hamamboğazı jeotermal sahasındaki termal suların lokasyonları.	116
3.46	Kızılcaören jeotermal sahasındaki termal suların lokasyonları.	117
3.47	Hamamboğazı ve Kızılcaören jeotermal sahaları sularının yarı logaritmik diyagramı	118
3.48	Hamamboğazı ve Kızılcaören sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinin sıcaklıkla değişimi.	119
3.49	Hamamboğazı ve Kızılcaören sahası sularının Li, Sr ve SiO ₂ değerlerinin sıcaklıkla değişimi.	120
3.50	Hamamboğazı ve Kızılcaören sahası sularındaki majör anyon-Na ve -Cl grafikleri.	121
3.51	Hamamboğazı ve Kızılcaören sahası sıcak sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde izlenen zamansal değişimler.	122
3.52	Hamamboğazı ve Kızılcaören sahaları soğuk sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde izlenen zamansal değişimler.	123
3.53	Hamamboğazı ve Kızılcaören sahaları sularının Piper diyagramındaki dağılımı.	124
3.54	Uşak ili jeotermal sularında iz element dağılımı.	133
4.1	İnceleme alanı sularının Cl-trityum grafiği (kırmızı simgeler sıcak, maviler soğuk suları temsil etmektedir).	134
4.2	İnceleme alanı sularının δ ¹⁸ O- δ ² H grafiği	137
4.3	İnceleme alanı sularının ¹⁸ O-kot grafikleri	140
6.1	Termal suların Giggenbach (1988) diyagramında dağılımı.	146
6.2	Uşak ili jeotermal sularının mineral denge-sıcaklık diyagramları	148
6.3	Uşak ili jeotermal suları için entalpi-klorür karışım modeli diyagramları	149
6.4	Uşak ili jeotermal suları için entalpi-silis karışım modeli diyagramları	151
6.5	İnceleme alanı sularının Cl-SO ₄ -HCO ₃ grafiği	153
9.1	Hamamboğazı jeotermal sahasındaki traverten oluşumlarının arazi görünüşleri.	163
9.2	Sırtın kuzeybatı, batı ve güneybatı kesimlerinde yer alan eski travertenler.	164
9.3	Hamamboğazı traverten örneklerinin bazı SEM görüntüleri	164
9.4	Kızılcaören sahasından arazi görünüşleri.	166
9.5	Örencik sahası traverten oluşumlarının arazi görünüşleri	167
9.6	Aksaz travertenlerinin arazi görünüşleri.	171
9.7	a) Beyaz renkli, yatay laminalı sal yığılımları b) Kahve renkli, travertenlerde beyaz renkli, birkaç cm kalınlıkta kristalli kabuk ara düzeyleri, görüntü genişliği	171
9.8	Traverten örneklerinin SEM görüntüleri. a) Eğimli traverten tabakalarında yer alan merceksi boşluklu düzeylerden alınan SEM görüntüsü	172
9.9	Aksaz traverten örneklerinin duraylı izotop (δ ¹³ C, δ ¹⁸ O) dağılım grafiği	174

ÇİZELGELER

3.1	Uşak ili ve civarı için meteorolojik elemanlara ait ortalama değerler.	46
3.2	Uşak il merkezi için bazı ortalama ve ekstrem değerler.	47
3.3	Uşak il merkezi için su bilançosu.	51
3.4	Emirfakı sahasında örneklenen sulara ilişkin bazı bilgiler.	52
3.5	Emirfakı sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde zamansal değişimler (EC: $\mu\text{mho/cm}$, Eh: mV, iyon değerleri mg/l'dir).	63
3.6	Emirfakı sahası sularında bazı iz element (ppb) ve SiO_2 (ppm) değerleri	65
3.7	Örencik sahasında örneklenen sulara ilişkin bazı bilgiler.	66
3.8	Örencik sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde zamansal değişimler	75
3.9	Örencik sahası sularında bazı iz element (ppb) ve SiO_2 (ppm) değerleri	77
3.10	Aksaz sahasında örneklenen sulara ilişkin bazı bilgiler.	79
3.11	Aksaz sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde zamansal değişimler (EC: $\mu\text{mho/cm}$, Eh: mV, iyon değerleri mg/l'dir).	90
3.12	Aksaz sahası sularında bazı iz element (ppb) ve SiO_2 (ppm) değerleri	93
3.13	Hasköy sahasında örneklenen sulara ilişkin bazı bilgiler.	94
3.14	Hasköy sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde zamansal değişimler	102
3.15	Hasköy sahası sularında bazı iz element (ppb) ve SiO_2 (ppm) değerleri	104
3.16	Karaağaç sahasında örneklenen sulara ilişkin bazı bilgiler.	105
3.17	Karaağaç sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde zamansal değişimler	112
3.18	Karaağaç sahası sularında bazı iz element (ppb) ve SiO_2 (ppm) değerleri	113
3.19	Banaz sahasında örneklenen sulara ilişkin bazı bilgiler.	15
3.20	Hamamboğazı sahası termal ve maden sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde zamansal değişimler	125
3.21	Kızılcaören sahası termal ve maden sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde zamansal değişimler	126
3.22	Hamamboğazı ve Kızılcaören sahaları soğuk sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde zamansal değişimler	128
3.23	Hamamboğazı ve Kızılcaören sahaları sularında bazı iz element (ppb) ve SiO_2 (ppm) değerleri	131
4.1	İnceleme alanı sularının izotop analiz sonuçları.	135
4.2	Uşak jeotermal sahalarının dönemsel izotop analiz sonuçları.	138
5.1	İnceleme alanı termal sularının gaz kompozisyonları.	141
5.2	Termal sularda $\delta^{13}\text{C-CO}_2$ ve R/Ra değerleri	141
6.1	Silis jeotermometre bağıntıları ile hesaplanan rezervuar sıcaklıkları ($^{\circ}\text{C}$)	143
6.2	Katyon jeotermometre bağıntıları ile hesaplanan rezervuar sıcaklıkları ($^{\circ}\text{C}$)	144
6.3	Jeotermometre bağıntılarına ilişkin referanslar	145

6.4	Uşak jeotermal suları için $\delta^{18}\text{O}$ (SO_4)- $\delta^{18}\text{O}$ (H_2O) izotop jeotermometresi ile hesaplanan rezervuar sıcaklıkları	152
6.5	Uşak ili jeotermal sahalarına uygulanan çeşitli jeotermometrelerle hesaplanan rezervuar sıcaklıkları	153
7.1	Emirfakı sahası sularının çeşitli minerallere göre doyma indisleri	156
7.2	Örencik sahası sularının çeşitli minerallere göre doyma indisleri	156
7.3	Aksazı sahası sularının çeşitli minerallere göre doyma indisleri	157
7.4	Hasköy sahası sularının çeşitli minerallere göre doyma indisleri	157
7.5	Karaağaç sahası sularının çeşitli minerallere göre doyma indisleri	158
7.6	Hamamboğazı ve Kızılcaören sahaları sıcak sularının çeşitli minerallere göre doyma indisleri	158
7.7	Hamamboğazı ve Kızılcaören sahaları soğuk sularının çeşitli minerallere göre doyma indisleri	159
8.1	Termal küre uygunluk analizleri	160
8.2	Uşak termal sularının toplam alfa/toplam beta analiz sonuçları	161
8.3	Sularda izin verilen radyoaktivite parametreleri	161
9.1	Kızılcaören traverten örneklerinin element bileşimleri	167
9.2	Aksaz traverten örneklerinin element analizleri	170
9.3	Aksaz traverten örneklerinin duraylı izotop ($d^{13}\text{C}$, $d^{18}\text{O}$) bileşimleri	173

ÖZET

Uşak il sınırları içinde yer alan Emirfakı, Örencik, Aksaz, Hasköy, Karaağaç, Hamamboğazı ve Kızılcaören jeotermal sahalarındaki akışkan sıcaklıkları 71°C (Hamamboğazı) ile 23°C (Kızılcaören) arasında değişir. En yüksek elektriksel iletkenlikler 4000 $\mu\text{mho/cm}$ üzerindeki değerlerle Karaağaç, Hamamboğazı, Örencik ve Aksaz sahası sularında, en düşük iletkenlikler ise 2500 $\mu\text{mho/cm}$ civarı değerler ile Hasköy sularındadır. Bu sahalardaki jeotermal akışkan tipleri Ca-Na-SO₄-HCO₃, Na-HCO₃, Na-Ca-SO₄-HCO₃, Ca-Na-Mg-HCO₃-SO₄, Na-HCO₃-SO₄ ve Na-Ca-HCO₃-SO₄ şeklinde dağılım gösterir. Tüm jeotermal suların kökeni meteoriktir ve yeraltında kalış zamanları 50 yıldan daha fazladır. Rezervuar kayalar Hamamboğazı ve Kızılcaören sahalарında ultramafik birimler, diğer sahalarda ise Paleozoyik mermer, şist ve ikincil olarak Neojen kireçtaşlarıdır. Termal sular rezervuar kayaçlarıyla kimyasal dengeye erişmemişlerdir. Jeotermometre hesaplamalarına göre sıcak suların rezervuar sıcaklıklarının 44°C ile 129°C arasında olduğu belirlenmiştir. Termal sularda egemen gaz CO₂'dir. Termal sular içme ve solumaktan sakınmak kaydıyla kür tedavisinde kullanılabilir. İnceleme alanı termal suları başlıca kalsit ve ikincil olarak aragonit çökeltme özelliğine sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Uşak, jeoloji, jeotermal saha, jeotermal akışkan, kavramsal hidrojeokimyasal modelleme

SUMMARY

Fluid temperatures of the geothermal fields of Emirfakı, Örencik, Aksaz, Hasköy, Karaağaç, Hamamboğazı and Kızılcaören range between 23°C (Kızılcaören) and 71°C (Hamamboğazı). The highest electrical conductivity values are at Karaağaç, Hamamboğazı, Örencik and Aksaz fields, with over 4000 $\mu\text{mho/cm}$, whereas the lowest values are from the Hasköy waters, with around 2500 $\mu\text{mho/cm}$. The geothermal fluid types in these fields display a distribution in form of Ca-Na-SO₄-HCO₃, Na-HCO₃, Na-Ca-SO₄-HCO₃, Ca-Na-Mg-HCO₃-SO₄, Na-HCO₃-SO₄ ve Na-Ca-HCO₃-SO₄. All the geothermal waters are meteoric in origin and their residence times are more than 50 years. While the reservuar rocks are ultramafic at Hamamboğazı and Kızılcaören fields, and are Paleozoic marble, schist and Neogene limestones in other places. The thermal waters are non-equilibrium chemically. According to geothermometer calculations, reservuar temperatures of the thermal waters were determined between 44°C and 129°C. The dominant gas is CO₂ in the thermal waters. The thermal waters can be used for balneologic therapy avoiding from drinking and inhalation. Thermal waters of the studied area precipitate mostly calcite and subsequently lees amount aragonite.

Keywords: Uşak, geology, geothermal field, geothermal fluid, conceptual hydrogeochemical modeling

1. GİRİŞ

Uşak İli Batı Anadolu'da Ege Bölgesinin iç kesiminde yer alır. Bölge Erken Miyosen'den itibaren genişleme tektoniğinin etkisi altında kalmış, bu dönemde KD-GB, D-B doğrultulu grabenler gelişmiştir. Söz konusu Neojen grabenleri alüvyal, fluvyal ve gölssel tortullarla doldurulmuştur. Neojen sedimantasyonuna yer yer volkanizma eşlik etmiştir. Bu jeolojik çatı jeotermal potansiyeli de beraberinde getirmiştir.

Projenin amacı farklı rezervuarlara sahip Uşak ili jeotermal alanlarının jeolojik ve tektonik yapısının ayrıntılı olarak incelenmesi ve bu sahaların kavramsal hidrojeokimyasal modellemesinin yapılmasıdır. Başlıca jeotermal sahalar, Hamamboğazı, Örencik, Aksaz, Emirfakı, Kızılcaören ve Hasköy'dür.

Çalışma alanlarında bugüne kadar yapılan çalışmalar genel jeolojik haritalamaları, sıcaklık ve debi ölçümlerini, majör iyon analizlerini ve Örencik, Aksaz ve Hamamboğazı sahalarındaki sondaj çalışmalarını kapsar. Örnekleme ve çalışma yöntemleri aşağıda açıklanmıştır. Çalışmada Pamukkale Üniversitesi'nden 4 öğretim üyesi, 3 bursiyer ve danışman olarak iki İtalyan bilim adamı yer almıştır.

Proje kapsamında, seçilen örnekleme noktalarından beş dönemde toplanan su örneklerinin kimyasal, gaz ve izotop analizleri yapılmıştır. Çalışma süresi boyunca birtakım nedenlerden dolayı (kuyularda pompa arızaları, kış dönemlerinde su kaynaklarının akarsu seviyesi altında kalması, su noktasına ulaşımın mümkün olmaması gibi) bazı noktalardan örnek alınamamış, bazı sular örnekleme periyodundan çıkarılmış, buna karşın çalışmanın ilerleyen safhalarında çalışma sonuçlarına katkı sağlayacağı anlaşılan bazı su noktaları da örnekleme dahil edilmiştir. Örnekleme noktaları planlamada belirlendiği şekliyle termal kaynaklar, termal sondajlar, soğuk su sondajları ve kaynakları, akarsular, yağmur ve kar suyunu içermektedir. Örnekleme ve analiz türleri ile periyotları aşağıda verilmiştir.

Analiz Türü	Dönemler				
	Ekim-Kasım/2008	Şubat/2009	Mayıs/2009	Ağustos/2009	Ağustos/2010
İn-situ ölçümler	X	X	X	X	X
Kimyasal analiz	X	X	X	X	X
İz element analizi					X
¹⁸ O ve ² H analizi	X		X		X
Trityum analizi	X		X		
¹³ C analizi			X		
³⁴ S ve ¹⁸ O analizi					X
¹⁴ C analizi					X
Gaz analizi				X	
Termal kür analizi				X	

Su sıcaklıkları ile pH, Eh ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri HACH-LANGE portatif HQ40D multi ölçüm cihazı ile iletkenlik ve pH elektrotları kullanılarak yapılmıştır. Ölçümlerden önce, cihaz EC ve pH standart çözeltileriyle kalibre edilmiştir. Suların serbest CO₂ miktarı NaOH titrasyonu, CO₃ ve HCO₃ miktarları da H₂SO₄ titrasyonu ile (HACH kimyasalları, mikrotitrator ve H₂SO₄ şırıngalarının kullanımıyla) arazide belirlenmiştir.

Majör anyon analizleri için örnekler 2 adet 250 ml'lik polipropilen şişeye alınmış ve bu örnekler analiz başlangıcına kadar +4°C altındaki sıcaklıklarda korunmuştur. Katyon ve iz element analizleri için örnekler 100 ml'lik polipropilen şişelere filtre edilerek alınmış, daha sonra numunelere ultra saf HNO₃ eklenerek pH değerinin 2 ve altına inmesi sağlanmıştır.

Termal küre uygunluk analizleri için yapılan örneklemede örnekler kimyasal analizler için 1000ml'lik iki polietilen şişeye, bakteriyolojik analizler için ise 250 ml hacminde steril kahverengi iki cam şişeye kabarcık kalmayacak şekilde doldurularak alınmıştır. Radyoaktivite analizleri için örnekler 1000 ml hacminde polietilen şişelere alınmıştır. Örnekler örnekleme ertesi günü laboratuara ulaştırıldığı için asitlenerek korunmasına gerek duyulmamıştır.

^{14}C örnekleme 2x250 ml'lik kahverengi cam şişelere filtre edilerek yapılmıştır.

Sudaki çözülmüş sülfatın ^{34}S ve ^{18}O izotop değerlerini tayin için yapılan örneklemede aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmiştir:

- Örneklenecek su noktalarının seçimi,
- Bu suların daha önce yapılmış analizlerinden sülfat miktarlarının kaydedilmesi,
- düşük (10 mg/l) sülfat değerlerine sahip sulardan 2000ml, yüksek (200 mg/l) sülfat değerine sahip sulardan ise 100 ml hacimde numunenin filtrelenerek alınması,
- Seyreltik ultra saf HCl ilavesiyle örnek pH'larının 4-5'e getirilmesi,
- Suya örnek hacmi ve sülfat derişimine göre değişen miktarlarda (100–150 mg) $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ilave edilerek 3-6 saat beklemeyle BaSO_4 çöktürülmesi,
- Laboratuarda saf su ilaveleriyle çözelti pH'larının 7'ye getirilmesi,
- Etüvde kurutmaya (80°C) katı örnek elde edilmesi

Trityum analizleri için su örnekleri 500 ml'lik polipropilen şişelere doğrudan alınmıştır. ^{18}O ve ^2H analizleri için örnekleme 100 ml'lik polipropilen şişelere doğrudan yapılmıştır. ^{13}C analizleri için sular 100 ml'lik kahverengi cam şişelere alınmış ve HgCl_2 ilavesiyle organik maddeler sudan uzaklaştırılmıştır.

Majör iyon analizleri İyon Kromatografi cihazı (Dionex ICS 1000), bazı element analizleri ICP-OES (PerkinElmer DV 2100), SiO_2 analizleri UV/VIS Spektrofotometre (HACH DR/4000) cihazları ile Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Su ve Çevre Kimyası Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. İz element analizleri ile bazı kayaç ve traverten örneklerinin analizleri Kanada'da ACMELAB'a yaptırılmıştır. Termal küre uygunluğun belirlenmesi amaçlı kimyasal ve bakteriyolojik analizler GATA'da, radyoaktivite analizleri DSİ TAKK'da yaptırılmıştır.

^{14}C analizleri Arizona Üniversitesi, Fizik Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir. Sudaki çözülmüş sülfattan $\delta^{34}\text{S}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ analizleri Waterloo Üniversitesi, Yer ve Çevre Bilimleri Bölümüne (Kanada) yaptırılmıştır. Suların $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ analizleri Vrije Üniversitesi (Hollanda) ve Utah Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nde (ABD) gerçekleştirilmiştir. Trityum analizleri Hacettepe Üniversitesi'nde Sulardan gaz ve gaz izotopu analizleri Floransa Üniversitesi'nde yapılmıştır.

Jeokimya ve jeotermometre araştırmaları, inceleme alanlarındaki termal suların entegre kullanım alanlarına öneriler getirilmesini sağlayacaktır. Jeotermometre sonuçlarının yorumlanması ve bu sahalar için uygulanabilecek gerçekçi rezervuar sıcaklıklarının elde edilmesi ile sondajlarla erişilebilecek maksimum sıcaklık değerleri sera ısıtması için uygun olursa termal suların kullanımında yeni bir perspektif açılacaktır. Termal suların termal küre olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi yöredeki termal tesislerin standart ve kapasitelerinin yükselmesine ya da yenilenmesine yol açacak ve il ekonomisine katma değer getirecektir. Termal suların koruma alanlarının belirlenmesi ve bu konudaki önerilerin uygulamaya konulması halinde termal suların korunması ve sürdürülebilir kullanımı sağlanmış olacaktır

Bu çalışma sonunda jeolojik ve hidrojeolojik çalışmalar desteğinde, her saha için termal suların beslenmesi, hazne ve örtü kayaları, ısı kaynağı, yeraltında izlediği yollar, geçirdiği kimyasal değişimler ve olası yeraltı sıcaklıkları ve koruma alanlarını ortaya koyan kavramsal bir jeokimyasal modelleme yapılması amaçlanmıştır.

2. JEOLJİ

2.1. Emirfakı ve Örencik Sahaları

2.1.1. Emirfakı Sahası

Saha çalışmaları 1/25 000 ölçekli UŞAK-K22-a3 ve UŞAK-K22-d2 paftalarında yürütülmüştür. Jeolojik çalışmalar kapsamında, 1/25 000 ölçekli UŞAK-K22-a3 paftasında koordinatları 06 84 550 - 06 95 525 doğu boylamları ile 42 91 250 - 42 97 000 kuzey enlemleri arasında kalan yaklaşık 63 km²'lik alan ile UŞAK-K22-d2 paftasında koordinatları 06 84 675 - 06 95 750 doğu boylamları ile 42 83 000 - 42 91 500 kuzey enlemleri arasında kalan yaklaşık 92 km²'lik bir alan olmak üzere toplam 155 km²'lik bir alanın jeolojik haritası yapılmıştır (EK-2.1). Tersiyer yaşlı karasal sedimanterlerden oluşan sahada kilitaşı, marn, killi kireçtaşı ve çakilitaşı gibi Neojen yaşlı birimlerden oluşmaktadır. Neojen birimler genellikle yataya yakın konumludurlar.

Emirfakılı sahasında metamorfik kayalar yüzeylememektedir. Buraya en yakın metamorfik kayalar, çalışma alanının yaklaşık 8-10 km KB'sındaki, Zahman köyü civarlarında KD-GB doğrultulu bir fay ile Neojen birimlere tektonik dokanaklı bir şekilde yüzeyleyirler. Temeli oluşturan bu metamorfik kayalar Paleozoyik yaşlı Eşme formasyonuna aittir.

ERCAN ve diğ. (1978), bölgede yüzeylenen Neojen yaşlı birimleri başlıca iki gruba ayırarak incelemişlerdir. Alttaki grup için Hacibekir grubu ve üstteki için ise İnay grubu adlandırması yapılmıştır. Bu Neojen birimler alttan üste doğru; Hacibekir grubuna ait sarımsı gri renk tonlarındaki çakilitaşı, kumtaşı ile marn, kilitaşı araldanmasından oluşan Yeniköy formasyonu, bunların üzerine uyumlu olarak gelen İnay grubunun tabanında beyaz renk tonlarının hakim olduğu kilitaşılarıyla temsil olunan Ahmetler formasyonudur. Ahmetler formasyonu üzerine uyumlu olarak gölgesel kireçtaşılarıyla temsil olunan Ulubey formasyonu gelmektedir. Kırmızımsı kahve renklerdeki Asartepe formasyonu bu birimleri uyumsuzlukla örtmektedir.

Asartepe formasyonu gevşek tuf ve kil çimentolu kumtaşı, çakilitaşı ve kireçtaşlarından oluşmaktadır.

Ayrıca, çalışma alanının yaklaşık 8 km KB'sındaki Zahman köyü yanında yer alan Payam tepede Orta Miyosen yaşlı (15 My) trakiandezitik volkanikler (SEYİDOĞLU,1997) yüzeylemektedir.

Hacibekir grubuna ait Yeniköy formasyonu sarımsı-turuncu renkli çakilitaşı, kumtaşı, kilitaşı, tüfit ve killi kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şekil 2.1 ve 2.2). ERCAN ve diğ., (1978) tarafından adlandırılan birimin yaşı, birimin kömürlü seviyelerinden alınan spor ve polenlerin determinasyonu ile Orta Miyosen olarak tespit edilmiştir. Birimin daha üst seviyelerinden alınan örneklerde bulunan ostrakod fosillerinin determinasyonu ile ise birimin Üst Miyosen'e kadar çıktığı belirtilmiştir.

Tabanda gözlenen çakilitaşı, kumtaşı, siltaşı araldanmasından oluşan istif genellikle yatay konumlu değildir. Çökme ortamının hareketliliğiyle ilgili olarak kayma (slope) yapıları gelişmiştir (Şekil 2.3). Dikenderedeki yüzeylemede yaklaşık 20-30m lik bir kalınlık sunmaktadır.



Şekil 2.1. Emirfakı kaplıcası, tabanda gözlenen kumtaşı, kiltası ardalanması.



Şekil 2.2. Yeniköy formasyonuna ait sarımsı-turuncu renkli çakıltaşı, kumtaşı ardalanması



Şekil 2.3. Yeniköy formasyonuna ait çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı ardalanması, dikendere.

İnay grubuna ait Ahmetler formasyonu'nun Balçıklıdere üyesi beyazımsı sarı kumtaşı, silttaşı, tüfit, kiltası, marn, tebeşir ve kireçtaşıdan oluşmaktadır (Şekil 2.4, Ercan ve diğ.,1978). Yazar, bol miktarda omurgalı fosilleri içeren birimden alınan örneklerin tanımlamasına göre birime Pliyosen yaşını vermiştir. Birim Emirfakılı sahasında yaklaşık 100-120m kalınlık sunmaktadır.

Yine İnay grubu içinde yer alan Beydağı volkanitleri andezitik lav, tüfit ve aglomeralardan oluşmaktadır. Grubun en üst birimi olan Ulubey formasyonu gölsel kireçtaşlarından oluşur. Bu birimin yaşı için birimin içinde buluna lamellibrans ve gastropodların tanımlamasına göre Üst Pliyosen yaşı verilmiştir. Seyidoğlu (1997), inceleme alanına yakın olan Uşak-Güre havzasının kuzeyinde ve Selendi havzasındaki sedimanter birimlerle ilişkili volkanik kayaların K-Ar yaş verileri ve Palinolojik analizlerle İnay grubuna ait birimlerin Erken-Orta Miyosen'de çökeldiğini belirterek İnay grubuna atfedilen Pliyosen yaşının değiştirilmesinin gerektiğini belirtmiştir. Ulubey formasyonu Emirfakılı ve Örencik sahalarında, güneydeki

(Ulubey ilçesi civarındaki) kadar kalın bir çökeltiye sahip değildir. Bu sahalarda en fazla 70-80m kalınlık sunarken, Ulubey civarında yaklaşık 180-200m kalınlık sunmaktadır.

Bu çalışmada inceleme sahasında gözlenen Hacıbekir grubunu'nun Yeniköy formasyonu için Erken Miyosen, İnay grubu'nun Ahmetler ve Ulubey formasyonları için ise Erken-Orta Miyosen yaşları benimsenmiştir.



Şekil 2.4. Örencik sahası Yenişehir kasabası kuzeyindeki Bakacak tepede yüzeylenen İnay grubu Ahmetler formasyonu içindeki beyazımsı sarı kumtaşı, silttaşı, tüfit, kiltası, marn ve kireçtaşı ardalanması.

İnay grubu Ahmetler formasyonu içinde yer yer tebeşir oluşumları (Şekil 2.5), yer yer yerde silis oluşumlarına rastlanmaktadır. Ancak silis oluşumları Formasyonun üst seviyelerinde gözlenmektedir. Bazen kiltası ya da marnlar içinde yumrular halinde olurken (Şekil 2.6) bazen de oldukça büyük alanlar kaplayan silisifiye marnlar gözlenmektedir (Şekil 2.7, EK-2.1). Silis oluşumları, birimlerin gölde çökeldikleri dönemde meydana gelen volkanik aktivitelerden göl suyuna karışan silisçe zengin eriyiklerle meydana gelmektedir. Volkanik aktivitelerin yakın civarlarında sedimanlarla ardalanmalı olarak tüfitlere rastlanılmaktadır (Şekil 2.8).



Şekil 2.5. Emirfakılı-Akbulak köyleri arasında yüzeylenen Ahmetler formasyonu'nun Balçıklıdere üyesine ait kiltası, marn, tebeşir ve killi kireçtaşından görünüm.



Şekil 2.6 . Emirfakılı güneyi, silis yumrulu kireçtaşı, marn.



Şekil 2.7. Örencik sahası, Fakılı köyü kuzeyi, kilttaşlarının ara seviyelerindeki silislerin aşınma dirençleri sayesinde gelişmiş olan peri bacası oluşumları.



Şekil 2.8. Örencik sahası, siltaşı, kumtaşı, tüfit ardalanması, Çamyazı köyü batısı.

İnay grubu içinde yer alan Beydağı volkanitleri andezitik lav, tüfit ve aglomeralardan oluşmaktadır. Grubun en üst birimi olan Ulubey formasyonu ise gölsel kireçtaşlarından oluşur.



Şekil 2.9. Örencik sahası, Dūdükçü mahallesi civarı, andezitik aglomeralar.



Şekil 2.10. Akbulak köyü güneyi, Ulubey formasyonunun kireçtaşları, soğuksu kaynağı yanı

İnay grubunun en üst birimi olan Ulubey formasyonunu uyumsuz olarak örten Asartepe formasyonu gevşek tuf ve kil çimentolu kumtaşı ve çakıltası ve gözenekli gri renkli kireçtaşlarından oluşmaktadır. Emirfakılı sahasında, Emirfakılı köyünün doğusunda yaklaşık 120m kalınlık sunmaktadır. ERCAN ve diğ. (1978)'ne göre birimin yaşı Kuvaternerdir.



Şekil 2.11. Karabeyli köyü GD'su, Asartepe formasyonunun kırmızı renkli kumtaşı ve çakıltaşları.

2.1.2. Örencik Sahası

Örencik jeotermal sahasındaki çalışmalar UŞAK-K22-d1 ve UŞAK-K22-d4 paftalarında gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda UŞAK-K22-d1 paftasında koordinatları 06 74 000 - 06 85 000 doğu boylamları ile 42 77 250 - 42 84 000 kuzey enlemleri arasında kalan yaklaşık 75 km²'lik alan ile UŞAK-K22-d4 paftasında koordinatları 06 74 100 - 06 85 000 doğu boylamları ile 42 71 000 - 42 77 200 kuzey enlemleri arasında kalan 70 km²'lik alan olmak üzere toplam 145 km²'lik bir alanın jeolojik haritası yapılmıştır (EK 2.2).

Bu sahada oldukça geniş alanlarda Paleozoyik yaşlı gözlü gnays, paragnays, garanatlı şist ve mikaşistlerden oluşan Menderes metamorfitlelerinin çekirdek ve örtü şistlerinden (Eşme formasyonu) oluşan temel birimler yüzeylemektedir (Şekil 2.12, 2.13 ve 2.14). Menderes masifinin çekirdek ve örtü birimlerden oluştuğu kabul edilmektedir. Masifin çekirdek kayalarının Prekambriyen-Erken Paleozoyik, bunları örten örtü kayalarının ise Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı olduğu görüşü yaygındır. Masif kayaları Alpin öncesi ve Alpin dönemi çok-fazlı deformasyon ve metamorfizma özelliği sunmaktadır (CANDAN ve DORA, 1998). Alpin orojenez dönemi, tüm Türkiye'de olduğu gibi Menderes Masifi'ni temsil eden alan için de önemli jeolojik değişimlerin geliştiği bir dönemdir (ŞENGÖR ve YILMAZ 1981).



Şekil 2.12. Örencik köyü güneyi, gözlü gnayslar

Bu alandaki Neojen ise kiltası, marn, killi kireçtaşı baskın olmak üzere siltaşı-kumtaşı ve çakıltaşlarından oluşan örtü birimler (Yeniköy formasyonu, Ahmetler formasyonu ve Ulubey formasyonu) ve bunları kesen bazaltik, andezitik volkanitler, aglomeralar ve tüfitlerden oluşan Neojen yaşlı volkanitler mevcuttur. Temel birimlerle örtü birimler arasında yaklaşık D-B doğrultulu normal faylar hakim bir şekilde gelişmiştir (EK-2.2). Bunların, yaklaşık K-G doğrultulu kırık sistemleriyle kesişim yerlerinden ise sıcak su çıkışlarının olduğu gözlenmiştir.



Şekil 2.13. Örencik sahası, kuvarsit bantlı gnayslar, Cemalçavuş köyü doğusu, Bozlar deresi.



Şekil 2.14. Örencik kaplıcasının 2 km kuzeyi, Uşak-İzmir karayolu yol yarması, feldspatların oluşturduğu iri gözlü gnayslar.



Şekil 2.15. Faylarla yükselen birimlerin kenarlarında, genellikle yükselen birimlerin aşınmasıyla çöküntü alanları dolduran köşeli çakıllar ve kumlardan oluşan genç oluşuklar.



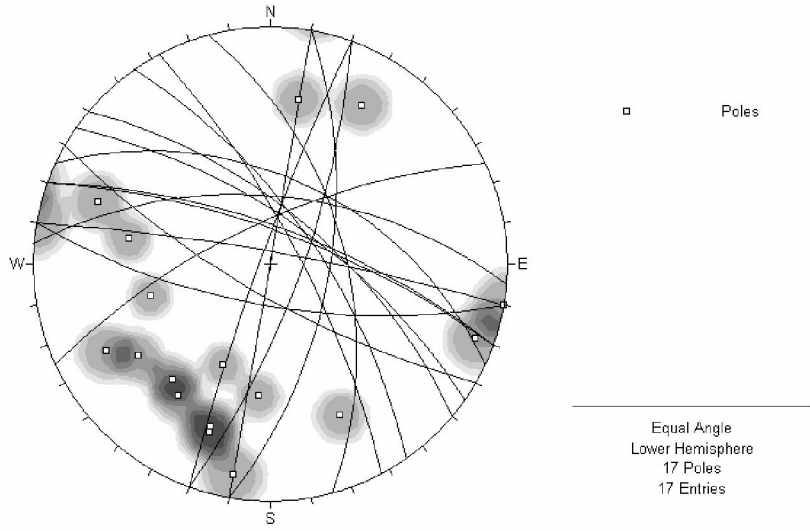
Şekil 2.16. Faylarla yükselen birimlerin kenarlarında, genellikle yükselen birimlerin aşınmasıyla çöküntü alanları dolduran genç oluşuklar.



Şekil 2.17. Faylarla yükselen birimlerin kenarlarında, genellikle yükselen birimlerin aşınmasıyla düşen blok tarafındaki çöküntü alanları dolduran genç oluşuklar. Yeşil, gri renkli siltler.

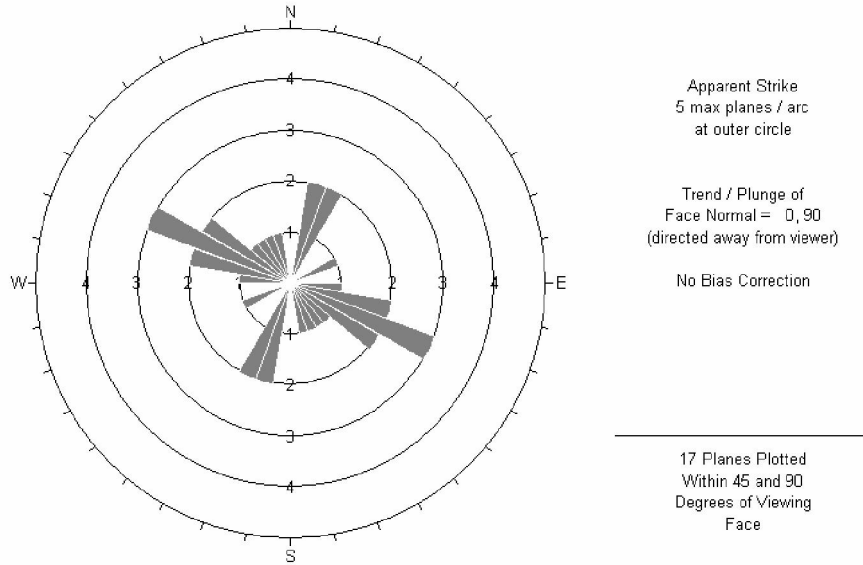
2.1.3. Yapısal Jeoloji

Birimlere ait tabakalanma düzlemlerinin duruşları ile birimlerde gözlenen çatlak takım ve sistemlerinin duruşları sistematik bir şekilde her birimden ayrı olmak üzere jeolog pusulasıyla ölçülüp kaydedilmiş, daha sonra bunlar çeşitli diyagramlarda değerlendirilmiştir. Paleozoyik yaşlı metamorfik temeldeki paleo-stress yönlerini ortaya koymak için yapraklanma, tabakalanma gibi düzlemsel yapıların yanında buruşma lineasyonu, arakesit lineasyonu ve mesoskopik kıvrım eksenleri gibi çizgisel yapılara ait ölçüler alınarak nokta kontur diyagramlarında değerlendirilmiştir (Şekil 2.18, 2.19).



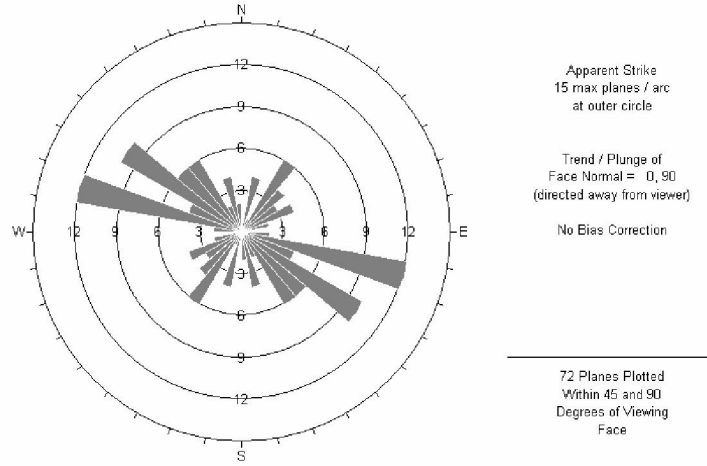
Şekil 2.18. Emirfakılı ve Örencik jeotermal sahalarında gözlenen faylara kontur ve β -diyagramı.

Genellikle K-KB/G-GD doğrultulu normal faylar ile yaklaşık K-G doğrultulu normal faylar.



Şekil 2.19. Emirfakılı ve Örencik jeotermal sahalarında gözlenen faylara ait doğrultu gül diyagramı.

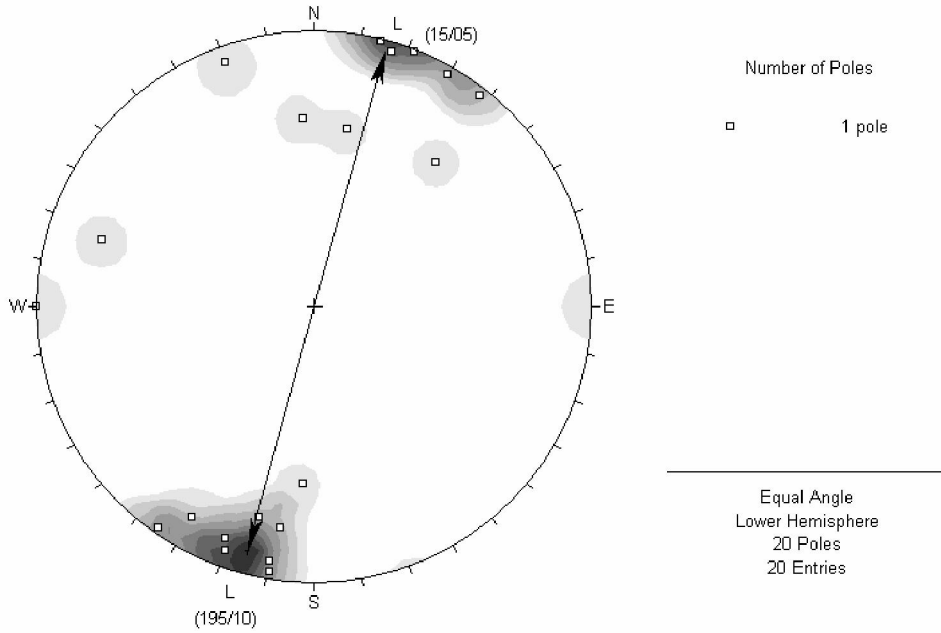
Burada İki deformasyon fazından bahsedilebilir. Bunlardan bir fay takımı yaklaşık K-G doğrultulu basınç gerilmesiyle oluşan tansiyonel gerilme tarzındaki yaklaşık K-G doğrultulu faylar, 2.fay takımı ise yaklaşık K-KB/G-GD doğrultulu basınç gerilmesiyle oluşan ve gerilmeye paralel doğrultuda gelişmiş olan K-KB/G-GD doğrultulu normal faylardır (Şekil 2.20).



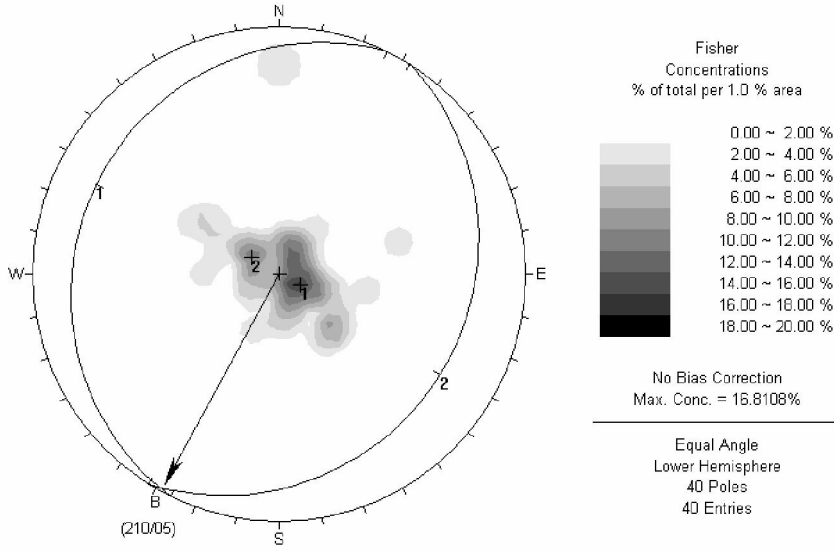
Şekil 2.20. Örencik jeotermal sahasında yüzeylenen metamorfiteiler içinde gelişmiş çatlaklara ait doğrultu gül diyagramı.

Çatlak gül diyagramı yukarıdaki faylara ait gül diyagramına çok benzer bir şekilde çıktığından çatlaklar içinde aynı şeyler söylenebilir. Buradaki çatlak türlerinin önemli bir kısmının, tansiyon çatlaklığı olduğu söylenebilir. Haritalara bakıldığında, örneğin Örencik sahası haritasına (EK-2.2), buradaki fayların da tıpkı bu çatlak doğrultu gül diyagramında olduğu gibi B-KB/ D*GD doğrultulu olanlar ve Yaklaşık K-G olanlar ve ilaveten KD-GB doğrultulu olanlar şeklinde oluştukları görülebilir.

Şekil 2.21 ve Şekil 2.22'deki diyagramlara göre ana kıvrımları ve lineasyonları oluşturan ana basınç doğrultusu B-KB/ D-GD doğrultulu basınç gerilmeleridir.



Şekil 2.21. Emirfakılı ve Örencik jeotermal sahalarında yüzeylenen metamorfiteilerdeki lineasyonlara ait kontur diyagramı.



Şekil 2.22. Emirfakılı ve Örencik jeotermal sahalarında yüzeylenen metamorfiteerdeki yapraklanma düzlemlerine ait kontur diyagramı.

İnceleme alanlarında gözlenen fayların genel doğrultuları B-KB/D-GD , D-B, K-G, KB-GD, KD-GB doğrultulu olup genellikle normal fay özelliğindedirler. Bu faylar her yerde sırf normal fay bileşenli olmayıp bazı yerlerde doğrultu atım bileşenin de gözleendiği oblik fay niteliğindedirler (Şekil 2.23). Sahada gözlenen çatlaklarda yine tansiyon gerilmeleriyle ilişkili olarak gelişmiş açılma çatlaklarıdır (Şekil 2.24). Fay zonlarında, özellikle iki fayın kesişim yerlerinde hidrotermal alterasyonlar gelişmiştir. Buralarda bir zamanlar sıcak su çıkışlarıyla ilişkili olarak çökeltmiş kahverengi, kırmızı ve sarı renklerdeki demiroksitler ve kükürt oksitler gözlenmektedir (Şekil 2.25).



Şekil 2.23. Akbulak köyü kuzeyinde, kilitaşları içinde gelişmiş kayma çizikleri belirgin, KB-GD doğrultulu oblik atımlı, verrev fay (sağ yönlü doğrultu atım bileşeni olan normal fay).



Şekil 2.24. Metamorfitletler içinde gelişen düzenli çatlak takımları



Şekil 2.25. Fay zonlarında gelişen hidrotermal alterasyon, Fe-oksit alterasyonu, Örencik köyü güneyi.

2.2. Aksaz ve Hasköy Sahaları

2.2.1. Aksaz Jeotermal Sahası

Saha çalışmaları 1/25 000 ölçekli UŞAK-L22-a3 ve UŞAK-L22-a4 paftalarında yürütülmüştür. Jeolojik çalışmalar kapsamında, 1/25 000 ölçekli UŞAK-L22-a3 paftasının tamamı (yaklaşık 155 km²) ve bitişik UŞAK-L22-a4 paftasının da yaklaşık 105 km² lik kısmının jeolojik haritası yapılmıştır.

Saha Paleozoyik yaşlı çeşitli şist ve gözlü gnayslar ile Tersiyer yaşlı karasal sedimanterlerin oluşturduğu kumtaşı, kilitaşı, marn, killi kireçtaşı ve kireçtaşlarıyla temsil olunan Neojen yaşlı birimlerden oluşmaktadır. Neojen birimler genellikle yataya yakın konumdadırlar.

Çalışma alanının KB'sında yüzeylenen metamorfitlet ile Neojen birimlerin sınırı genellikle tektoniktir. Neojen birimler KD-GB doğrultulu normal fayların tavan bloğu üzerindedirler (EK-2.3). Temeli oluşturan bu metamorfik kayalar Paleozoyik yaşı Eşme formasyonuna aittir.

Paleozoyik

Paleozoyik yaşı gözlü gnays, gnays, garanatlı şist, mikaşist ve klorit-serizitşistlerden oluşan Menderes metamorfitletlerinin çekirdek ve örtü şistlerinden (Eşme formasyonu) oluşan temel birimler yüzeylenmektedir (EK-2.3). Menderes masifinin çekirdek ve örtü birimlerden oluştuğu kabul edilmektedir. Masifin çekirdek kayalarının Prekambriyen-Erken Paleozoyik, bunları örten örtü kayalarının ise Paleozoyik-Mezozoyik yaşı olduğu görüşü yaygındır. Masif kayaları Alpin öncesi ve Alpin dönemi çok-fazlı deformasyon ve metamorfizma özelliği sunmaktadır (CANDAN ve DORA, 1998). Alpin orojenez dönemi, tüm Türkiye'de olduğu gibi Menderes Masifi'ni temsil eden alan için de önemli jeolojik değişimlerin geliştiği bir dönemdir (ŞENGÖR ve YILMAZ 1981).

Eşme Formasyonu

Formasyon alttan üste doğru krem, pembe renlerdeki iri feldspat ve kuvars gözleri içeren mikalı (biyotit ve muskovitli) gözlü gaislar, koyu renkli mikaca zengin gnayslar, Kuvars-feldspat-mika şistler, kalkşistler, yer yer granatlı mikaşistler ve en üst seviyelerde klorit-serizit şist ve kuvarsitlerden oluşmaktadır (Şekil 2.26, 2.27 ve 2.28). İnceleme sahasının KB tarafındaki Kayalı ve Güllübağ köyleri civarında yüzeylenmektedirler (EK-2.3).



Şekil 2.26. Kumsüren derenin kuzey kenarında yüzeylenen gözlü gnayslar, Konak köyü 2 km KD'su.



Şekil 2.27. Ardalanmalı bir şekilde gözlenen farklı dokusal özelliklere sahip gnayslar, altta mikaca zengin gnayslar, üstte feldspat gözlü gnayslar. Konak köyünün yaklaşık 500 m. KB'sı.



Şekil 2.28. Çatlaklı kuvars-feldspat mikaşistler, Kayalı köyü güneyi.

Mesozoyik

Mermerler

İnceleme alanının Güneydoğusunda yer alan Çamlıbel ve Hanyeri köylerinin doğusunda kalan Banaz Çayı vadisi boyunca KD-GB doğrultusunda, yaklaşık 10-12 km lik bir uzunluk boyunca tabanı mermerler oluşturur. Burada gözlenen mermerler kristalize olup kalsit kristalleri 0.5 cm ye varan boyutlardadırlar. Genellikle tabakalı bir yapıya sahip olmakla beraber yer yer masif bir görünüm de arz ederler (Şekil 2.29 ve 2.30). Renkler genellikle süt beyaz ve mavimsi gri renklerdedir. Mermerlerin ara seviyelerinde buruşma lineasyonları içeren kurşuni gri renk tonlarında kloritşistler mevcuttur. Yine ara seviyelerde kalkşistler de gözlenmektedir. Bol kıvrımlı bir yapı sunan birimin altı gözlenemediğinden diğer birimlerle olan ilişkisi anlaşılamamıştır. Birim, 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritasında Jura–Kretase mermerleri olarak haritalanmıştır. Bu çalışmada da önerilen yaş kabul edilmiştir.



Şekil 2.29. Mesozoyik mermerler, iri kristalli, Süt-beyaz renkli mermerlerin uzaktan görünümü, Adıgüzel barajının Banaz Çayı vadisi üzerinde uzanan kolu, Hanyeri köyü 2 km doğusu.



Şekil 2.30. İri kristalli, süt-beyaz renkli mermerlerin yakından görünümü, Yakındaki bir mermer ocağından çıkarılmış bloklar. Adıgüzel barajının Banaz Çayı vadisi üzerinde uzanan kolu, Hanyeri köyü 2 km doğusu.

Senozoyik

Neojen Birimler

ERCAN ve diğ. (1978), bölgede yüzeylenen Neojen yaşlı birimleri başlıca iki gruba ayırarak incelemişlerdir. Alttaki grup için Hacıbekir grubu ve üstteki için ise İnay grubu adlandırmasını yapmışlardır. Hacıbekir grubuna ait birimler alttan üste doğru en tabanda alüvyon yelpazesi ürünü olan Kürtköyü formasyonu ki, çoğunlukla ofiyolitik kökenli kayalardan türemiş, kötü boylanmalı, iri taneli, yer yer çapraz tabakalı kumtaşı-çakıltaşlarından oluşmuştur (Şekil 2.31 ve 2.32). Kürtköyü formasyonu üzerine sarımsı gri renk tonlarındaki çakıltaşı, kumtaşı ile marn, kıltaşı ardalanmasından oluşan Yeniköy formasyonu; bunların da üzerine uyumlu olarak İnay grubunun tabanında yer alan beyaz renk tonlarının hakim olduğu kıltaşıyla temsil olunan Ahmetler formasyonu gelmektedir. Ahmetler formasyonu üzerine yine uyumlu olarak gölgesel kireçtaşlarıyla temsil olunan Ulubey formasyonu gelmektedir (Şekil.2.33).



Şekil 2.31. Çapraz tabakalanmalı kumtaşı-çakıltaşı-silttaşı ardalanması. Aksaz köyünün 3 km GB'sı, Aksaz Hamam Çayı KD kenarı, Bakış yönü KB'ya doğru.



Şekil 2.32. Gevşek tutulmuş kumtaşı-çakıltaşı-silttaşı ardalanmasından oluşan birimdeki (Kürtköyü fm.) çapraz tabakalanmaların yakından görünümü. Aksaz köyünün 3 km GB'sı, Aksaz Hamam Çayı KD kenarı.



Şekil 2.33. Tabanda çapraz tabakalanmalı kumtaşı-çakıltaşlarıyla temsil olunan Kürtköyü fm., bunların üzerinde kilitaşı-marn ardalanmasıyla temsil olunan Ahmetler fm., en üstte de kireçtaşlarından oluşan Ulubey fm. görülmektedir. Aksaz köyünün 5 km KB'sı, Akkayaönü tepe. Bakış yönü D'ya doğru.

Çalışma alanda yer alan Hacıbekir grubunun taban kesimlerindeki Kürtköyü formasyonu ile Yeniköy formasyonu jeolojik haritada birbirinden ayırt edilmeden Yeniköy formasyonu olarak işaretlenmiştir. Tabanda gözlenen çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı ardalanmasından oluşan istif çökeltme ortamının özelliğiyle ilgili olarak genellikle yatay konumlu değildir. Kumtaşı-çakıltaşı-silttaşları içinde bol miktarda canlı oygu-dolgu kalıplarına rastlanılmaktadır (Şekil 2.34). Birimin kalınlığı yaklaşık 30-40m civarındadır.

ERCAN ve diğ., (1978) tarafından adlandırılan Yeniköy formasyonunun yaşı, birimin kömürlü seviyelerinden alınan spor ve polenlerin determinasyonu ile Orta Miyosen olarak tespit edilmiştir. Birimin daha üst seviyelerinden alınan örneklerde bulunan ostrakod fosillerinin determinasyonu ile ise birimin Üst Miyosen'e kadar çıktığı belirtilmiştir.



Şekil 2.34. Tabandaki kumtaşı-çakıltaşı-silttaşları içinde gözlenen canlı oygu-dolguları, fotoğrafın ortasındaki silindirik kısım.

Aksaz hamamı yakın civarında, şu anki sıcak su çıkışlarına yakın kesimlerde ve jeolojik dönemlerdeki çıkış yerlerinde oluşmuş travertenler mevcuttur. Bu travertenlerin bir kısmı işletilmektedir(Şekil 2.35).



Şekil 2.35. Aksaz hamamı yakınındaki Hanyeri köyünün yaklaşık 500m KB'sındaki Sarıkayabaşı Tepede işletilen traverten ocağı.

Konak köyü batısında yer alan temel birimler ile Neojen birimler arasında gelişmiş KD-GB doğrultulu normal fayın önünde çökelmiş Asartepe formasyonu en genç Neojen örtüdür. Formasyon burada sarımsı-turuncu renkli gevşek tutturulmuş kumtaşı, kiltası ve en üstte yer alan gözenekli gösel kireçtaşlarıyla temsil olunur. Ancak çok küçük bir alanda gözlemlendiğinden haritalanmamıştır. Haritada alüvyonlar/yamaç molozları olarak gösterilen alan içinde kalmaktadır (Şekil 2.36).



Şekil 2.36. Asartepe formasyonu, Konak köyü batısı.

İnay grubuna ait Ahmetler formasyonu'nun Balçıklidere üyesi beyazımsı sarı kumtaşı, silttaşı, tüfit, kiltası, marn, tebeşir ve kireçtaşından oluşmaktadır (Ercan ve diğ.,1978). Yazar, bol miktarda omurgalı fosilleri içeren birimden alınan örneklerin tanımlamasına göre birime Pliyosen yaşını vermiştir. Birim Emirfakılı sahasında yaklaşık 100-120m kalınlık sunmaktadır.

Grubun en üst birimi olan Ulubey formasyonu gösel kireçtaşlarından oluşur. Bu birimin yaşı için birimin içinde buluna lamellibrans ve gastropodların tanımlamasına göre Üst Pliyosen yaşı verilmiştir. Seyidoğlu (1997), inceleme alanına yakın olan Uşak-Güre havzasının

kuzeyinde ve Selendi havzasındaki sedimanter birimlerle ilişkili volkanik kayaların K-Ar yaş verileri ve Palinolojik analizlerle İnay grubuna ait birimlerin Erken-Orta Miyosen'de çökeldiğini belirterek İnay grubuna atfedilen Pliyosen yaşının değiştirilmesinin gerektiğini belirtmiştir. Ulubey formasyonu, çalışma alanındaki en yaygın Neojen birimi oluşturur. Ulubey civarında yaklaşık 180-200m kalınlık sunmaktadır.

Bu çalışmada inceleme sahasında gözlenen Hacıbekir grubunu'nun Yeniköy formasyonu için Erken Miyosen, İnay grubu'nun Ahmetler ve Ulubey formasyonları için ise Erken-Orta Miyosen yaşları benimsenmiştir. İnay grubunun en üst birimi olan Ulubey formasyonunu uyumsuz olarak örten Asartepe formasyonu gevşek tuf ve kil çimentolu kumtaşı ve çakıltaşı ve gözenekli gri renkli kireçtaşlarından oluşmaktadır. Ercan ve diğ. (1978)'ne göre birimin yaşı Kuvaternerdir.

2.2.2. Hasköy Jeotermal Sahası

Hasköy jeotermal sahasındaki çalışmalar UŞAK-L22-b1, UŞAK-L22-b2, UŞAK-L22-b3 ve UŞAK-L22-b4 paftalarında gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda UŞAK-L22-b1 ve UŞAK-L22-b2 paftalarında Ulubey ilçesi ve Avgan kasabasının güneyinde kalan yaklaşık 150 km² lik bir alan ile UŞAK-L22-b3 ve UŞAK-L22-b4 paftalarının güneydeki Köseli-Dumanlı-Kaykılı köylerinin oluşturduğu D-B hattına kadar çalışılmıştır. Bu paftalarda çalışılan alan yaklaşık 200 km² dir. Yani Hasköy Jeotermal sahası için toplamda yaklaşık 350 km² lik bir alanda jeolojik haritalama ve değişik birimlerden tabaka ve şistozite ölçümleri ile çatlak ölçümleri yapılmış, paleontolojik ve petrografik çalışmalar için numuneler derlenmiştir.

Mesozoyik

Karahallı Formasyonu / Musadağı Mermerleri

Bu sahada oldukça geniş alanlarda Metamorfik kayalar yüzeylemektedir. Burada yüzeyleyen şist-kuvarşist, kuvarşist, çörtlü mermer ve mermerler için KONAK ve diğ. (1986), Karahallı formasyonu adlamasını yapmışlardır. Çalışma alanının doğusunda KD-GB gidişli bir şekilde yüzeyleyirler. Mermerler ile kuvarşistler arazide uyumlu görülmektedirler. Mermerler çalışma alanının KD'sundaki Musadağı'nda ve Ömerçalı Dağı'nda yaygın litolojiyi oluştururlar. O yüzden bu bölgedeki mermer ağırlıklı Karahallı formasyonu için Musadağı mermerleri adlaması da önceki çalışmalarda kullanılmıştır (ERCAN ve diğ., 1978). Birimin yaşı için KONAK ve diğ. (1986), Geç Permiyen- Erken Triyas yaşını önerirken ERCAN ve diğ., (1978) ise Permo-Triyas yaşını önermişlerdir.

Kuvarşistler pembemsi, kirlili beyaz, açık kahve renklerde olup şistozite düzlemleri iyi gelişmiştir. En iyi gözleendiği yerlerden biri Paşalar köyüdür (Şekil 2.37). Karahallı formasyonunun çörtlü mermerleri beyaz, gri, yeşilimsi ve bordo renklerde olup genellikle iyi gelişmiş tabaka düzlemlerine sahiptirler. Çörtlü mermer birimi sık sık değişik renk ve litolojilerle ardalananlıdır (Şekil 2.37). Çörtlü seviyeler mermerlerin içerisinde aşınmaya karşı dirençlerinden dolayı çıkıntılar şeklindeki band ve mercerler halinde gözlenirler. Çörtlerin renkleri genellikle sütlü kahve renklerde olup taze yüzeyleri ise beyaz renklidirler (2.38 ve 2.39). Beyaz renkli, iri kalsit kristalli mermerlerde (Musadağı mermerleri) tabakalanma çok belirgin değildir. Musadağı'nda, Clandras köprüsü civarında, Ömerçalı Dağı'nda ve Bekiköy civarında genellikle masif görünümlü bu süt beyaz mermerler, mermer ocağı olarak işletilmektedirler (Şekil 2.40, 2.41 ve 2.42).



Şekil 2.37. Karahallı formasyonuna ait kuvars şistler, Bakış yönü KD'ya doğru, Paşalar köyü.



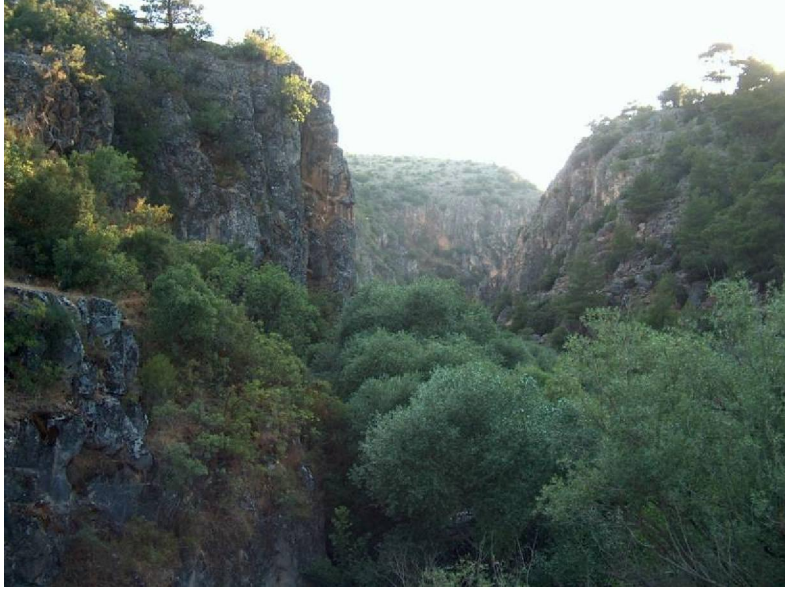
Şekil 2.38. Alttta çört bantlı beyaz mermer, üstte kurşuni gri renkli klorit şist ardalanması, Bekiköy.



Şekil 2.39. Karahallı formasyonuna ait çört bantlı koyu gri renkli mermerler, Dumanlı köyü güneyi.



Şekil 2.40. İri kristalli, beyaz renkli Karahallı formasyonunun mermer birimi/Musadağı mermerleri içerisinde açılmış bir mermer ocağı, Bekiköy'ün yaklaşık 1 km doğusu, Aktaş tepenin batı yamacı.



Şekil 2.41. Karahallı formasyonunun üst seviyelerinde yer alan mermer birimi/Musadağı mermerlerine ait iri kristalli beyaz mermerler, Bakış yönü Clandras köprüsünden batıya doğru .



Şekil 2.42. Karahallı formasyonunun üst seviyelerinde yer alan mermer birimi /Musadağı mermerlerine ait iri kristalli beyaz mermerler, Clandras köprüsü.

Senozoyik

Ulubey Formasyonu

Hasköy jeotermal sahasında yüzeylenen örtü kayaları tamamen Ulubey formasyonunun gölsel kireçtaşlarından oluşmaktadır. Buradaki kalınlığı yaklaşık 200 m olan ve kirlili beyaz, sarımsı renklerdeki tamamen kireçtaşlarından oluşan Ulubey formasyonu orta–kalın katmanlı bir yapıya sahip olup yatay konumludurlar. Tektonik hareketlerden fazla etkilenmemişlerdir ve bu formasyon içerisinde Ulubey yakınlarında çok güzel kanyonlar gelişmiştir (Şekil 2.43). Birimin yaşını SEYİDOĞLU (1997), Orta Miyosen olarak önermiştir.



Şekil 2.43. Ulubey formasyonunun kireçtaşlarından görünüm, Ulubey kanyonu.

Asartepe Formasyonu

Asartepe formasyonu Musadağı'nın doğusunda muhtemelen Musadağı'nın doğu yamacı boyunca gelişen yaklaşık KB-GD doğrultulu bir normal fayın tavan bloğu üzerinde çökelmiş kırmızımsı kahve tonlarındaki çakıtaşı, kumtaşı ve gözenekli kireçtaşlarından meydana gelmiştir (Şekil 2.44).

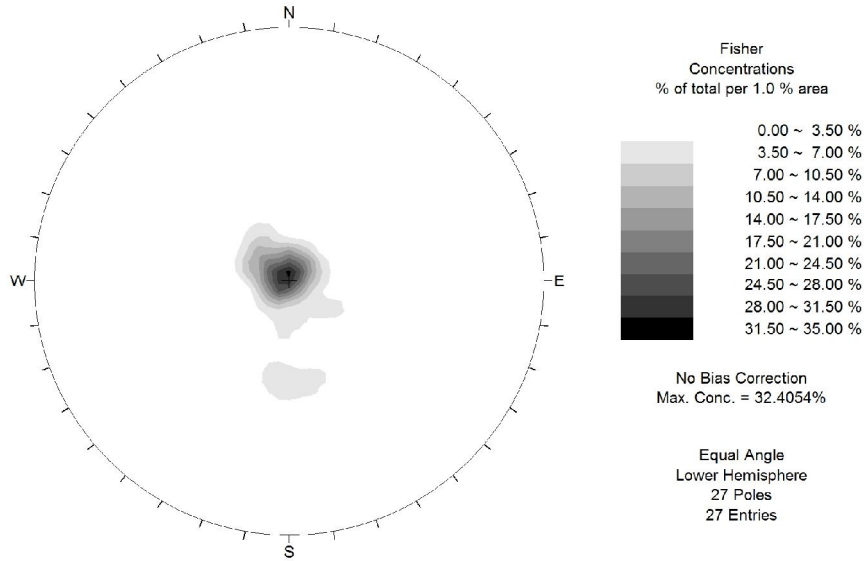


Şekil 2.44. Asartepe formasyonun uzaktan görünümü, Karahallı yakınları.

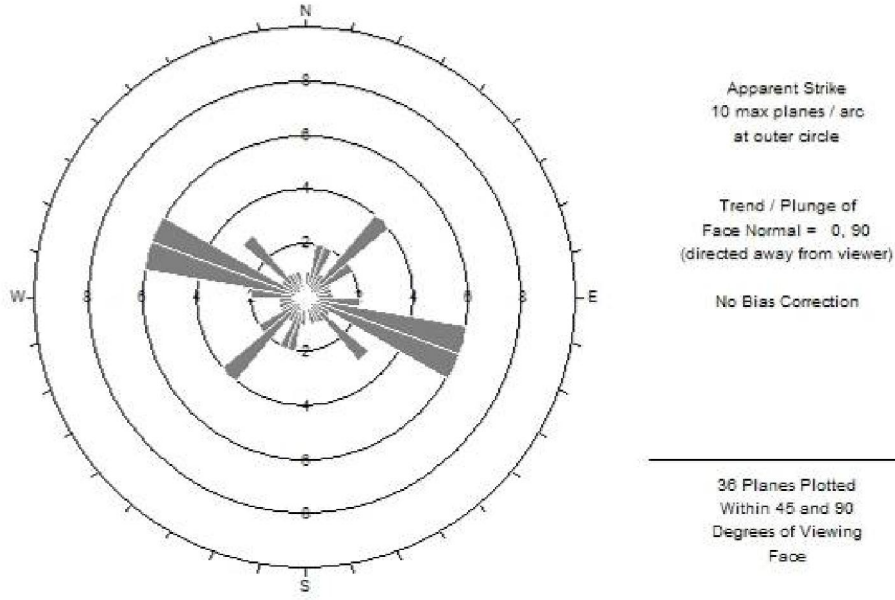
2.2.3. Yapısal Jeoloji

Birimlere ait tabakalanma düzlemlerinin duruşları ile birimlerde gözlenen çatlak takım ve sistemlerinin duruşları sistematik bir şekilde her birimden ayrı olmak üzere jeolog pusulasıyla ölçülüp kaydedilmiş, daha sonra bunlar çeşitli diyagramlarda değerlendirilmiştir. Paleozoyik

yaşlı Eşme metamorfitlendeki paleo-stress yönlerini ortaya koymak için yapraklanma, tabakalanma gibi düzlemsel yapıların yanında buruşma lineasyonu, arakesit lineasyonu ve mesoskopik kıvrım eksenleri gibi çizgisel yapılara ait ölçüler alınarak nokta kontur diyagramlarında değerlendirilmiştir. Çalışma alanındaki Eşme metamorfitlelerinin gnays ve mikaşistlerden derlenen yapraklanma / tabakalanma gibi düzlemsel yapılar kullanılarak yapılan kontur diyagramına göre birimin genel tabakalanması yataydır (Şekil 2.45). Eşme metamorfitlelerine ait gözlü gnays ve kuvars-mika şistlerde gelişmiş olan çatlak düzlemleri kullanılarak yapılan doğrultu gül diyagramına göre ana sıkışma doğrultusu; B-KB/D-GD doğrultulu açılma çatlaklarıyla temsil olunan doğrultudur (Şekil 2.46). Jeotermal kaynak sularının dolaşımı için çatlakların genel doğrultusu önemlidir. EK-2.4'deki jeolojik haritaya bakıldığında Aksaz hamamı dere, Kumsüren dere, Aksaz köyü ve Deredamı mahallesinin batısındaki Hamam deresinin doğu kolunun genel doğrultularının da KB-GD doğrultulu olması dikkat çekicidir. Bu verilerin ışığında Aksaz hamamının yaklaşık 8-10 km KB'sında yer alan bol çatlaklı Eşme Formasyonundan B-KB/D-GD çatlak doğrultusu takip edilerek jeotermal kaynak için gerekli suların derin dolaşımına GD'ya doğru hareket etmiş olma ihtimali yüksektir.



Şekil 2.45. Aksaz jeotermal sahasında yüzeylenen Eşme metamorfitlelerine ait gözlü gnays ve kuvars-mika şistlerin yapraklanma (S_1) düzlemlerine ait kontur diyagramı.

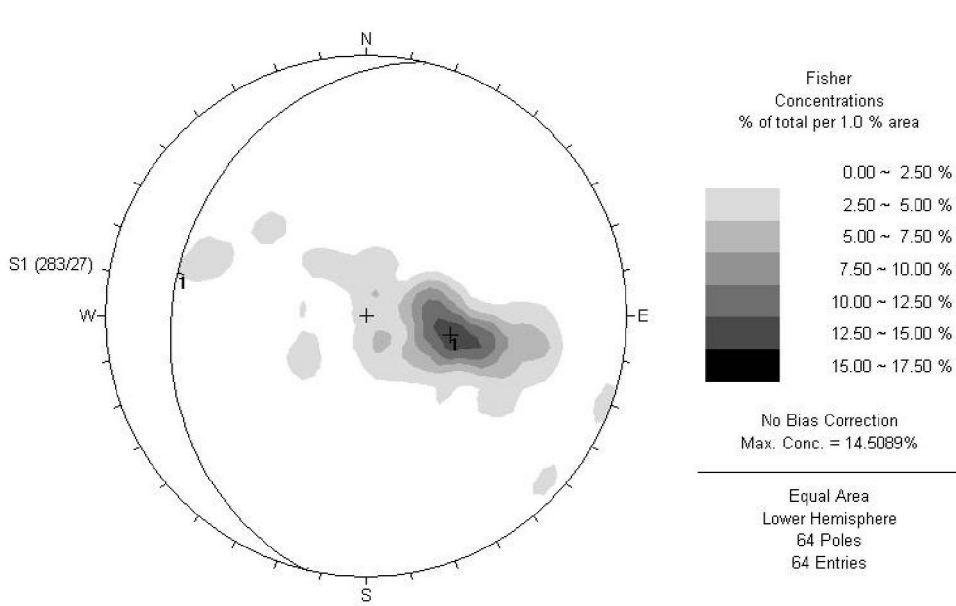


Şekil 2.46. Aksaz jeotermal sahasında yüzeylenen Eşme metamorfiteğine ait gözlü gnays ve kuvars-mika şistlerde gelişmiş olan çatlak düzlemlerinden yapılan doğrultu gül diyagramı.

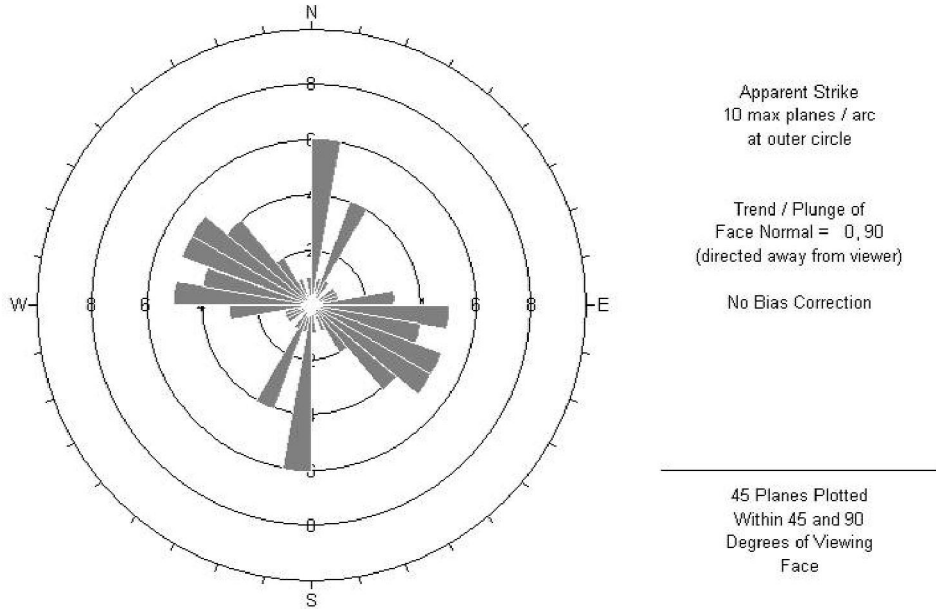
Hasköy jeotermal sahasında yüzeylenen Karahallı formasyonuna ait çörtlü mermer, kuvarsit, kuvarşşist ve mermerlerinden (Musadağı mermerleri) alınan tabakalanma ve yapraklanma düzlemlerinden yapılan kontur diyagramına göre (Şekil 2.47), arazideki genel gidişleri KD-GB doğrultulu olan formasyonun genel tabakalanma KB'ya doğru eğimlidir. Arazide de oldukça kıvrımlı olduğu gözlenen formasyonun, Şekil 2.47'deki diyagramda görülebileceği gibi KB'ya devrik veya yatık kıvrımlara ait kıvrım eksen düzlemlerinin olması muhtemeldir. Şekil 2.47'deki diyagramda her ne kadar yoğunlaşma tek bir nokta maksimumu şeklinde gözleniyorsa da her iki kıvrım kanatlarına ait ölçüler muhtemelen bir yerde toplanmıştır. Yoğunlaşmanın dairesel değil de elips şeklinde oluşu bu fikri desteklemektedir.

Karahallı formasyonuna ait çörtlü mermer, kuvarsit, kuvarşşist ve mermerlerden alınan çatlak düzlemlerinden yapılan doğrultu gül diyagramına göre paleo-stress doğrultusu Aksaz sahasındaki benzerdir. Yani sıkışma doğrultusu yine açılma çatlaklarının yoğunlaştığı B-KB/ D-GD doğrultusudur (Şekil 2.48).

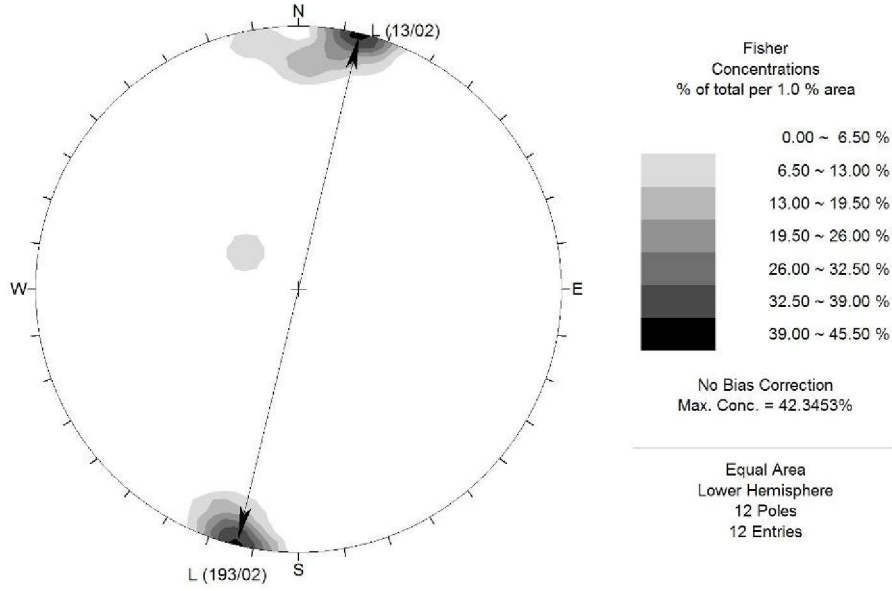
Hasköy sahasında yüzeylenen Karahallı formasyonu oldukça kıvrımlı bir yapıya sahip olup kıvrım eksenleri KD gidişlidirler. Formasyondan alınan mesoskopik ölçekli kıvrım eksenlerinden ve buruşma lineasyonlarından yapılan diyagramlara göre kıvrım eksenlerinin dalımları yaklaşık yatay olup, kıvrım eksen gidişleri ise K-KD/ G-GB doğrultuludur (Şekil 2.49). Aynı şekilde Aksaz jeotermal sahasındaki Eşme metamorfiteğinden alınan çizgisel yapılara ait kontur diyagramı da aynı doğrultuyu vermiştir (Şekil 2.50). Bu lineasyon doğrultuları da B-KB/ D-GD doğrultusundaki bir sıkışma gerilmesini vermektedir. Bunun anlamı ise şudur; Her iki jeotermal sahadaki açılma çatlaklarıyla kıvrımları oluşturan paleo-gerilme aynıdır. Aynı zamanda Eşme formasyonu ile Karahallı formasyonunda sadece tek doğrultuda (K-KD/G-GB) kıvrım eksenlerinin bulunuşu, bu iki birimin yaşlarının da birbirlerine yakın olabileceği olasılığını düşündürmektedir. İlk bakışta farklı iki sahada yüzeylenen ve ikisine ait dokanağın Neojen örtüden dolayı gözlenememesi, bu birimlerin farklı yaşlarda ve farklı çökeltme ortamlarının ürünleri olduğu fikrini doğurmuş olabilir. Hatta bu iki birim belki uyumlu bile olabilirler.



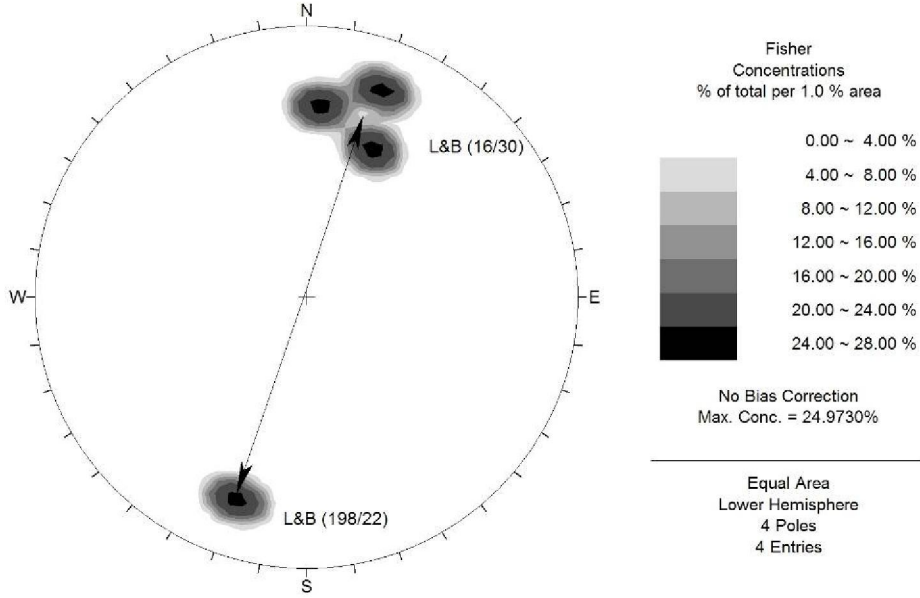
Şekil 2.47. Hasköy jeotermal sahasında yüzeylenen Karahallı formasyonuna ait çörtlü mermer, kuvarsit, kuvarşşist ve mermerlerden alınan tabakalanma ve yapraklanma düzlemlerine ait kontur diyagramı.



Şekil 2.48. Hasköy jeotermal sahasında yüzeylenen Karahallı formasyonuna ait çörtlü mermer, kuvarsit, kuvarşşist ve mermerlerden alınan çatlak düzlemlerinden yapılan doğrultu gül diyagramı.



Şekil 2.49. Hasköy jeotermal sahasında yüzeylenen Karahallı formasyonuna ait çörtlü mermer, kuvarsit, kuvarşist ve mermerlerdeki mesoskopik ölçekli kıvrım eksenlerinden ve buruşma lineasyonları gibi çizgisel yapılar kullanılarak elde edilen kontur diyagramı.



Şekil 2.50. Aksaz jeotermal sahasında yüzeylenen Eşme metamorfilerine ait gözlü gnays ve kuvars-mika şistlerde gelişmiş mesoskopik ölçekli kıvrım eksenlerinden ve buruşma lineasyonları gibi çizgisel yapılar kullanılarak elde edilen kontur diyagramı.

Aksaz jeotermal alanındaki faylardan en önemlisi çalışma alanınının KB'sındaki Eşme metamorfileriyle Neojen örtü birimleri arasında gelişen KD-GB doğrultulu normal faydır. Bu fay, paleo-tektonik rejimde gelişen B-KB/ D-GD doğrultulu açılma çatlaklarından sonra gelişmiş neo-tektonik rejimin yani yaklaşık K-G açılmanın bir ürünüdür. Gerek Aksaz gerekse Hasköy jeotermal sahasında gözlenen diğer faylar ise daha çok morfolojik olarak göze çarpan çizgiselliklere belirlenmişlerdir (EK-2.3 ve EK-2.4). Aksaz hamamı jeotermal kaynağı KB-GD doğrultulu tansiyon kırıklarıyla ilişkili olabilir. Buradaki sıcak su kaynağından geçen ve

Aksaz hamam ayı vadisi boyunca gelişmiş ve traverten de çökeltmiş bir fayın varlığı bu görüşü desteklemektedir.

2.3. Karaağaç Jeotermal Sahası

2.3.1. Stratigrafi

Çalışma alanında temel, Menderes metamorfiteinin Paleozoyik yaşlı örtü Őistleriyle temsil olunur. Temel birimler üzerine uyumsuzlukla Erken-Orta Miyosen yaşlı İnay grubunun, beyaz renkli kilaşı ve marnlar ile temsil olunan Ahmetler formasyonu gelmektedir. Çalışma alanında Kayaağıl köyü güneyindeki İtecek tepe ve civarında gözlenen volkanitler erken Orta Miyosen (~15 my) yaşlı genellikle aglomeralarla temsil olunan trakiandezitler ve ignimbritlerden oluşmaktadır (EK-2.5).

Paleozoyik

Bölgedeki temel kayaç birimlerini Menderes masifinin örtü Őistlerine ait Paleozoyik yaşlı granatlı mikaşistler, kuvarsitler, kalkşistler ve mermer gibi metamorfiteiler oluşturmaktadır (Şekil 2.51, 2.52 ve 2.53).



Şekil 2.51. Karabol köyü GB'sındaki Karadeniz dere içinde gözlenen granatlı mikaşistler.



Şekil 2.52. İtecek tepe güneyinde yüzeylenen metamorfiteiler içindeki beyaz renkli kuvarsitler.



Şekil 2.53. Karabol köyü GB'sındaki Karadeniz dere içinde gözlenen kuvarsit (alttaki beyaz renkli tabakalanmalı) ve granatlı mikaşist (üstteki kahverengimsi ufalanmış kısım) ardalanması.

Senozoyik

Temel birimler üzerine uyumsuzlukla Erken-Orta Miyosen yaşlı İnay grubunun, beyaz renkli kilitaşı ve marnlar ile temsil olunan Ahmetler formasyonu gelmektedir (Şekil 2.54). Ahmetler formasyonunun üzerinde uyumlu olarak karasal kireçtaşlarından oluşan İnay grubunun en üst birimi Ulubey formasyonu gelmekte olup inceleme sahasında pek fazla kalınlığa sahip değildir. Ulubey formasyonu, yaklaşık yatay konumlu gevşek tuf ve kil çimentolu kırmızı renklerin hakim olduğu kumtaşı, çakilitaşı ve gözenekli gri renkli karasal kireçtaşlarından oluşan Asartepe formasyonu tarafından uyumsuzlukla örtülür. Çalışma alanında Kayaağıl köyü güneyindeki İtecek tepe ve civarında gözlenen volkanitler erken Orta Miyosen (~ 15 my) yaşlı genellikle aglomeralarla temsil olunan trakiandezitler ve ignimbiritlerden oluşmaktadır (Şekil 2.55, 2.56 ve 2.57). Volkanitler, Erken-Orta Miyosen yaşlı İnay grubunun beyaz renkli kilitaşı, marn ve killi kireçtaşlarıyla temsil olunan Ahmetler formasyonu ile ara tabakalanmalı olarak gözlenirler.



Şekil 2.54. İtecek tepe GD'sundaki Yeşildere köyü civarında gözlenen yatay konumlu Ahmetler fm.



Şekil 2.55. İtecek tepe ve kuzeyinde yer alan Kayaağıl köyü. Buradaki volkanitler trakiandezit, aglomera ve ignimbritlerden oluşmaktadır.



Şekil 2.56. Kayaağıl köyü KD'sundaki Araplar dere içerisindeki beyaz renkli ignimbritler.

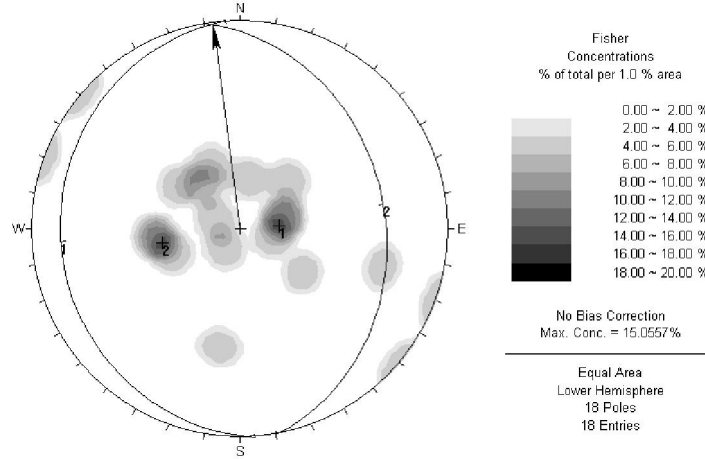


Şekil 2.57. Karaağaç köyünün GB'sındaki Tanışman tepesi oluşturan ignimbirit (alttaki beyaz renkli) ve andezitik aglomeraların (üstteki yatay kahverengimsi, sert görünümlü tabaka) arazideki konumu.

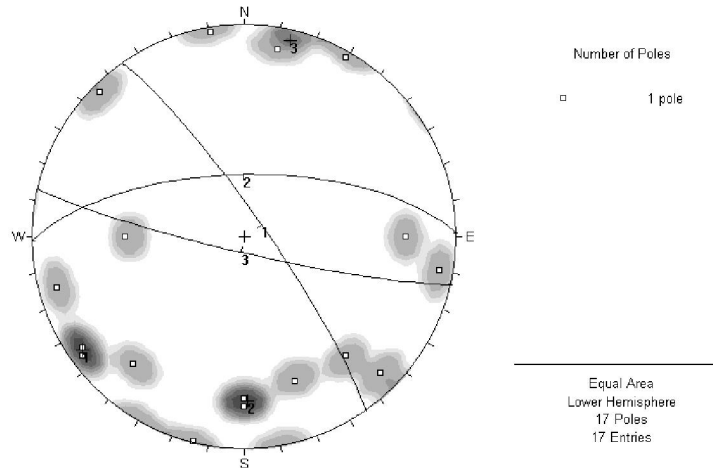
2.3.2. Yapısal Jeoloji

Metamorfitlerden alınan yapraklanma ve arakesit lineasyonları, temel birimlerin paleo tektonik dönemde yaklaşık D-B doğrultulu bir sıkışma rejimine maruz kaldığını ve sonuçta yaklaşık K-G doğrultulu kıvrım eksenlerinin geliştiği görülmüştür (Şekil 2.58, 2.59 ve 2.60). Temel ile Neojen birimlerin dokanakları genellikle faylıdır (Karabol çayı). Faylı dokanaklardaki eski sıcak su kaynaklarının olduğu yerlerde genellikle hidrotermal alterasyonlar gelişmiştir. Çalışma sahasında morfolojiyi şekillendiren en önemli yapısal unsurlar faylardır ve büyük derelerin bir çoğu kırık zonlarıdır. Hemen hemen hepsi açılma tektoniğinin bölgede hakim olduğu Neo-Tektonik dönemde gelişmiş normal fay özelliğindedirler ve genel doğrultuları D-B, KKD-GGB ve KB-GD doğrultuludurlar. Sahadaki mevcut sıcak su çıkışları, bu fayların kesişim yerlerine yakındır. Başka bir ifadeyle bölgedeki termal boşalmlar bu faylarca denetlenmektedir.

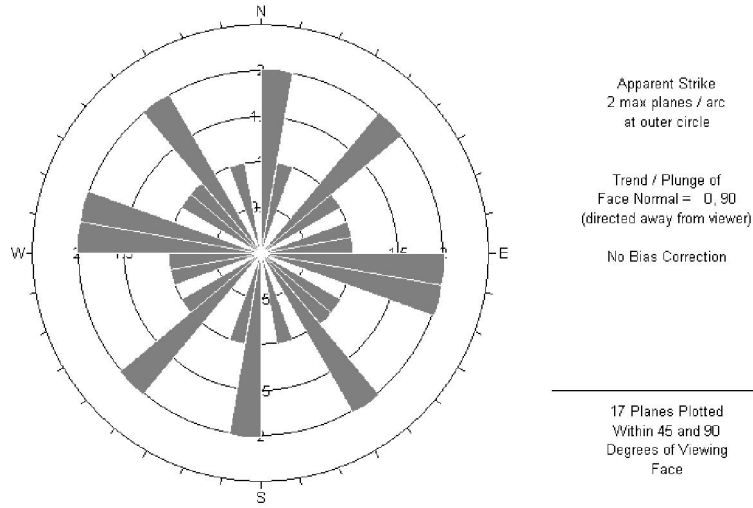
Kırıntılı Neojen birimler arasında gelişen fayların düzlemleri çoğu yerde gözlenememekte, kırık izleri takip edilememektedir. Bu fayların haritaya işaretlenmeleri belirgin fay morfolojisi yapıları (düzgün gidişli vadiler, morfolojideki ani diklikler, farklı yaş özellikteki birimlerin belli hatlar boyunca karşı karşıya gelmeleri gibi) sunmaları ile mümkün olmuştur.



Şekil 2.58. Kayağıl köyü civarındaki Paleozoyik yaşlı çeşitli şistlerden alınan yapraklanma ölçülerine göre hazırlanmış nokta kontur diyagramı. Kıvrım eksenini yaklaşık kuzey-güney doğrultuludur.



Şekil 2.59. Kayağıl köyü civarındaki Paleozoyik yaşlı çeşitli şistlerden alınan çatlak ölçülerine göre hazırlanmış nokta kontur diyagramı. Baskın Çatlak doğrultuları D-B ve KB-GD dur.



Şekil 2.60. Kayağı köyü civarındaki Paleozoyik yaşı çeşitli şistlerden alınan çatlak ölçülerine göre hazırlanmış çatlak doğrultusu gül diyagramı.

2.4. Hamamboğazı ve Kızılcaören Jeotermal Sahaları

Çalışma alanı 1/100 000 ölçekli Uşak K23 paftası sınırları içerisinde, Banaz ilçesi ve çevresini kapsayan yaklaşık 800 km² lik bir alandır. Doğuda Dumlupınar'dan başlayan bölge batıda Çamsu ve Ovacık köylerine kadar uzanır. Güneyde Şaban, Ahat ve Güllüçam köylerinden başlayan alan kuzeyde Muratdağı zirvelerine kadar uzanır. Morfolojik olarak Güneyde Kaplangı dağları, kuzeyde ise Muratdağı ile sınırlıdır.

Banaz ilçesi kaplıcalarının jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerini incelemek amaçlı bu çalışmada kaplıca beslenme alanı genelde kuzeyde olduğu için çalışılan alan genel olarak kaplıca bölgesi ve kuzeyidir. 1/25 000 ölçekli Uşak K23a1 ve a4 paftalarının doğusu, K23a2 paftasının güneyi, K23a3 paftası, K23b1 ve b2 paftalarının güneyi, K23b3 paftasının batısı, K23b4 paftası, K23c1 ve d2 paftalarının tamamı çalışılan alan dahilindedir (EK-2.6).

İnceleme alanı içerisinde Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik dönemlerine ait mağmatik, metamorfik, tortul ve volkanik birimler bulunmaktadır. Paleozoyik yaşı metamorfiklerden oluşan Baybulan formasyonu bölgenin temelini oluşturur. Daha üstte ise uyumsuz olarak Jura yaşı dolomit, dolomitik kireçtaşlarından oluşan Çiçeklikaya formasyonu yer alır. Bunların üzerine tektonik dokanaklı olarak Kretase'de yerleşen Muratdağı melanji bulunur. Alt-Orta Miyosen döneminde bölgeye yerleşen Baklan graniti ve Orta Miyosen yaşı Dikendere volkanikleri bölgenin mağmatik sokulumlarını oluşturur. Daha üstte ise uyumsuz olarak Orta-Üst Miyosen yaşı Yeniköy formasyonu ve Üst Pliyosen yaşı Asartepe formasyonu gelir. Kaplıca sahası dolaylarında küçük bir alanda mostra veren travertenler ve Alüvyonlar Kuvaterner yaşı bölgenin en genç birimleridir.

2.4.1. Paleozoyik

Baybulan formasyonu

Formasyon inceleme alanında K23b1 paftası güneyinde Belenoluk ve Tahtalı Tepe dolayları, K23b4 paftası kuzeyi Erikli ve Kızılsivri tepe dolayları, K23a2 ve a4 paftalarında Muratdağı güneyi Kurudere çevresi, karacahisar kuzeyi, Tanışman Tepe dolayları, K23a3 paftası kuzeyi

Çıgan dere dolayları olmak üzere toplam 40 km²lik bir alanda mostra vermektedir. Formasyon ismi Aydoğan ve diğ. (2008) ve Öztürk ve diğ. (2003) tarafından kullanılmıştır. Paleozoyik yaşlı Menderes metamorfiklerinden oluşan birim çoğunlukla şistlerden meydana gelmiş olup üst seviyelere doğru mermer ve kuvarsit ara seviyeleri içerir. Yer yer kalkışt ve mikashişit litolojileri de yer alır. Bol çatlaklı bir yapıya sahip olan birimin mağmatik sokulumlarla yaptığı dokanak bölgelerinde yoğun ayrışma izleri gözlenir. PASVANOĞLU ve diğ. (2005) bunların yeşil şist fasiyesinde geliştiğini belirtirler. Bölgenin en yaşlı birimi olan Baybulan formasyonunun temeli gözlenmez. Üzerinde ise uyumsuz olarak Çiçeklikaya formasyonu gelir (Şekil 2.61). BİNGÖL (1977), Rb/Sr izotop yaş tayini neticesinde metamorfizma yaşını 127 my olarak belirlemiştir. MTA (2002) raporunda ise metamorfizma yaşı Üst Kretase olarak belirtilmektedir.

2.4.2. Mesozoyik

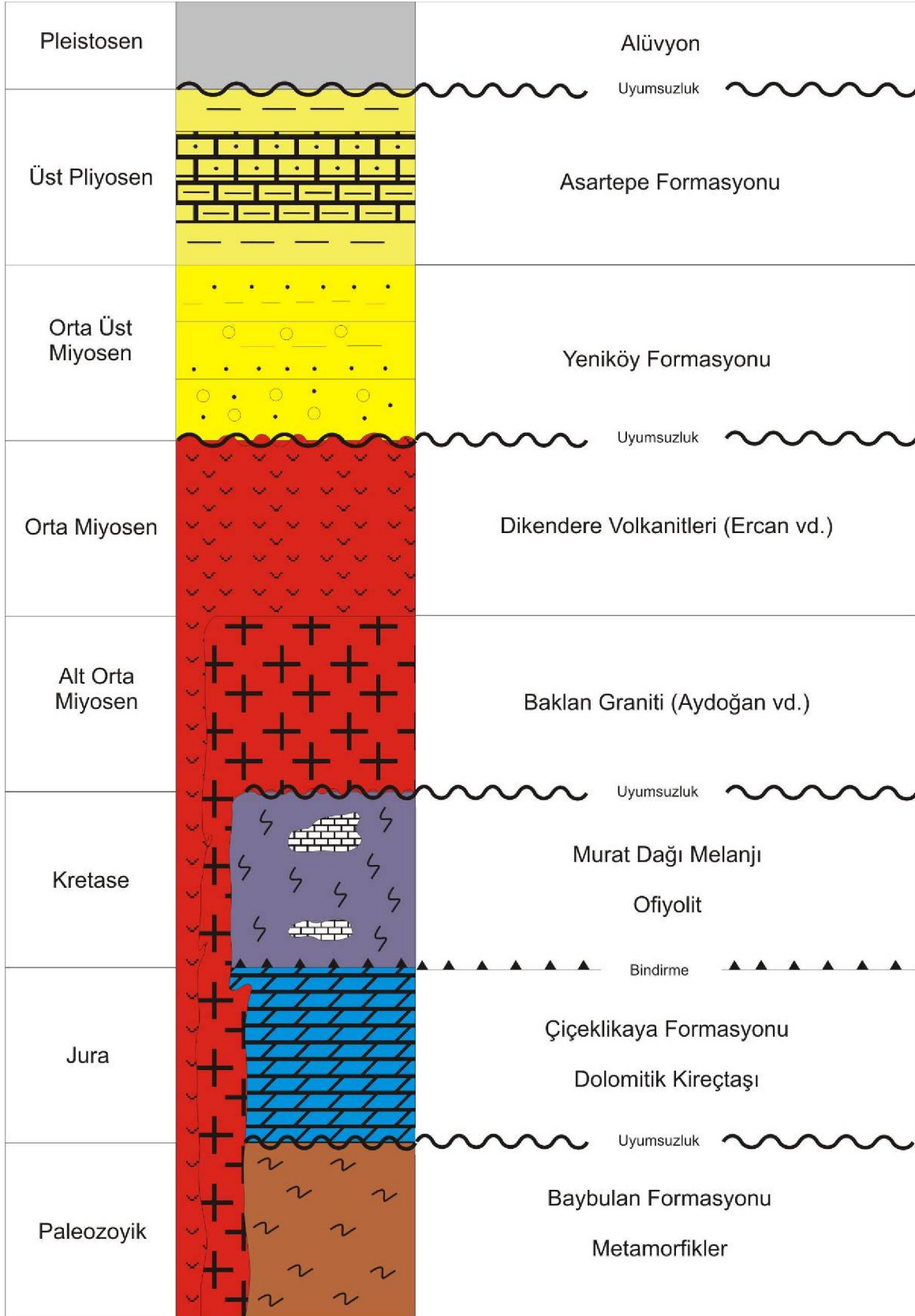
Çiçeklikaya formasyonu

Formasyon inceleme alanında K23a2 paftasının güneyinde Hütsü Tepe dolaylarında, a3 paftasının kuzeyinde Avdan Tepe ve Çiçekli tepe dolaylarında, b4 paftasının kuzeybatısında Kızılövek deresi dolayları olmak üzere yaklaşık toplam 12 km²lik bir alanda mostra verir. Birimin adı ÖZTÜRK ve diğ. (2003), AYDOĞAN ve diğ. (2008) tarafından kullanılmıştır. ERCAN ve diğ. (1978) ise birime Kızılcaşöğüt formasyonu adını vermiştir.

Birim gri- beyaz renkli dolomit ve dolomitik kireçtaşıdan oluşur. Çoğunlukla tabakalı yapı sunan formasyon yer yer çört içerikli, bol çatlaklı ve çatlaklar kalsit dolguludur. ERCAN ve diğ. (1978) birimin altında Paleozoyik mermerleri olduğunu ve üstünde ise Vezirler melanjinin bulunduğunu belirtirler. AYDOĞAN ve diğ. (2008) ise birimin tabanında metakumtaşı çamurtaşı ve kireçtaşıdan oluşan Kırbudak formasyonu, üstünde ise Muratdağı melanjinin bulunduğunu vurgularlar. ÖZTÜRK ve diğ. (2003) ise birimin tabanında metakumtaşı ve meta silttaşıdan oluşan Aşağıbelova formasyonu, üstünde ise yine Muratdağı melanji olduğunu belirtirler. Birimin tabanında gözlenen bu litolojiler çalışma alanının dışında kalmaktadır. Çalışılan alan içerisinde birimin taban dokanağı metamorfikler ile uyumsuzdur. Tavan dokanağı ise Muratdağı melanji ile tektoniktir (Şekil 2.61). ERCAN ve diğ. (1978) birime Orta-Üst Jura yaşını vermiş, Aydoğan ve diğ. (2008) ile MTA (2002) raporunda birim Jura yaşlı olarak kabul edilmiş, ÖZTÜRK ve diğ. (2003) ise birimin yaşını Üst triyas-Jura olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmada birim Jura yaşlı olarak kabul edilmiştir.

Muratdağı melanji

Formasyon, inceleme alanında K23a1 paftası güneydoğusunda ve Muratdağı güneyinde Kazıkbatmaz Tepe ve Kara Tepe dolaylarında, a4 paftası kuzeydoğusunda Tahtayol Tepe dolaylarında, a2 paftasında Muratdağı dolayları ve güneyi ile karacahisar doğusunda gözlenir. Ayrıca K23a3 paftası kuzeyi Kayalı dere ve Erciova yaylası ile Başalan ve sarıtaş tepe dolaylarında, b4 paftası kuzeybatısı Ağırsak mevkiinde, b1 paftası güneyi Tüfek tepe ve Uğur tepe civarında mostra verir. Buna ilaveten K23b2 paftası güneyinde Güvercinlik Sırtı, d2 paftası kuzeyi Eskiköy ve Kızılyayla Tepe dolayları olmak üzere yaklaşık toplam 110 km²lik bir alanda mostra vermektedir. Birimin adını Ercan ve diğ. (1978) ve Şimşek ve diğ., (2010) Vezirler melanji olarak, ÖZTÜRK ve diğ. (2003) ve AYDOĞAN ve diğ. (2008) ise Muratdağı melanji adını kullanmışlardır.



Şekil 2.61. Genelleştirilmiş Stratigrafik Sütun Kesit (Ölçeksiz)

Birim, ofiyolitik kayalardan oluşur. Başta Serpantinit olmak üzere harzburjit, gabro, diyabaz, bazalt radyolarit, çört içerir. İçerisinde yer yer büyük kireçtaşı blokları dikkat çekicidir. Taban dokanağının olduğu kesimlerde ezik ve breşik zon ve yoğun ayrışma göze çarpar. Kretase öncesi tüm birimler üzerine bindirmeli bir dokanakla gelen ofiyolitli melanjin üzerinde stratigrafik olarak Baklan graniti bulunur. Haritalanan alanda çoğu yerde melanjin üzerinde uyumsuz olarak Neojen yaşlı tortullar yer alır (şekil 2.61). Birimin yerleşim yaşı için MTA, (2002) raporu ile ÖZTÜRK ve diğ. (2003), Üst Kretase yaşını vermişler, AYDOĞAN ve diğ. (2008) ise Kretase yaşını vermiştir. ERCAN ve diğ. (1978) melanjin yerleşiminin Senomaniyen'den daha genç olduğunu savunurlar. BİNGÖL (1977) ise melanja 70 my. yerleşim yaşı vermiştir. Bu alışmada Kretase yerleşim yaşı kullanılmıştır.

2.4.3. Senozoyik

Baklan graniti

Formasyon, inceleme alanında K23a3 paftası kuzeyi Avdan Tepe dolayları, a2 paftası güneydoğusunda BaklanTepe çevresinde, b1 paftası güneydoğusunda Karabatak ve Kocakırmezari tepe dolaylarında, b4 paftası kuzeybatısında Karamezar deresi civarı olmak üzere toplam 17 km²lik bir alanda mostra vermektedir. Bölgede granitler üzerinde ayrıntılı çalışma yapan AYDOĞAN ve diğ. (2008) Baklan graniti adını kullanmışlardır.

Birim açık pembe, yer yer gri-beyaz renkli granit ve granodiyoritlerden oluşur. Çoğunlukla büyük kütleler halinde, yer yer de küçük mostralar halinde izlenen birimin küçük mostralarını AYDOĞAN ve diğ. (2008) apofizler olarak yerleşim yaptıklarını belirtmişlerdir. Birimin özellikle ofiyolitlerle yaptığı dokanakta yoğun ayrışma göze çarpar. Birim granit-granodiyorit olarak değerlendiren AYDOĞAN ve diğ. (2008), bunları çarpışma sonrası granitoid sınıfına dahil etmişlerdir. Birimin alt dokanağında stratigrafik olarak Muratdağı melanji bulunur. Üst dokanağında ise yine stratigrafik olarak Dikendere volkanikleri yer alır (şekil 2.61). MTA, (2002) birimin yaşını Eosen-Oligosen olarak belirtmiştir. AYDOĞAN ve diğ. (2008) ise Baklan granitinin K-Ar metoduna göre 17.7 my ile 19.4 my yaşında olduğunu belirlemişler. Dolayısıyla birime Alt-Orta Miyosen yaşını vermişlerdir. Bu çalışmada da Alt-Orta Miyosen yaşı kabul edilmiştir.

Dikendere volkanikleri

Küçük mostralar halinde izlenen birimin inceleme alanındaki yayılımı K23a1 paftası güneydoğusu Sakızoca Tepe ve Ahlatlık Tepe dolayları, a2 paftası güneybatısı Bakacakkaş tepe ve dolayları, b1 paftası güneydoğusunda Kamuran Tepe civarı, b4 paftası kuzeydoğusu Efekli Tepe dolayları, b2 paftası güneybatısı Keiyatağı Tepe civarı, b3 paftası kuzeybatısı Semerkaya ve aldere Tepe civarı olmak üzere toplam 15 km²lik bir alanda mostra vermektedir. Birime ERCAN ve diğ. (1978) ve (1979) Dikendere volkanikleri adını vermişlerdir.

Bölgedeki Tersiyer'in ilk volkanik evresi olarak ortaya çıkan birim tuf ve andezitik ve traki andezitik lavlardan oluşur. Tüflerde yer yer tabakalanma mevcut olup beyaz renkli ince-orta tabakanma gözlenir. Andezitler ve traki andezitlerde iri sanidin kristalleri gözlenir. Birimin üst seviyelerinde bol ayrışma yapıları gözlenmiş olup özellikle Hallaçlar Köyü kuzeyinde lav ve tüfler bozuşarak kaolenleşmiş ve ocak olarak işletilmektedir. ERCAN ve diğ. (1979) Muratdağı bölgesindeki volkaniklerin aşırı potasyum içeriği nedeniyle oluşumunun yitim zonuna en uzak ve daha çok kıta içi tipi volkanizma olarak yorumlamışlardır. Birimin alt dokanağında stratigrafik olarak Baklan granitleri bulunur. Üst dokanağı ise Yeniköy formasyonu ile uyumsuzdur (şekil 2.61). Dikendere volkaniklerinin yaşı MTA, (2002) raporuna göre Alt-Orta Miyosen olarak belirlenmiş, ERCAN ve diğ. (1978) ve (1979) ise Orta Miyosen yaşını bulmuşlar. BİNGÖL, (1977) radyometrik yaş tayinine göre 16-20 my. yaşını

vermiş bu yaş aralığı da Orta Miyosen'e karşılık gelmektedir. Bu çalışmada da Orta Miyosen yaşı kabul edilmiştir.

Yeniköy formasyonu

Çalışma alanında çok geniş bir alanda mostra veren formasyon bölgenin kuzeyinde Muratdağı'na nazaran daha alçak seviyeleri oluşturan morfolojilerde yayılım gösterir. Bu kesimler genellikle bölgenin güney kesimleridir. Birim için ERCAN ve diğ. (1978), ÖZTÜRK ve diğ. (2003), AYDOĞAN ve diğ. (2008) ve ŞİMŞEK ve diğ., (2010) Yeniköy formasyonu adını kullanmışlardır. ERCAN ve diğ. (1978), birimi Hacıbekir grubuna dahil etmiştir.

Formasyon genel olarak çakıltaş, kumtaş, çamurtaş, silttaş ve killi kireçtaşından oluşur. Genel olarak birimin tabanında kalın tabakalı kırmızı renkli, yer yer ofiyolit kökenli çakılları bulduran karasal kökenli konglomeralar yer alır. Genellikle yataya yakın tabakalanma sunan birimin faya yakın olan kesimlerinde tabaka eğimleri dikleşmektedir. Üst seviyelere doğru koyu sarı ve açık turuncu renklerde gözlenen çamurtaş, kumtaş, silttaş seviyelerinden oluşur. Yaklaşık 1000 m. kalınlığa sahip olan birim taban seviyelerinde kalın katmanlı üste doğru ince orta katmanlı yapı sunar. Yer yer kırmızı çamurtaş ve gri-beyaz renkli killi kireçtaşları araseviyeler olarak gözlenir. Birim içerisinde yer alan kireçtaş seviyeleri bölgedeki jeotermal akışkanlar için ikincil rezervuar niteliğindedir (Şimşek ve diğ., 2010) Birim çalışma alanının güney kesimlerinde Yenice Köyü ile Şaban Köyü arasında beyaz marn (tebeşir) tabakaları bulduran. Formasyonun taban seviyelerinde yer yer ince kömür seviyeleri izlenir. Yalancı dere kuzeyi Gebekonak yaylasında ofiyolitler ile dokanak yaptığı kesimde formasyonun tabanında ince kömür damarı gözlenmiştir. Özellikle Muratdağı'na yakın bölgelerde konglomeralar arasında yer yer tufa oluşumları vardır. Yeniköy formasyonu Orta Miyosen öncesi tüm birimleri uyumsuz olarak örter. Üzerinde ise Üst Pliyosen-Alt Kuvaterner yaşlı Asartepe formasyonu yer alır. Arazi çalışmalarında birimin Asartepe formasyonu ile yaptığı dokanağı izlemek zordur. Litoloji benzerliği ve yer yer topraklaşmadan dolayı haritalama da bu iki birimin dokanağı muhtemel dokanak olarak belirlenmiştir (Şekil 2.61). MTA, (2002) raporunda yaşı Alt-Orta Miyosen olarak belirtilen birime AYDOĞAN ve diğ. (2008), Orta Miyosen, ERCAN ve diğ. (1978) ve ÖZTÜRK ve diğ. (2003) ise Orta-Üst Miyosen yaşını vermişlerdir.

Asartepe formasyonu

Formasyon, inceleme alanında K23a4 paftasında Ovacık Köyü dolayları, a3 paftasında Burhaniye Köyü ve güneyi ile Banaz batısı, b4 paftasında Banaz doğusu, Alaba, Bahadır ve Dümenler Köyleri civarı, b3 paftasında Büyükoturak Köyü güneyi ve doğusu ile Gedikler Köyü dolayları olmak üzere yaklaşık 60 km²lik bir alanda mostra vermektedir. Formasyonun ismini ERCAN ve diğ. (1978) çalışmalarında kullanmışlardır. ŞİMŞEK ve diğ., (2010) ise birimi Ahmetler formasyonu adı altında haritalamışlardır.

Açık gri renkli çamurtaş, killi kireçtaş, kiltaş ve az miktarda tüfit, kum ve çakıl ara seviyeleri içerir. Üst seviyelerde zayıf çimentolu killi kireçtaşları yer alır. Özellikle üst seviyeleri çoğunlukla topraklaşmıştır. Bu nedenle genelde yatay tabakalı olan birimin her lokasyonda tabakalanması net olarak izlenmez. Morfolojik olarak daha alçak kesimlerde mostra veren birim çoğunlukla Yeniköy formasyonu üzerinde gözlenir. Yataya yakın morfolojileri oluşturan Asartepe formasyonu üzerinde ise alüvyonlar bulunur (Şekil 2.61). Birimin yaşını ERCAN ve diğ. (1978) Alt Kuvaterner olarak belirlemişlerdir. MTA, (2002) Raporunda ise birimin yaşına Üst Miyosen-Pliyosen olarak yorumlamışlardır. ERCAN ve diğ. (1978) birimin Üst Pliyosen gölünün kurumasından sonra Akarsu sistemi ve sığ su birikintileri ürünü olduğunu savunurlar.

Alüvyon ve Traverten

Çalışma alanında dere yataklarını dolduran gevşek tuutulmuş kil, kum, çakıl ve blok depolanmalarıyla oluşmuş birim alüvyonlar olarak haritalanmıştır. Bunlar Banaz ilçesinin de içinde bulunduğu Büyükoturak-Susuz köyleri hattı boyunca yaklaşık KD-GB yönünde uzanır. Ayrıca Gürlek-Banaz köyleri, Bahadır-Banaz köyleri, ve Şaban-Susuz köyleri hattı boyunca dere yataklarında da mostra vermektedirler.

Banaz ilçesinin kuzeydoğusunda sıcak su kaynağından çıkan travertenler de küçük bir alanda mostra vermekte olup güncel oluşuklardır. Travertenler KD-GB doğrultulu fayların denetiminde gelişen termal kaynaklardan boşalan sulardaki karbonatın çökeliminden oluşmuşlardır (ŞİMŞEK ve diğ., 2010).

2.4.4. Yapısal Jeoloji

İnceleme alanındaki birimlerden en yaşlı olan Paleozoyik yaşlı Baybulan formasyonu içerisindeki şistlerde değişik konumlarda şistozite düzlemleri gözlenmiş ve haritaya işlenmiştir. Jura yaşlı dolomitik kireçtaşlarından oluşan Çiçeklikaya formasyonunda çoğunlukla tabakalanma net olarak izlenir. Karacahisar bölgesinde birim genelde BKB'ya doğru 25⁰lik bir eğime sahiptir. Gürlek Köyü kuzeyinde ise birim güneye doğru 60⁰-65⁰lik eğimlere sahiptir. Orta-Üst Miyosen aşlı Yeniköy formasyonunda ise genelde havzanın güneyine doğru bir eğim bulunmakta olup miktarları ise 10⁰ ile 20⁰ arasında değişen oldukça düşük eğimlere sahiptir. Üst Pliyosen-Alt Kuvaterner yaşlı Asartepe formasyonunda ise tabakalanma yer yer net olarak izlenememesine rağmen genelde yatay veya yataya yakın bir eğim bulunur.

İnceleme alanındaki Paleozoyik yaşlı metamorfik şistlerde küçük alanlarda şistozite konumları sık değiştiğinden dolayı küçük ölçekte kıvrımlanmalar mevcuttur. Bu noktalar özellikle ofiyolitli melanaj ile dokanağı olan yerlerde daha yoğun gözlenir. Ayrıca Yeniköy formasyonunda Kızılhisar Köyü kuzeyinde yaklaşık D-B gidişli bir kıvrım gözlenmiştir. Neojen yaşlı çökeller içerisinde gözlenen kıvrımın yaklaşık simetrik bir kıvrım olduğu söylenebilir.

Banaz ilçesi batısında Kızılcaören ve kuzeyinde birbirine paralel gelişmiş 5 adet sentetik fay bulunur. K45⁰D doğrultusunda gelişen bu fayların güneydoğu blokları düşmüştür. Eğimleri 80⁰-90⁰ arasında değişir. Mostradaki uzunlukları ise 3.5 km ile 6 km. arasında değişir. Bu faylar Muratdağı melanajı ile Neojen yaşlı Yeniköy formasyonu arasında gelişirler. Bu faylardan en güneydoğuda bulunan fay Yeniköy formasyonu ile Asartepe formasyonunun dokanağını oluşturur. Bu fay Kızılcaören güneybatısında sıçrama yaparak devam eder. Harita verilerine göre fayların atımı 50m. ile 120m. arasında değişir. Bu bölgedeki fay zonu boyunca yersel traverten çökelleri mevcuttur ve fayların denetiminde gelişmişlerdir. Bu zonda termal boşalımın izleri mevcuttur (Şimşek ve diğ., 2010). Bu bölgede limonit ve mangan cevherli seviyeler bulunur. Fay zonu boyunca çıkan su kaynağı etrafında yaklaşık 10 m. çaplı dairesel şekilli traverten çökerlimleri mevcuttur. Travertenler kahve krem renkli gözeneklidir. Su çıkışları ve traverten oluşumları KD-GB hattı boyunca bir çizgisellik sunarlar. Bu fayların en güneydoğusundaki fay ise K55⁰D doğrultulu olarak yaklaşık 13 km. boyunca uzanır. Bu fay kuzeyde Banaz ilçesinden başlar ve güneyde Kızılcaören köyüne kadar uzanır. Bu köyün güney girişinde fayın izlerini görmek mümkündür. Bu fay bölgede Asartepe formasyonu ile Alüvyon sınırını oluşturan ve Banaz çöküntü alanını sınırlayan faydır.

Hamam deresi bölgesindeki faylar ise yaklaşık KD-GB doğrultusunda gelişen ve dereyi oluşturan çöküntüyü sınırlayan 2 adet ana fay ve bunlara bağlı olarak gelişen sentetik faylardan oluşan gruptur. Bunlardan en önemlileri kaplıca suyunun çıktığı alanda kesişen ve farklı iki doğrultuda gelişen faylardır. Yaklaşık 20 km. uzunluğunda olan ve kaplıcanın güneybatısında bulunan K45⁰D doğrultulu fayın KB bloğu düşmüştür ve eğimi dike yakındır. Bu

fay güneybatıya doğru K40⁰ - 45⁰ D arasında değişen doğrultularda Güllüçam, Öksüz, Susuz köyleri ve Horzum mahallesine kadar uzanır. Yaklaşık 2 km. uzunluğunda olan ve kaplıcanın kuzeydoğusunda bulunan K5⁰D doğrultulu diğer fayın da KB bloğu düşmüştür. Bu iki fay kaplıcanın bulunduğu kesimde kesişirler ve kesiştikleri bu bölgede sıcak su ile beraber güncel traverten oluşumu vardır. Hamamderesinin karşı yamacında (KB bölgesi) ise 2.5 km. uzunluğunda gelişen ve K20⁰D doğrultulu olan fay bir fay mevcut olup bu fayın da GD bloğu düşmüştür. Fayın güneye doğru devamı ise yaklaşık 5 km. dolayındadır ve K55⁰D doğrultulu olarak uzanır. Hamamderesinin her iki yamacında bu faylar derenin bulunduğu alanda küçük bir graben oluştururlar. Derenin KB sında Banaz-Afyon yolu üzerinde K10⁰B/40⁰GB ve K-G/87⁰D konumlu küçük faylarda mevcuttur. Daha kuzeydoğuya doğru Büyükoturak ve Hallaşlar köyleri arasında yine K45⁰D doğrultusunda gelişen 3 adet fay haritalanmıştır. Uzunlukları 1.5 km. ile 3.5 km. arasında değişen bu faylar Hamamderesinin bulunduğu çöküntü alanın sınırını teşkil ederler.

Diğer bir grup fay sistemi ise Hatipler, Bahadır, Alaba ve Dümenler köylerinin bulunduğu alanı sınırlayan fay grubudur. Hatipler Köyünün hemen güneyinden geçen fay K20⁰D doğrultulu olup 4.5 km. uzunluğunda izlenir. Bu fayın KB bloğu düşmüştür ve Yeniköy formasyonu ile Alüvyon sınırını oluşturur. Aynı doğrultuda uzanan ve bu fayın KB sında bulunan diğer fay ise Banaz çayının geçtiği çöküntü alanını sınırlayan ve 5 km. uzunluğunda olan faydır. Fayın GD bloğu çökmüştür. Her iki normal fay arasında küçük bir graben oluşumu vardır. Bahadır köyü kuzeyinden geçen diğer fay ise yaklaşık 4 km. uzunluğunda izlenir. Aşırı ayrışma ve topraklaşmadan dolayı yer yer izlenemeyen fayın doğrultusu K45⁰D olup GD bloğu düşmüştür. Dike yakın eğime sahip olan fay Yeniköy formasyonu ile Asartepe formasyonunun sınırını oluşturur. Ayrıca bölgenin kuzeyinde özellikle Muratlı köyü kuzeyinde yine aynı doğrultularda gelişen fay takımları mevcuttur. Bu faylar da kısmen dolomitler ile Neojen yaşlı birimlerin sınırını teşkil ederler.

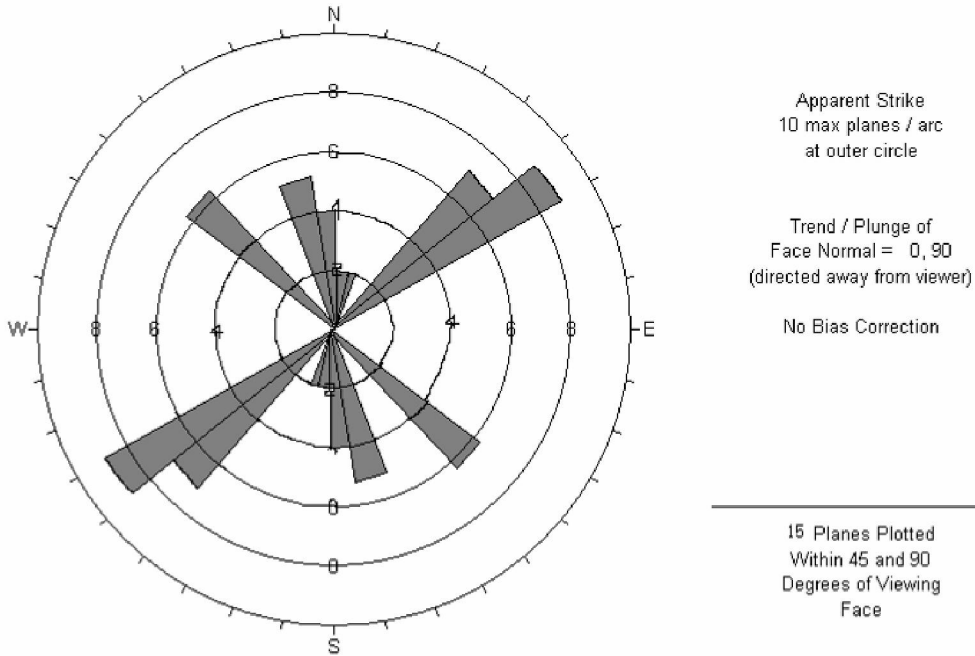
İnceleme alanının daha çok batı kesimlerinde gözlenen KB-GD doğrultulu faylar Çamsu-Yeşilyurt arasındaki Banaz çayı deresi boyunca gözlenirler. Genelde K55⁰B ve K85⁰B doğrultulu olan bu faylardan Muratdağı güneyinde Katranlık tepe dolaylarındaki fay yaklaşık 5- 6 km. uzunluğunda olup çoğunlukla ofiyolitler içerisinde gelişir. Ekinlik Çeşmesi dolaylarında düşen blokta Neojen yaşlı tortullar bulunur. Bayram Tepe ile Sarıtaş tepe arasındaki diğer fay ise yaklaşık 5 km. uzunluğunda olup düşen blokta Sakızocak tepe dolaylarında volkanik kayaları, Bayramtepe dolaylarında ise Neojen yaşlı tortulları bulundurur. Çamsu köyü ile Horozcuk tepe arasındaki fay ise yaklaşık 4.5 km. uzunluğunda olup Çamsu köyü civarında ofiyolitler ile Neojen yaşlı birimlerin sınırını oluşturur. Her üç fayın da güneybatı blokları düşmüş olup dike yakın bir eğime sahiptirler. Banaz çayı boyunca Gürlek ve Küçükoturak köyleri güneyindeki faylar ise genelde K55⁰B ve K85⁰B arasında değişen doğrultulara sahiptirler. Aynı sistemde gelişen ve KD blokları düşen fayların doğrultularının değiştiği kesimlerde (Hacıbahri damları bölgesi) maden suyu çıkışları gözlenir.

İnceleme alanında Bahadır köyü kuzeyindeki Fındık deresi boyunca üzerinde fay çizikleri net olarak izlenebilen iki adet fay gözlenmiştir. Sıracevizler mevkiinde K20⁰B doğrultulu fayın eğimi diktir. Kuzeydoğu bloğu düşen fayın üzerindeki fay çizikleri GD yönüne doğru dalımlıdır. Fay çizikleri üzerinde ölçülen rake açısı ise 30⁰dir. Fay Neojen yaşlı tortullar arasında gelişmiş olup fay düzlemi üzerinde kırmızı renkli, çakıllı breşik zonlar vardır.

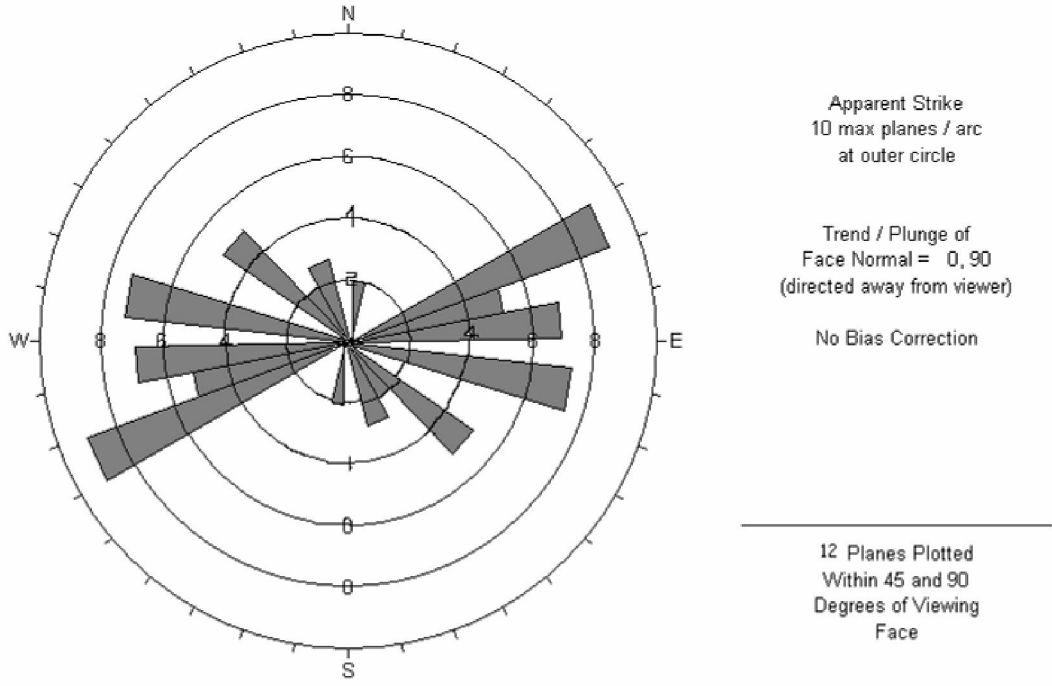
Yine aynı dere boyunca kuzeye doğru bu fayın hemen 2 km. kuzeyindeki diğer fay ise K40⁰B/54⁰KD konumludur. Fındıksuhızar mevkiinde izlenen bu fayın KD bloğu düşmüştür. Fay düzlemi üzerindeki fay çizikleri doğuya doğru dalımlı olup rake açısı 35⁰dir. Neojen yaşlı tortullar içerisinde gelişen bu fay düzlemi üzerinde karbonatlı breşik zonlar gözlenir. Her iki fay zonunun geçtiği hat boyunca su kaynakları mevcuttur.

İnceleme alanındaki ters faylar Muratdağı melanjinin Kretase öncesi tüm birimler üzerine tektonik dokanaklı olarak yerleştiği nap sistemidir. Napların yerleşim yaşı için MTA, (2002) raporu ile ÖZTÜRK ve diğ. (2003), Üst Kretase yaşını vermişler, AYDOĞAN ve diğ. (2008) ise Kretase yaşını vermiştir. ERCAN ve diğ. (1978) melanjin yerleşiminin Senomaniyen'den daha genç olduğunu savunurlar. BİNGÖL, (1977) ise melanja 70 my. yerleşim yaşı vermiştir. Bu çalışmada Kretase yerleşim yaşı kullanılmıştır. Nap dokanağı inceleme alanında Muratdağı güney eteklerinde metamorfik kayalar üzerinde, Karacahisar kuzeyi, Erciova yaylası ve Gürlek köyü kuzeyinde ise dolomitler üzerindedir.

İnceleme alanındaki Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalarda çok yönlü çatlaklar bulunmaktadır. Özellikle şistlerle araseviye halinde bulunan mermerlerdeki hakim çatlaklar $K50^{\circ}D/dik$ konumdadır. Dolomit-dolomitik kireçtaşlarındaki egemen çatlak konumları ise $K60^{\circ}D/dik$, $K40^{\circ}D/55^{\circ}KB$, $K40^{\circ}B/76^{\circ}GB$, $K55^{\circ}D/70^{\circ}KB$ arasında değişir. Birimin Çokran kaynağının çıktığı bölgedeki hakim çatlak konumları ise $K15^{\circ}B/45^{\circ}GB$, $K60^{\circ}B/55^{\circ}KD$, $K-G/55^{\circ}D$, $K20^{\circ}D/50^{\circ}KB$ arasındadır (Şekil 2.62). Ofiyolitler içerisinde serpantin ve kireçtaşlarında ise egemen çatlak konumu $K80^{\circ}D/70^{\circ}GD$ dur. Granitlerdeki egemen çatlaklar ise $K20^{\circ}D/58^{\circ}GD$, $K35^{\circ}B/dik$, $K75^{\circ}B/75^{\circ}GB$ arasında, bölgenin doğusuna doğru ise $K-G/55^{\circ}D$ ve $K55^{\circ}B/70^{\circ}KD$ konumdadır. Dikendere volkaniklerinde hakim çatlak konumları $D-B/80^{\circ}G$, $D-B/70^{\circ}G$, $K75^{\circ}D/45^{\circ}KB$, $K30^{\circ}B/65^{\circ}KD$ konumlu olarak gözükürler. Bölgenin batısına doğru ise $K70^{\circ}B/dik$ konumlu çatlaklar egemen, $K25^{\circ}B/55^{\circ}GB$ konumlu olanlar ise tali orandadır. Neojen yaşlı Yeniköy formasyonunun özellikle konglomera seviyelerinden alınan çatlak ölçümleri sonucunda egeme olanlar $K70^{\circ}D/15^{\circ}GD$, $D-B/60^{\circ}K$, $K70^{\circ}B/75^{\circ}KD$, $K10^{\circ}B/dik$, $D-B/dik$ olarak görülürler (Şekil 2.63). Kızılıhisar köyü kuzeyinde göletin olduğu kesimdeki hakim çatlaklar ise $K-G/dik$ ve $K45^{\circ}B/dik$ konumdadır.



Şekil 2.62. Çiçeklikaya formasyonundan alınan dolomit ve dolomitik kireçtaşlarına ait çatlak düzlemlerinden yapılan doğrultu gül diyagramı



Şekil 2.63. Yeniköy formasyonundan alınan konglomeralara ait çatlak düzlemlerinden yapılan doğrultu gül diyagramı

3. UŞAK İLİ JEOTERMAL ALANLARININ HİDROJEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Uşak il sınırları içinde 7 jeotermal saha mevcuttur. Bunlar Emirfakı, Örencik, Aksaz, Hasköy, Karaağaç, Hamamboğazı ve Kızılcaören sahalarıdır. Bu sahaların Uşak ilindeki dağılımları EK-3.1'de verilmiştir. Bu bölümde önce Uşak ilinin iklim özellikleri verilecek daha sonra her saha için hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal değerlendirmeler yapılacaktır.

3.1. Meteorolojik Verilerin Değerlendirmesi

Bu bölümde Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan, Uşak ili ve civarındaki meteoroloji istasyonlarına ait verilerden yararlanarak, yörenin iklim özellikleri incelenmiş, Uşak ilinin eşyağış haritası ve su bütçesi hazırlanmıştır.

3.1.1. Genel Bilgi ve Değerlendirmeler

İnceleme alanı, coğrafi konumu nedeniyle Ege ve İç Anadolu iklim kuşaklarının geçiş bölgesinde bulunduğu için iklim özellikleri de bu iklim kuşaklarının bir karışımını yansıtmaktadır. Uşak ili ve civarındaki meteoroloji istasyonlarında ölçülen bazı meteorolojik elemanlara ilişkin bilgiler Çizelge 3.1 ve 3.2'de verilmiştir. Uşak iline ait verilerdeki küçük değişimler verilerin değişik periyotlardaki ortalama değerler olması nedeniyledir. 1929-2008 döneminde Uşak ili için yıllık ortalama sıcaklık 12,5°C, yıllık toplam yağış ortalaması 528,9 mm ve yıllık ortalama nem %64,9'dur. Uşak ili civarındaki istasyonlardan yıllık toplam yağış ortalaması en az olan Eşme (329,2 mm), en çok olan da Simav'dır (783,4 mm).

Uşak'ta yıllık toplam yağış ortalaması 528.9 mm'dir. En az yağış Ağustos (9.4 mm), en fazla yağış ise Aralık (74.9 mm) ayında olur. En çok yağış 64.3 mm ile 18 Mart 2000'de ölçülmüştür. Yıllık ortalama hava sıcaklığı 12.5°C'dir. Temmuz ayı en sıcak (23.7°C), Ocak ayı en soğuk (2.4°C) aylardır. En yüksek sıcaklık 40.2°C ile 29 Temmuz 2000 ve en düşük sıcaklık -15.4°C ile 21 Ocak 2000 tarihinde kaydedilmiştir. En hızlı rüzgar 26 Kasım 1977'de 93.6 km/saat ve en yüksek kar 05 Ocak 2002'de 35 cm olarak ölçülmüştür.

Proje kapsamında Uşak ili jeotermal sahaları incelendiği için, öncelikle Uşak ili meteoroloji istasyonu verileri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Uşak iline bağlı ilçelerde (Banaz, Karahallı, Sivaslı, Ulubey ve Eşme) yapılan ölçümler, ölçüm periyodunun kısa olması ve ölçümlerin yeterince hassas olmaması nedeniyle değerlendirilmemiştir. Uşak Devlet Meteoroloji İstasyonu'nda 1929 yılından beri ölçümler yapılmaktadır. Ancak bu ölçümlerin süreklilik sunması önemli olduğu için, yapılan değerlendirmelerde yağış için 1950-2008, hava sıcaklığı için 1955-2006 ve rüzgar değerleri için 1997-2006 dönemine ait ortalama değerler kullanılmıştır.

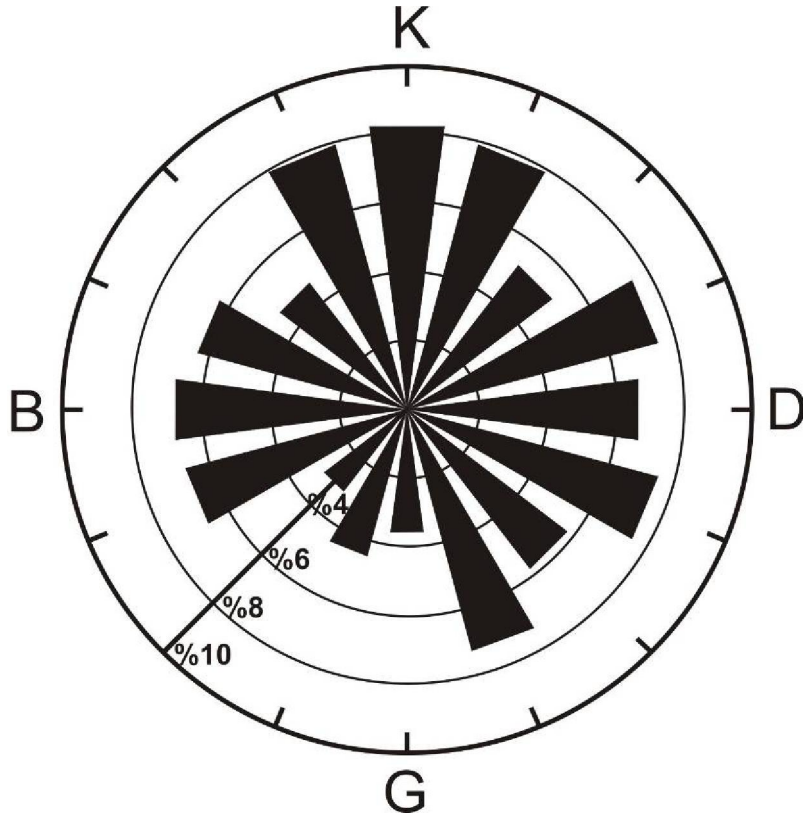
Uşak ilinde rüzgar esme sayılarına göre hazırlanan gül diyagramında, rüzgarın en fazla K, KKB, KKD, en az da G ve GB yönlerinden estiği görülmektedir (Şekil 3.1). Özellikle kış aylarında esen şiddetli rüzgar ve fırtınanın yağmur bulutlarının hareketine etkisi oldukça fazladır. Yağış getiren bulutlar, genellikle il merkezinin KD'sunda bulunan Murat Dağı yönünden esen rüzgarlarla taşınmaktadır. 1950-2008 (yağış) ve 1955-2006 (sıcaklık) dönemleri için aylık sıcaklık ve toplam yağış ortalamaları Şekil 3.2'de, yağış ve sıcaklığın yıllara göre dağılımı Şekil 3.3a'da ve ortalama yıllık yağıştan ve ortalama yıllık sıcaklıktan eklenik sapma grafikleri Şekil 3.3b'de verilmiştir. Yağış ve sıcaklık dağılımı incelendiğinde yağışın son yıllarda 10 yılda ortalama değer olan 533,8 mm'nin altında seyrettiği, sıcaklığın ise ortalama değer civarında olduğu görülmektedir (Şekil 3.3a). Eklenik sapma grafiklerinden, yağışın periyodik salınım yaptığı, 5-10 yıl arasında değişen yağışlı ve kurak dönemlerin birbirini izlediği, 2003 yılından itibaren kurak döneme girildiği ve sıcaklığın 1993 yılından günümüze değin eklenik olarak arttığı söylenebilir (Şekil 3.3b).

Çizelge 3.1. Uşak ili ve civarı için meteorolojik elemanlara ait ortalama değerler.

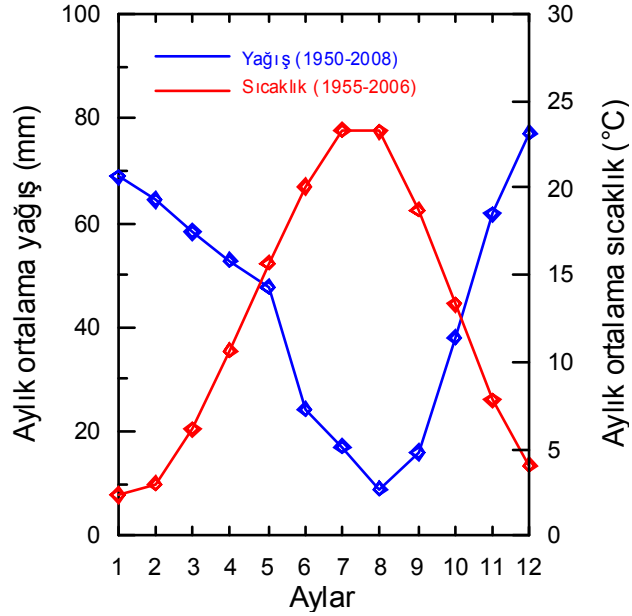
	Periyot	Enlem	Boylam	Kot (m)	Yıllık ortalama sıcaklık (°C)	Yıllık ortalama basınç (hPa)	Hakim rüzgar yönü	Ortalama rüzgar hızı (m/sn)	Yıllık ortalama nem (%)	Yıllık toplam yağış ortalaması (mm)
Uşak	1929-2008	38° 41' K	29° 24' D	919	12,5	909,7	KKB	1,9	64,9	528,9
Eşme	1986-1993	38° 23' K	28° 59' D	810	13,6	-	K	1,3	49,3	329,2
Denizli	1929-2008	37° 45' K	29° 05' D	426	16,2	964,8	BGB	1,1	60,8	552,0
Çardak	1965-1990	37° 49' K	29° 40' D	861	13,4	-	D	2,1	52,4	376,1
Çivril	1969-1991	38° 17' K	29° 44' D	840	13,2	-	B	1,2	52,1	378,0
Güney	1963-2008	38° 09' K	29° 04' D	805	13,6	921,1	KB	3,9	57,2	514,6
Afyonkarahisar	1929-2008	38° 45' K	30° 32' D	1034	11,2	898,3	GGD	2,2	64,9	417,1
Dinar	1959-2008	38° 04' K	30° 10' D	864	12,7	915,7	GD	2,3	59,4	440,8
Şuhut	1967-2004	38° 32' K	30° 33' D	1125	10,7	-	KB	1,5	55,9	395,2
Kütahya	1929-2008	39° 25' K	29° 58' D	969	10,6	905,0	BKB	2,1	63,0	545,4
Dumlupınar	1988-1993	38° 51' K	29° 58' D	1250	-	-	-	-	-	440,2
Simav	1960-2008	39° 05' K	28° 59' D	809	11,7	922,0	BKB	2,0	65,0	783,4
Emet	1976-1994	39° 20' K	29° 15' D	700	-	-	-	-	-	520,6
Salihli	1959-2008	38° 29' K	28° 08' D	111	16,9	1002,1	-	1,5	62,6	482,7
Gediz	1972-2008	39° 03' K	29° 25' D	736	12,5	930,0	KKD	2,1	63,0	564,9
Alaşehir	1963-2006	38° 21' K	28° 31' D	189	16,8	-	-	1,5	55,8	451,2
Demirci	1992-2008	39° 03' K	28° 39' D	851	13,2	917,2	-	-	59,8	605,7
Köprübaşı	1988-2006	38° 45' K	28° 24' D	250	16,3	-	-	-	66,8	419,5
Nazilli	1935-2008	37° 55' K	28° 19' D	60	17,5	1004	-	1,6	61,6	548,0

Çizelge 3.2. Uşak il merkezi için bazı ortalama ve ekstrem değerler.

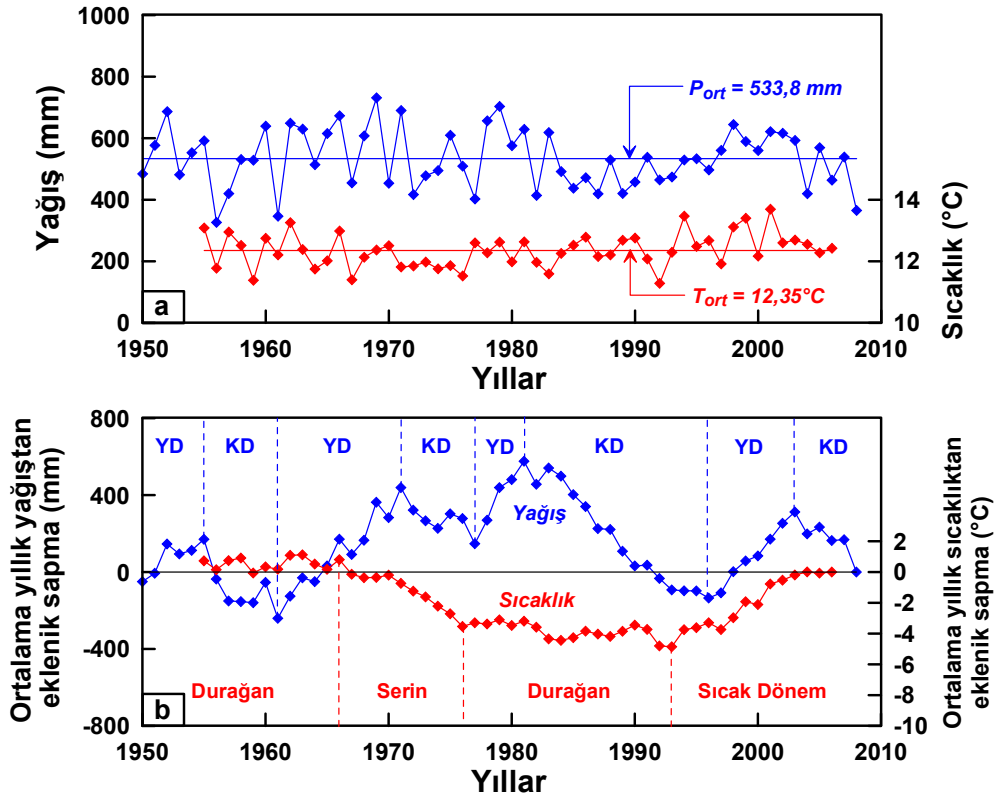
AYLAR (1975-2008)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	YILLIK ORT.
Ortalama sıcaklık (°C)	2.4	2.9	6.4	10.8	15.9	20.5	23.7	23.6	19.0	13.6	7.7	4.0	12,54
Ortalama maks. sıcaklık (°C)	7.1	7.9	12.0	16.4	21.9	26.8	30.5	30.5	26.2	20.4	13.7	8.6	
Ortalama min. sıcaklık (°C)	-1.2	-1.0	1.4	5.4	9.3	12.8	15.8	15.8	11.9	8.1	3.5	0.6	
Güneşlenme süresi.(saat)	4.1	4.8	5.8	6.8	8.8	11.1	11.8	11.5	9.7	7.5	5.2	3.7	
Ortalama yağışlı Gün sayısı	11.4	10.6	10.3	11.2	9.9	4.7	3.1	2.3	3.5	6.7	8.5	11.9	
Ortalama yağış (mm)	65.7	60.5	56.4	59.3	44.3	19.3	17.2	9.4	15.9	41.0	68.9	74.9	532,8
Maksimum sıcaklık (°C)	18.3	20.0	27.0	30.0	32.1	36.6	40.2	38.2	35.7	32.1	26.0	21.1	
Minimum sıcaklık (°C)	-15.4	-15.0	-12.5	-6.2	-1.0	4.4	7.6	8.0	2.6	-2.2	-8.2	-12.0	



Şekil 3.1. Uşak il merkezinde rüzgar yönleri ve yoğunluklarını gösteren gül diyagramı



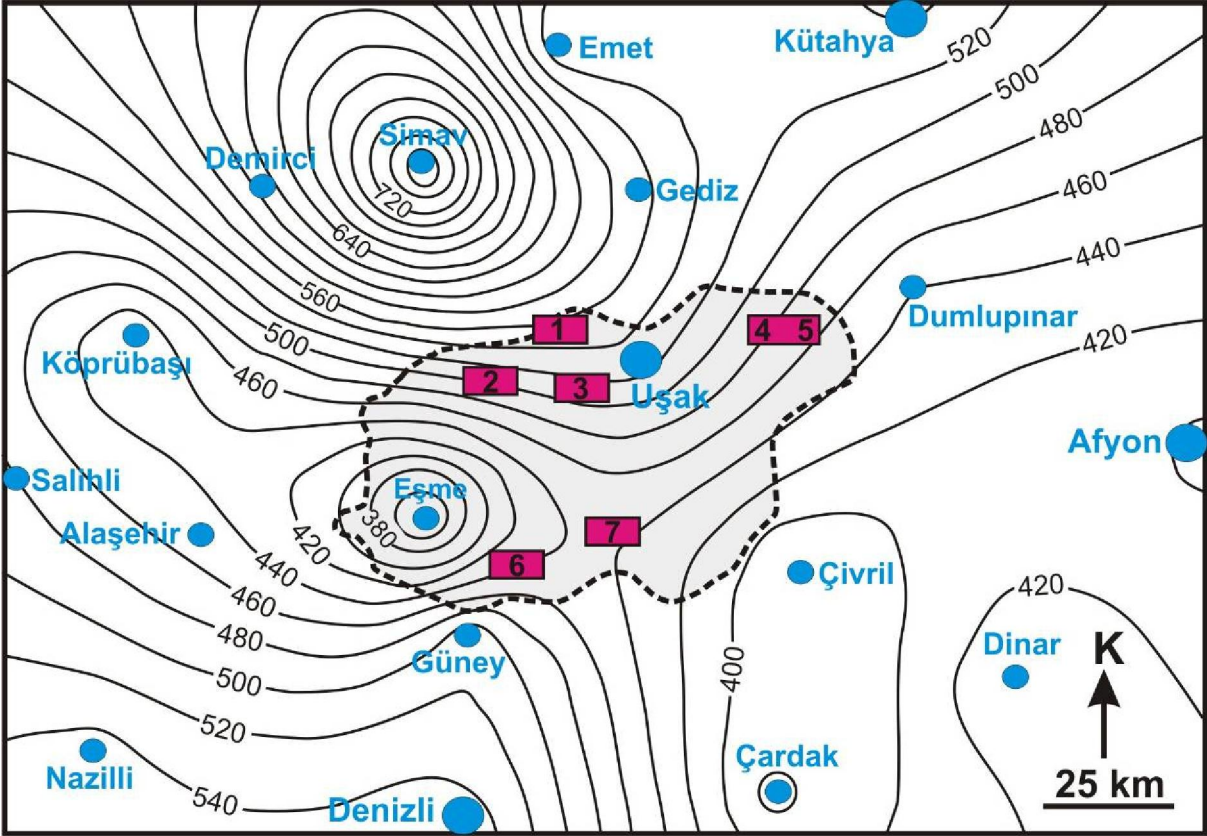
Şekil 3.2. Uşak il merkezinin 1950-2008 yıllarındaki aylık sıcaklık ve yağış ortalamaları.



Şekil 3.3. (a) Denizli il merkezindeki sıcaklık ve yağış dağılımları, (b) yıllık sıcaklık ve yağış ortalamalarından eklenik sapma grafikleri (YD: Yağışlı dönem, KD: Kurak dönem).

Uşak ili ve civarı için, Çizelge 1'deki verilerden yararlanılarak çizilen eşyağış haritası Şekil 3.4'de verilmiştir. Haritadan yağış yoğunluğunun Simav ve Demirci yörelerinde fazla olduğu, Eşme (Uşak) ve civarının ise minimum yağış aldığı görülmektedir. Genel olarak Uşak ilinin kuzey kesimlerinde yağış miktarı fazla (ortalama 500 mm), güney kesimlerinde azdır (ortalama 400 mm). Banaz ve kuzey kesimlerinde yağış fazladır. Banaz kuzeyinde yer alan

ve kiş aylarında yoğun kar yağışı olan Murat Dağı yakınlarında istasyon bulunmadığından, haritadaki yağış dağılımı bu kesim için gerçekçi olmayabilir.



Şekil 3.4. Uşak ili ve civarı eşyağış haritası (Değerler mm'dir, kesikli izgi Uşak il sınırını, kırmızı dikdörtgenler: 1. Emirfakı, 2. rencik, 3. Karaağaç, 4. Kızılcaören, 5. Hamamboğazı, 6. Aksaz ve 7. Hasköy jeotermal alanlarını gösterir).

3.1.2. Su Bütçesi

Uşak il merkezi için 1950-2008 dönemi ortalama değerleri kullanarak su bütçesi yapılmış, buharlaşma-terleme hesaplamalarında Thorntwait (1948) yöntemi kullanılmıştır.

Uşak iline ait su bütçesi izelge 3.3'de verilmiştir. Yapılan hesaplamalarda yıllık potansiyel buharlaşma-terleme (Etp) 716.32 mm, yıllık gerçek buharlaşma-terleme (Etr) ise 356.91mm bulunmuştur. Ortalama yağış ve Etp'nin aylık değişimleri Şekil 3.5'de sunulmuştur.

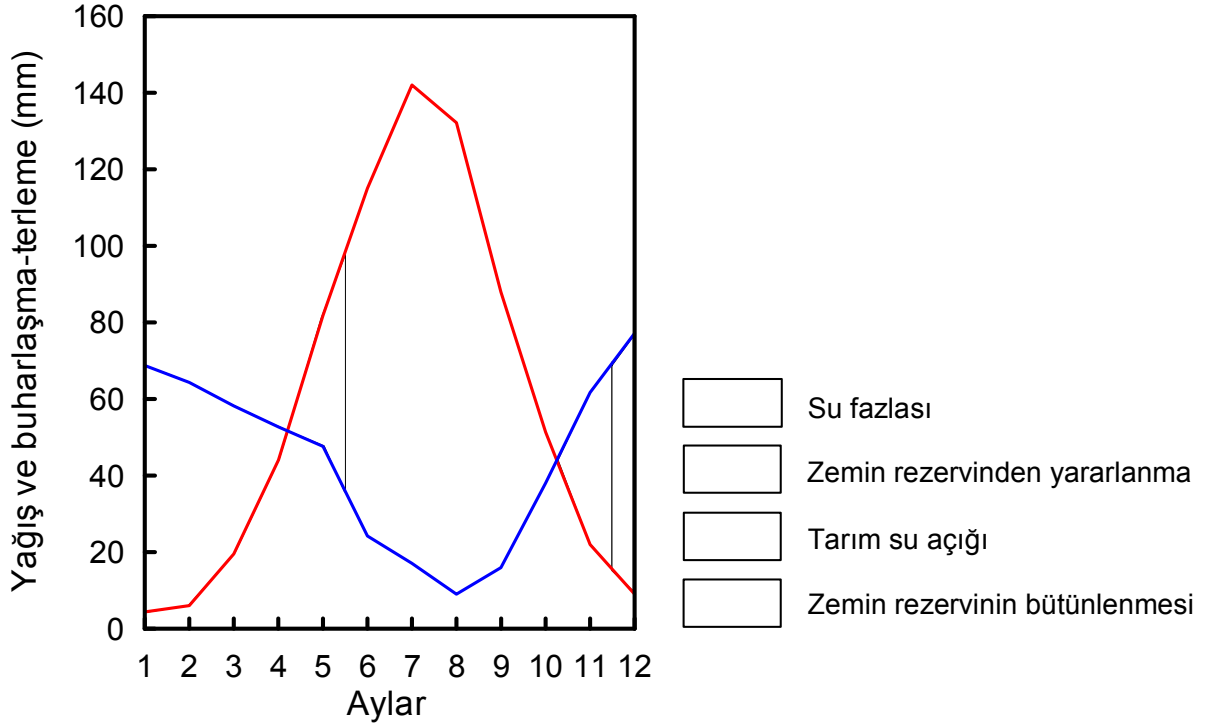
Diyagramdan anlaşılacağı üzere, Nisan ayı sonuna kadar yağış Etp'den fazladır. Bu nedenle Etp, Etr'ye eşit olur. Yağış fazlası 170.48 mm'dir. Yağışın bir kısmı yüzeysel akışa geçer, bir kısmı da yeraltına süzülür. Nisan ayı sonundan Haziran ayı ortalarına kadar zemin rezervi olan ve teorik olarak 100 mm kabul edilen su kullanılır. Haziran ayı ortasından Ekim ayı ortalarına dek su noksanı, başka bir deyişle tarım su açığı vardır.

Etp'nin yağıştan fazla olduğu kurak dönemde Etp 611.34 mm ve yağış 151.93 mm'dir. Buna göre su noksanı:

$$611.34 - (151.93 + 100) = 359.41 \text{ mm}$$

olur. Kasım ayı ortasından sonra yağış Etp'den fazladır. Aralık ayı ortalarında fazla yağış zemin rezervini tamamlar. Bu hesaplamalara göre yıllık ortalama yağışın %66,7'sine karşılık gelen 356.91 mm, buharlaşma-terleme ile atmosfere geri dönmektedir. Ocak, şubat, Mart,

Nisan ve Aralık aylarında görülen yağış fazlası toplam yağışın %33,3'üdür. Bu durumda Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında tarımsal sulamaya ihtiyaç vardır.



Şekil 3.5. Uşak il merkezine ait su bilançosu grafiği.

Uşak ili için yıllık potansiyel buharlaşma-terleme Serra yöntemi ile 596.65 mm ve gerçek buharlaşma-terleme Turc yöntemiyle 439.77 mm olarak hesaplanmıştır. Thornthwait yönteminin kış aylarında düşük, yaz aylarında ise çok yüksek Etp değerleri verdiği bilinmektedir. Etp değerinin hesaplanmasında bölgedeki bitkilerin yoğunluğu ve türü de önem taşıdığından, bu faktörü de bağıntılarında kullanan araştırmacıların yaklaşımı önem taşımaktadır.

Thornthwait (1948)'in iklim formülü kullanılarak, nemlilik indisi ($-5.2:C_1$), sıcaklık şartları ($Etp=71.6 \text{ cm} - B_2'$), yağış rejimi (humidite indisi= $24.9 : s_2$) ve sıcaklık rejimine (c_2') göre Uşak ilinin iklim formülü $C_1 B_2' s_2 c_2'$ şeklinde belirlenmiştir. Bu formül kurak-yarınemli, mezotermal, kışın çok fazla su fazlası olan kontinental bir iklim tipini tanımlar.

Çizelge 3.3. Uşak il merkezi için su bilançosu.

METEOROLOJİK ELEMENLAR	AYLAR (Yağış:1950-2008, 59 yıl; Sıcaklık: 1955-2006, 52 yıl)												YILLIK
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Aylık ortalama sıcaklık (°C)	2.32	2.98	6.13	10.65	15.66	20.06	23.33	23.22	18.71	13.30	7.81	4.05	12.35
Aylık endeks (i)	0.314	0.457	1.363	3.143	5.630	8.192	10.300	10.300	7.377	4.403	1.964	0.725	54.10
Etp (mm)	5.15	7.19	18.94	39.70	66.53	92.76	113.63	112.93	84.55	53.52	26.18	10.84	
Düzeltilme katsayısı	0.85	0.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	0.96	0.84	0.83	
Düzeltilmiş Etp (mm)	4.38	6.04	19.51	44.07	81.84	115.02	143.03	132.14	87.93	51.38	21.99	8.99	716.32
Yağış (P, mm)	68.75	64.33	58.20	52.70	47.65	24.19	17.07	9.04	15.95	38.03	61.69	77.19	534.79
Zemin rezerv değişimi (mm)					-34.19	-65.81							
Zemin rezervi (mm)	100	100	100	100	65.81	0	0	0	0	0	39.70	100	
Etr (mm)	4.38	6.04	19.51	44.07	81.84	90	17.07	9.04	15.95	38.03	21.99	8.99	356.91
Tarım su açığı (mm)						25.02	125.96	123.1	71.98	13.35			359.41
Su fazlası (mm)	64.37	58.79	38.69	8.63	0	0	0	0	0	0	0	7.90	178.38

3.2. Emirfakı Jeotermal Sahası

Bu sahaya Uşak-İzmir karayolundan Gediz ilçesi yönüne dönülerek ulaşılmaktadır. Saha, Uşak il merkezinin kuzeybatısındadır ve il merkezine uzaklığı yaklaşık 25 km'dir (EK-3.1).

3.2.1. Örnekleme Noktaları

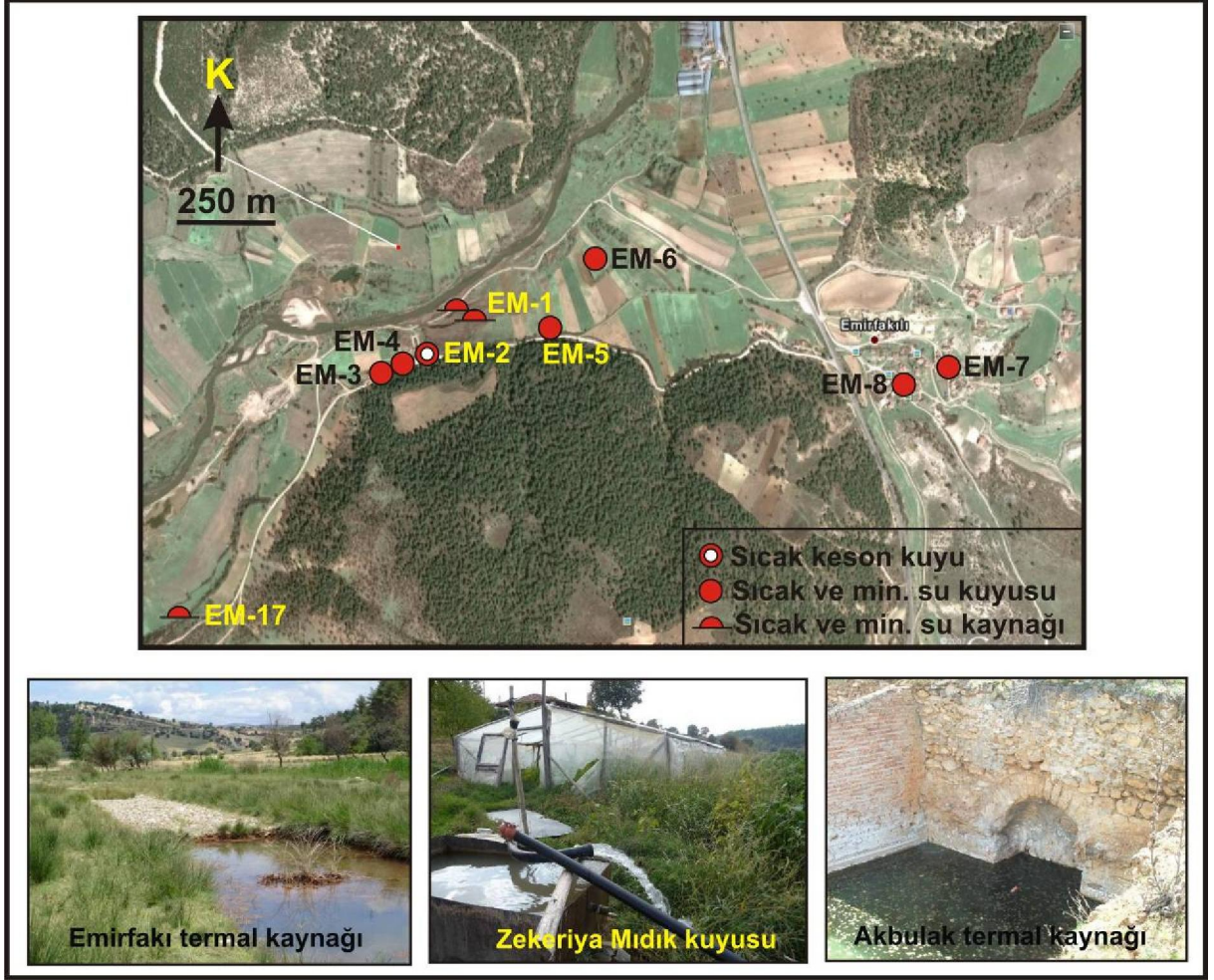
Emirfakı sahasında içme, sulama ve kullanma suyu temini amacıyla değişik derinliklerde ve özellikle çalışma alanını yaklaşık K-G doğrultuda kateden Gediz Çayı'nın alüvyonlarında açılmış tulumba ve sondaj kuyularının sayısı oldukça fazladır. Debisi değişken soğuk kaynak suları Gediz Çayı'nı besleyen derelerin yataklarında yoğunlaşır. Yüksek kotlarda bulunan kaynak sayısı sınırlıdır. Bu sahada görünürde mevcut iki termal kaynak dışında, Gediz Çayı'nın sol sahilinde açılan 5 tulumba, bir keson kuyu ve iki sondaj kuyusundan sıcak ve mineralli su elde edilmiştir. Sağ sahilde ise açılan kuyulardan soğuk yeraltısuyu alınmaktadır. Yöredeki termal kaynaklar (Akbulak ve Emirfakı kaynakları) dışında özellikle bahar aylarında termal kaynak sayısı bir kaynak alanı oluşturacak şekilde artmaktadır.

Emirfakı jeotermal sahasında 1 termal kaynak, 1 keson kuyu, 4 tulumba, 2 termal ve 6 soğuk su kuyusu, 1 soğuk kaynak suyu ve Gediz Çayı örnekleme noktası olarak seçilmiştir. Bu noktaların koordinatları ve belirlenebilen bazı kuyu derinlikleri Çizelge 3.4'de, lokasyonlar EK 3.1 ve Şekil 3.6' da verilmiştir.

Çizelge 3.4. Emirfakı sahasında örneklenen sulara ilişkin bazı bilgiler.

No	Simge	Suyun Adı	Türü	K.D.(m)	Koordinat		
					X	Y	Z(m)
1	EM-1	Emirfakı Termal Kaynağı	Termal kaynak	-	90333	90997	588
2	EM-2	Emirfakı Hamamı	Keson kuyu	6	90233	90905	571
3	EM-3	Zekeriya Mıdık	Sondaj (tulumba)	13	90133	90888	563
4	EM-4	Cemalettin Yıldırım	Sondaj (tulumba)	18	90176	90902	571
5	EM-5	Adem Mıdık	Sondaj (tulumba)	15	90544	90967	566
6	EM-6	Şevket Mıdık	Sondaj (tulumba)	-	90563	91053	568
7	EM-7	Mustafa Yılmaz	Sondaj	50	91415	90892	582
8	EM-8	Mustafa Atak	Sondaj	30	91415	90892	582
9	EM-9	Emirfakı İçme Suyu	Sondaj	24	91875	91500	550
10	EM-10	Akbulak Kaynağı	Soğuk kaynak	-	88118	89731	567
11	EM-11	Yıldızoğlu Eski Kuyu	Sondaj	-	91425	88706	664
12	EM-12	Yıldızoğlu Yeni Kuyu	Sondaj	-	91425	88706	664
13	EM-13	Beylerhan	Sondaj	140	92534	85902	622
14	EM-14	UMPAŞ-1	Sondaj	200	94714	83900	694
15	EM-15	Zahman içme suyu	Sondaj	90	87406	98725	766
16	EM-16	Gediz Çayı	Akarsu	-	90333	90997	568

Bu sahada sıcaklıkları 23,6 ile 40,7°C arasında değişen termal sular, Neojen yaşlı kireçtaşı-marn-kiltaş birimi ile alüvyonu ayıran KD-GB doğrultulu fay ve bu fay ile bu fayı verev kesen diğer fayların kesişim noktaları civarında boşalır. Sahada iki termal kaynak vardır. Bunlardan birincisi Akbulak termal kaynağıdır. Kaynak ve civarındaki eski hamam kalıntıları harabe görünümündedir (Şekil 3.6). Burada, iş makinesi ile kazı yapılmadan termal kaynağın çıkış ve boşalım noktalarının gözlenmesi mümkün değildir. Alttan termal su çıkışı ile oluşan havuzdaki su soğuktur. İçinde çok sayıda su kaplumbağası gözlenen birikintide yoğun su



Şekil 3.6. Emirfakı jeotermal sahasındaki termal suların lokasyonları ve görünüşleri.

bitkileri gelişmiştir. Kaynağın çıkış noktası ve gideri gözlenememektedir. Bu haliyle, bu kaynaktan sağlıklı ölçüm yapmak ve numune almak olası değildir. Emirfakı termal kaynağı Gediz Çayı kenarından çıkar (Şekil 3.6). Emirfakı termal kaynağının yaklaşık 100 m güneyinde açılan 6 m derinliğindeki keson kuyudan alınan termal sudan ilkel bir tesiste (Emirfakı Hamamı) şifa amaçlı yararlanılmaktadır. Keson kuyu tesisin içindedir. Kuyudan pompa ile alınan termal su açık ve kapalı ilkel havuzlara ve bazı odalara verilmektedir. Emirfakı Hamamı yakınındaki diğer termal sular, çevredeki köylülerin arazi sulamak için soğuk yeraltısuyu eldesi amacıyla açtıkları siğ sondajlardan elde edilmiştir. Emirfakı Hamamı'ndan itibaren akış aşağı Gediz Çayı yatağına paralel yönde 100 m mesafede 13 m derinliğindeki Zekeriya Mıdık kuyusundan 35°C sıcaklığında termal su alınmaktadır (Şekil 3.6). Aynı doğrultuda hamama 46.5 m mesafede ve 18 m derinlikteki kuyudan alınan termal su sıcaklığı ise 40.7°C'dir. Hamamdan itibaren Gediz Çayı'nın akış yukarı yönünde ise üç kuyu bulunmaktadır. Bunlardan Adem Mıdık kuyusundan 39.2°C, Şevket Mıdık kuyusundan ise 34.8°C sıcaklığında termal su alınmaktadır. Bu sahada yapılan arazi çalışmaları sırasında bu kuyu ve arazi sahipleri ile karşılaşmadığı için kuyu derinlikleri hakkında bilgi sahibi olunamamıştır.

Bunların dışında Emirfakı Köyü içinde de termal su alınan siğ kuyular vardır. Derinliği 20 metreye kadar olan kuyulardan genellikle düşük sıcaklıkta sular alınmaktadır. Bunlardan Mustafa Atak kuyusundan alınan suyun sıcaklığı 23.6°C'dir. Köyde derinliği 30 metre olan ve sıcaklığı 35°C olduğu söylenen kuyudan ise pompa arızalı olduğu için numune alınamamıştır. Buradaki termal suların sıklıkla pompada arıza meydana getirdiği

söylenmektedir. Köylülerin ifadesine göre bu arızaların nedeninin kuyuların uzun süre çalıştırılmadığı dönemde pompaya sudan karbonat çökmesidir.

Emirfakı sahasında Gediz Çayı'nın sol sahili boyunca (termal suyun boşaldığı alan) ve güneydoğu kesimdeki Neojen birimlerinden gelen suların kalitesi genellikle düşük iken tersine sağ sahil boyunca ve kuzey ile kuzeybatı kesimlerdeki yeraltı suyunun kalitesi iyidir ve içilebilir niteliktedir. Bu sahada örneklenen soğuk sular Gediz Çayı'nı besleyen dere içinde Neojen kireçtaşlarından boşalan ve suyu içmede kullanılan Akbulak kaynağı, Emirfakı Köyü içme suyu kuyusu, kullanım suyu amaçlı açılan Yıldızoğlu Petrol'e ait 2 kuyu, Beylerhan Köyü'nde sulama suyu kuyusu, Uşak Organize Sanayi Bölgesi'nde açılan kuyulardan UMPAŞ-1 kuyusu, Zahman Köyü içme suyu kuyusu ve Gediz Çayı'dır.

3.2.2. Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri

Emirfakı sahasında temeli oluşturan Eşme formasyonuna ait şistler genelde geçirimsiz olmalarına karşın, rijit litolojilerden oluşan ve yoğun kırıklı, yüzeye yakın ayrılmış kesimler yeraltı suyu içerebilir. İnceleme alanında Zahman Köyü KB'sında yüzeylenen şistlerde küçük debili kaynaklar mevcuttur.

Zahman Köyü ve civarında yer alan bazaltlar kırıklı ve çatlaklı bir yapıya sahiptir ve yeraltı suyu içerirler. Uşak İl Özel İdaresi verilerine göre Zahman Köyü içme suyu sondajında 90 metrelik sondaj boyunca andezit ve bazaltlar kesilmiştir. Bu kuyudan 6 l/s debide su alınmaktadır.

Hacıbekir grubuna ait Yeniköy formasyonu yerel geçirimli bir birimdir. Çakıltaşı, kumtaşı düzeyleri yeraltı suyu içerirken marn-kiltaşları ardalanmasından oluşan kesimler geçirimsizdir.

İnay grubunun tabanında yer alan ve kilttaşlarıyla temsil olunan Ahmetler formasyonu geçirimsiz birimi oluşturur.

Gölsel kireçtaşlarından yapıları Ulubey formasyonu yer yer karstik özelliktedir. Akbulak kaynağı (EM-10) Ulubey formasyonundan boşalmakta ve kaynağın suyu içme suyu olarak civar köylere verilmekte, fazlası ise Gediz Çayı'na bağlanan dereye boşalmaktadır. Bu formasyonda açılan diğer bir kuyu olan Beylerhan kuyusunun derinliği 124 metredir ve bu kuyudan 8 l/s su alınmaktadır. İnceleme alanında açılan birçok sondaj bu formasyondan su almaktadır. Ulubey formasyonu Uşak ilinin hemen hemen güney yarısı için en önemli akiferlerden biridir.

Çalışma alanındaki diğer önemli akifer alüvyondur. Emirfakı Köyü yakınında, içme suyu elde etmek amacıyla Uşak İl Özel İdaresi tarafından açılan 30 m derinlikteki sondajda (EM-9) ilk 16 m alüvyon, 16-30 m arasında ise sarı kiltaşları kesilmiştir. Alüvyon akiferden kalitesi kötü olmakla birlikte içilebilir su alınmış ve bu su Emirfakı Köyü ile Akbulak Köyü'nün bazı kesimlerine verilmiştir.

3.2.3. Hidrojeokimya

Emirfakı jeotermal sahasında örneklenen 16 adet su noktasına ait dönemsel majör kimyasal analiz ve tek dönem için yapılan iz element analiz değerleri Çizelge 3.5 ve 3.6'da verilmiştir.

3.2.3.1. Suların fiziksel özellikleri

Sıcaklık (T): Ekim/2008-Ağustos-2010 arasında yapılan dönemsel ölçümlerde Emirfakı sahası termal sularının sıcaklığının 23,6 ile 40,7°C arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 3.5). Tulumbalar içinde en yüksek sıcaklık (40.0-40.7°C) en derin (18 m) olan tulumbada gözlenirken en düşük sıcaklıklar da (34.2-35.6°C) en sığ olan tulumbada ölçülmüştür.

Emirfakı Hamamı'nda sıcaklık aralığı 38.5-39.3°C, termal kaynaktan ise 29.1-36.4°C'dir. Emirfakı termal kaynağında dönemsel olarak gözlenen yüksek sıcaklık farkları bu kaynağa soğuk yüzey ve yeraltıları karışımı nedeniyledir. Tulumba sıcaklıklarından anlaşıldığına göre derinlik arttıkça soğuk su karışım oranı azalmaktadır. Emirfakı içme suyu sondajı ve Akbulak Kaynağı'nın sıcaklıkları 17-18°C civarında iken Yıldızoğlu ve UMPAŞ kuyu sularının sıcaklığı 23.7°C'ye kadar çıkmaktadır.

pH: Emirfakı termal sularının pH değerleri 6.09-6.52 arasında değişmektedir. Sadece Emirfakı Hamam suyunda Ekim 2008'de 5.72 gibi ekstrem bir değer ölçülmüştür. Mustafa Atak kuyu suyunun pH'ı soğuk su karışımı nedeniyle nötre yakın olup 6.7-6.8 değerlerine sahiptir. Soğuk suların pH değeri 7.08-7.86 arasında değişmektedir.

Elektriksel iletkenlik (EC): Yöredeki termal suların EC değeri 2430-2690 µmho/cm arasındadır. Neojen kireçtaşlarında açılan sığ sondajdan su alan Emirfakı içme suyu kuyusu sıcak su karışımından etkilenmekte olup EC değerleri 900 µmho/cm mertebesindedir. Neojen kireçtaşlarından boşalan Akbulak kaynağı 550-600 µmho/cm 'lik EC değerlerine sahiptir. Bu alanda en düşük EC değerleri (~450 µmho/cm) sahip su volkanik kayalarda açılan Zahman kuyu suyunda görülmektedir.

3.2.3.2. Suların Kimyasal Özellikleri:

Emirfakı sahasındaki majör iyonların miktarları aşağıda özetlenmiştir.

Sodyum (Na): Magmatik kayalar, evaporitler, kil mineralleri, feldispatlar ve feldispatoidler suda çözülmüş sodyumun kaynaklarıdır. Jeotermal sularda genellikle egemen katyon sodyumdur. Sulardaki sodyum değeri sıcaklıkla ve/veya suların yeraltında kalış süresi ile artar. Ayrıca karbonat minerallerinin çökelişi ile suda bağlı olarak artan sodyum egemen katyon durumuna geçebilir. Emirfakı termal sularında sodyum değerleri 170-290 mg/l arasında değişmektedir. Soğuk sularda bu değer 7-64 mg/l aralığındadır.

Potasyum (K): Mikalar, kil mineralleri, feldispatlar ve feldispatoidler suda çözülmüş potasyumun kaynaklarıdır. Jeotermal sularda sodyum için yukarıda değinilenler potasyum için de söylenebilir. Emirfakı termal sularında potasyum değerleri 29-41 mg/l arasında değişmektedir. Soğuk sularda bu değer 2-16 mg/l aralığındadır.

Kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg): Kalsiyum, karbonatlı kayalarda (kireçtaşı, mermer, dolomit), piroksen, amfibol ve feldispatlarda bulunur. Magnezyum, dolomit, magnezyum tuzları, biyotit, ojit ve hornblend minerallerinde bulunur. Jeotermal sularda sıcaklık artışı ile karbonatların çözümlülüğü azaldığı için yüksek sıcaklıktaki jeotermal sularda Ca ve Mg iyonları az miktarda bulunur. Suyun pH değeri ve jeotermal suyun yüzeye yükselirken soğuk sularla karışımı sudaki Ca ve Mg miktarlarını doğrudan etkiler. Emirfakı termal sularında Ca değerleri 300mg/l ve Mg değerleri 80 mg/l mertebesinde iken soğuk sularda Ca miktarları 40-100 mg/l, Mg miktarları ise 20-70 mg/l arasında değişmektedir.

Bikarbonat (HCO₃): Doğal sulardaki kökeni, atmosfer, toprak ve vadoz bölgede üretilen gazlar, sülfat indirgenmesi ile ortaya çıkan gazlar, karbonatlı kayaların metamorfizması ve magmadır. Emirfakı termal sularında 750-800mg/l, soğuk sularda ise 250-500 mg/l arasında değişen değerlerde HCO₃ bulunmaktadır.

Klorür (Cl): Tortul kayalar (özellikle şeyl), evaporitler, sodalit, biyotit ve hornblend minerallerinde bulunur. Jeotermal sularda yüksek miktardaki klorür (evaporitik ortamlar hariç) yüksek rezervuar sıcaklığına sahip sahaları gösterebilir. Klorür ayrıca su ve buhar egemen jeotermal sistemlerin ayırımında kullanıldığı gibi, korunumlu olduğu için jeotermal-

soğuk su karışım işleyeri hakkında da bilgi verebilir. Klorür değerleri Emirfakı termal sularında 25-50 mg/l, soğuk sulara ise 5-35 mg/l aralığındadır.

Sülfat (SO₄): Doğal sulardaki sülfat iyonlarının kaynağı tortul ve magmatik kayalardaki sülfürlü minerallerin su ile temas ederek oksitlenmesidir. Emirfakı termal sularında 800-1000mg/l, soğuk sulara ise 12-400 mg/l arasında değişen değerlerde SO₄ bulunmaktadır.

Nitrit (NO₂) ve Nitrat (NO₃): Suda bulunan nitrit, organik kirlenme tarafından etkilenmiş biyolojik süreçlerin varlığını gösterir. İnsan ve hayvanlar için nitrattan daha zehirleyicidir. Nitratin sudaki kaynağı, insan, hayvan ve bitki atıkları, tarımda kullanılan gübreler, atmosferik azotun yağışlarla yıkanması ve magmatik gazlardır.

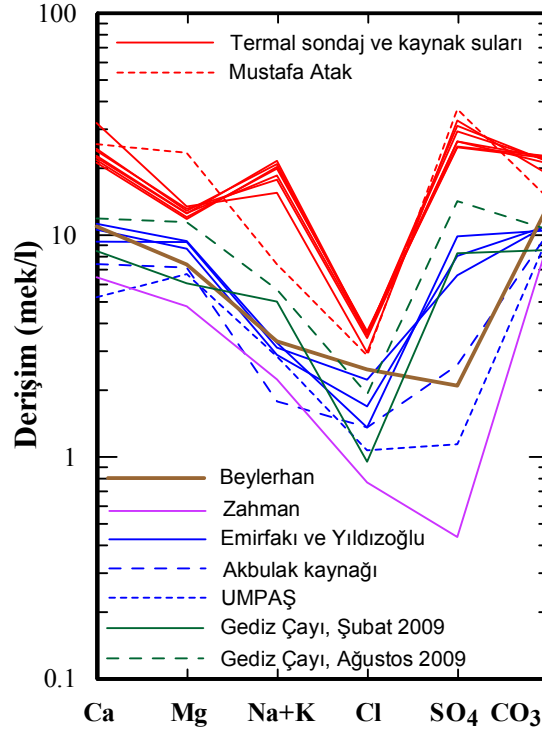
Emirfakı termal suları, termal kaynak dışında sığ sondajlardan alınmaktadır. Özellikle bahar aylarında jeotermal akışkan yüksek debi ile boşalmakta ve yerel olarak Gediz Çayı sol sahilinde bataklık oluşturmaktadır. Alanda bulunan kaplıca ve evlere ait kanalizasyon sistemi olmaması evsel atıkların alüvyon ortama karışmasını sonuçlamaktadır. Aynı durum civar köyler için de geçerlidir. Bu nedenle Emirfakı termal sularının bulunduğu alanlarda dönemsel olarak düşük düzeyde de olsa sulara nitrit ve nitrat kirliliği görülmektedir. Yörede 32.3 mg/l değeri ile en fazla nitrat değeri Emirfakı Köyü içindeki sığ kuyu suyunda görülmektedir. Neojen kireçtaşlarından beslenen soğuk sulara da nitrat değerleri 15-20 mg/l değerinde olup, yöredeki yoğun tarımsal faaliyet nedeniyledir.

Fluorür (F): Sudaki kaynağı genellikle fluorit, apatit, mika ve amfibollerdir. Sudaki yüksek F değerleri ekstrem bir zenginleşme söz konusu değilse yüksek rezervuar sıcaklığını gösterebilir. Emirfakı termal sularında fluorür değerleri 2.3-2.5 mg/l iken, bu değer soğuk sulara 0.3-1.0 mg/l mertebesindedir.

3.2.3.3. Suların kökeni ve değerlendirme

Emirfakı sahasının sıcak ve soğuk sularında kökensel benzerlik ve farklılıkların gösterilmesi amacıyla majör iyon değerleri kullanılarak yarı logaritmik diyagram hazırlanmıştır (Şekil 3.7).

Yarı logaritmik diyagramda Mustafa Atak kuyusu hariç Emirfakı termal sularının tamamı çakışmaktadır. Bu durum termal suların aynı rezervuardan geldiklerini göstermektedir. Egemen iyonlar Ca ve SO₄'tır. Su tipi Ca-Na-SO₄-HCO₃ şeklindedir. Mustafa Atak kuyusunu diğer termal sulardan ayıran Mg miktarının daha yüksek, Na değerinin ise düşük olmasıdır. Bu da sığ kuyuya olası soğuk su karışımını göstermektedir. Akbulak kaynağı Neojen karbonatlı kayalardan gelmektedir ve olağan olarak Ca-Mg-HCO₃ su tipiyle temsil edilir. Alüvyondan su alan Emirfakı içme ve Neojen ardalı birimden su alan Yıldızoğlu kullanma kuyu suları benzer kimyasal yapıya sahip olup Ca-Mg-HCO₃-SO₄ tipindedir. UMPAŞ-1 kuyusu bu kuyu sularına benzer olmakla birlikte onlardan düşük magnezyum ve sülfat değerleri ile ayrılır. UMPAŞ -1 kuyusu Mg-Ca-HCO₃ tipindedir. Alüvyon ve Neojen birimlerinden su alan Beylerhan kuyusu ve volkaniklerden beslenen Zahman kuyu suları Ca-Mg-HCO₃ tipinde olup Akbulak kaynağına benzerlik gösterir. Zahman kuyu suyu yöredeki en düşük sülfat miktarına sahip sudur. Gediz Çayı suyu kış döneminde düşük iyon derişimine sahipken yaz döneminde termal suların kimyasal kompozisyonuna yaklaşır. Su tipi mevsimsel olarak değişim gösterir (Çizelge 3.5).



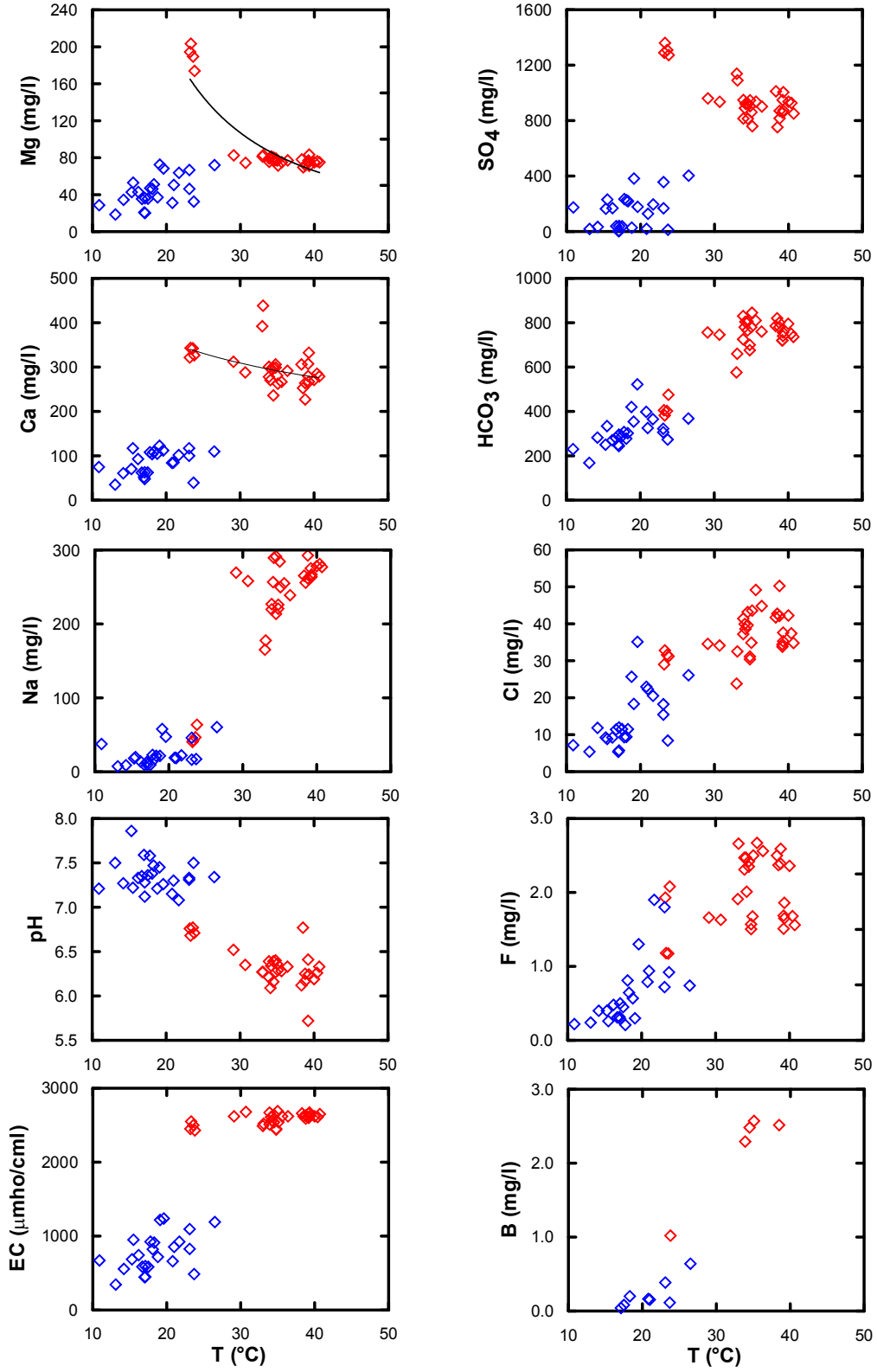
Şekil 3.7. Emirfakı jeotermal sahası sularının yarı logaritmik diyagramı

İnceleme alanındaki sularda iyon ve bazı element miktarlarının sıcaklıkla ilişkisi Şekil 3.8'de incelenmiştir. Buna göre sıcaklıkla tüm suların EC, Na, HCO₃, Cl, F ve B miktarlarının arttığı ve pH değerlerinin ise azaldığı görülmektedir. Ca ve Mg değerleri, soğuk sularda sıcaklıkla artarken sıcak sularda azalmaktadır.

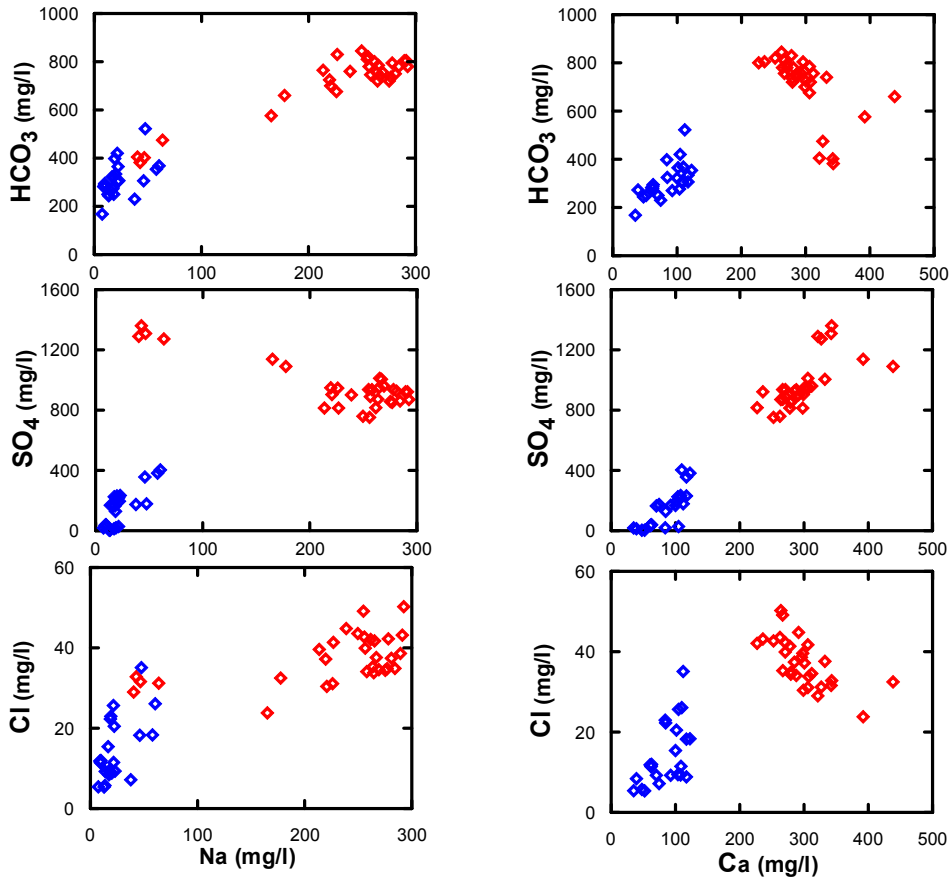
Sodyum ve kalsiyumun diğer anyonlarla değişim grafiğine bakıldığında (Şekil 3.9) sulardaki Na-Cl, Na-HCO₃, Ca-SO₄ ve Ca-HCO₃ arasında pozitif bir korelasyon, Na-SO₄ ve Ca-Cl arasında ise sıcak sularda negatif bir korelasyon olduğu görülmektedir.

Cl ve F'un ayrı ayrı B, Sr ve Li değerleri ile değişimi incelendiğinde bu iki iyonun her üç element ile pozitif bir korelasyona sahip olduğu gözlenmektedir (Şekil 3.10). Sularda B, Sr ve Li miktarları sıcaklıkla arttığı için diyagramlardaki bu uyum olağandır. B-Cl diyagramı, bu iki iyonun korunumlu olması nedeniyle karışım yorumlamalarında da kullanılabilir. Bu diyagramda Mustafa Atak kuyusunun sıcak ve soğuk sular arasında kalmaktadır. Karışımı gösteren bu durum yarı logaritmik diyagrama da yansımıştır.

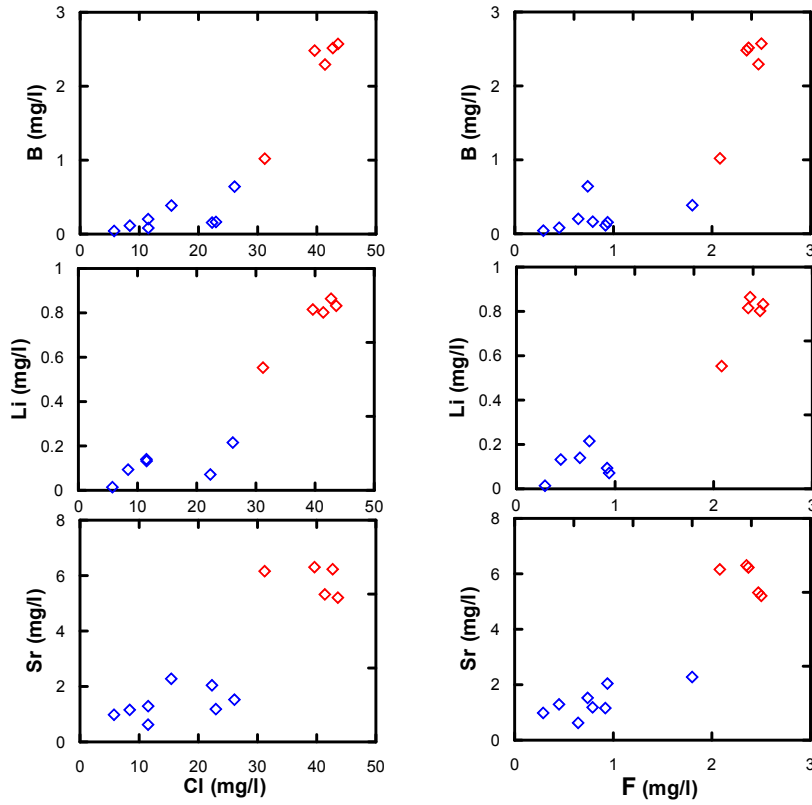
Emirfakı sahası sularının fizikokimyasal özelliklerinde Ekim-2008, Şubat-2009, Mayıs-2009 ve Ağustos-2009 dönemlerinde belirlenen zamansal değişimler Şekil 3.11'de, sayısal değerler Çizelge 3.5'de verilmiştir. Sıcaklık değerleri sıcak sularda çok fazla dönemsel değişme göstermez. Ancak Emirfakı içme suyu, Gediz Çayı ve Akbulak kaynağında su sıcaklıkları kış döneminde azalmaktadır. Bu da akarsular, sığ sondaj kuyuları ve dere yatağında boşalan kaynak suları için olağandır. EC değerlerindeki değişim de sıcaklık değerleri ile benzerdir. Gediz Çayı ve Akbulak kaynağının EC değerleri kış döneminde önemli miktarda azalmıştır. Bu dönemde Akbulak kaynak çıkışı dere suları altında kalmıştır. İyon değerlerine bakıldığında en büyük mevsimsel değişimler yine Gediz Çayı ve Akbulak kaynağında gözlenmektedir. Bu durum Akbulak kaynağının önemli miktarda karışım etkisinde kaldığını göstermektedir. Suyu içmede kullanıldığı için bu kaynağın kimyasal ve bakteriyolojik açıdan izlenmesi gerekmektedir.



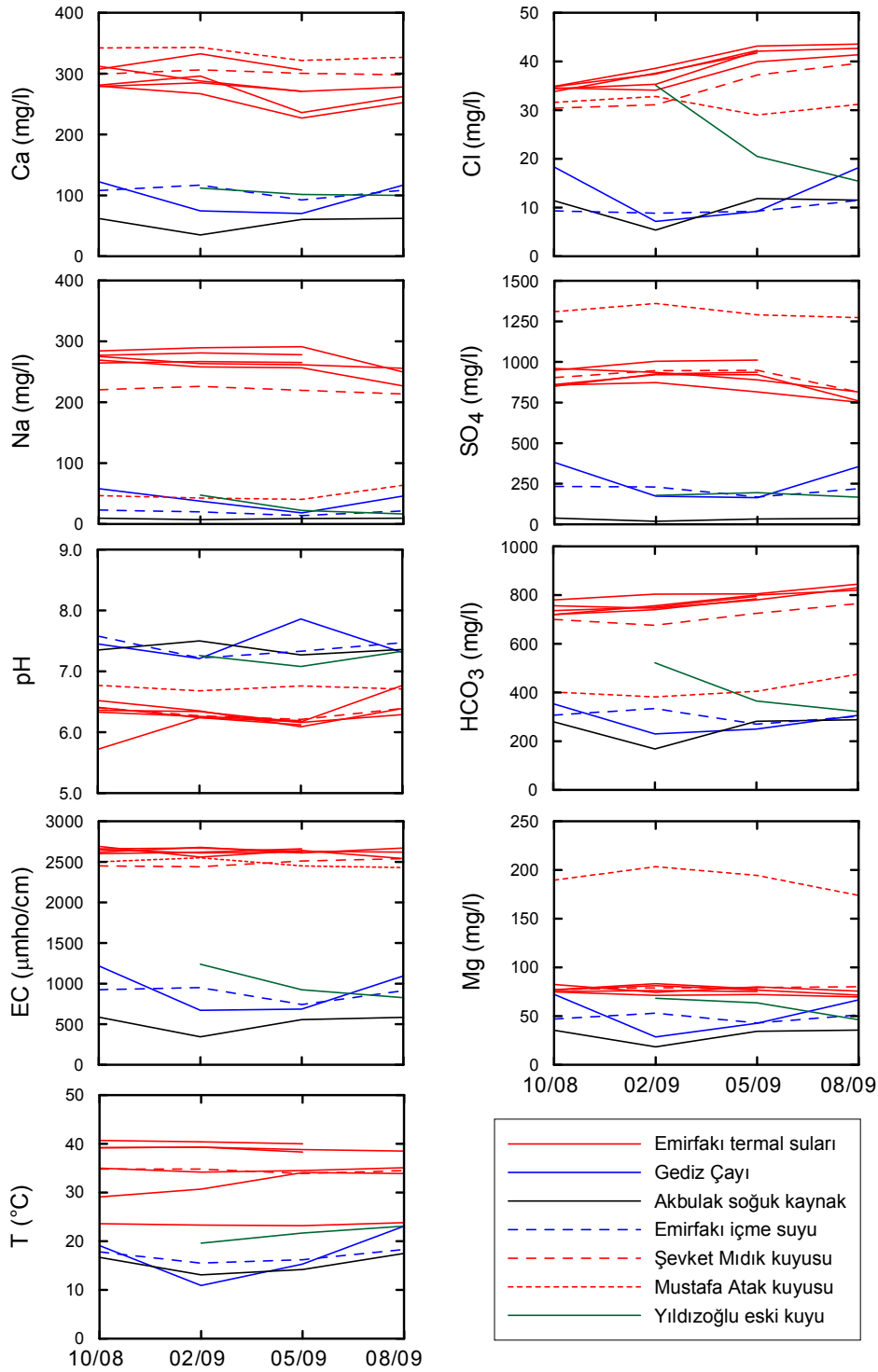
Şekil 3.8. Emirfakı sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinin sıcaklıkla değişimi



Şekil 3.9. Emirfakı sahası sularındaki majör anyon-Na ve -C grafikleri.



Şekil 3.10. Emirfakı sahası sularındaki Sr, Li ve B elementlerinin Cl ve F grafikleri.

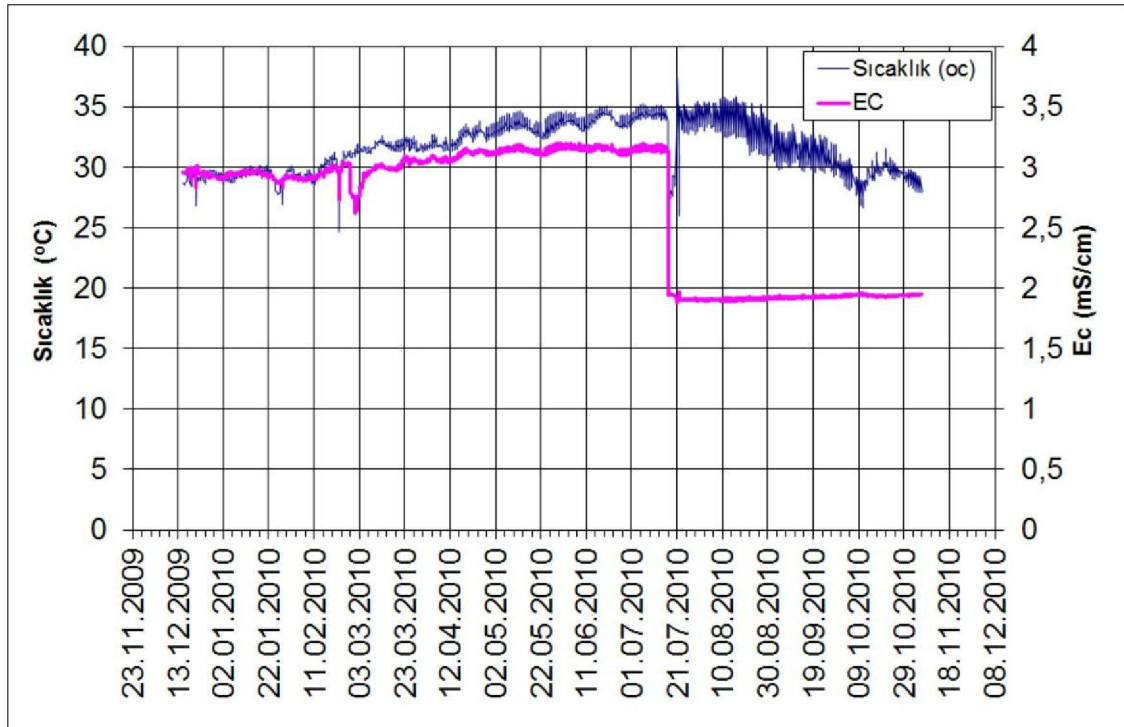


Şekil 3.11. Emirfakı sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde izlenen zamansal değişimler.

Proje kapsamında İzlanda'nın StarOddi firmasından alınan dataloggerlarla bazı termal kaynak ve sondajlarda sıcaklık ve EC değerlerinin izlenmesi planlanmıştır. Loggerların bir tanesinin hiç çalıştırılmaması, diğer ikisinin çalınması ve kaydedilen sayısal değerlerde bazı şüphelere düşüldüğünden bu çalışmadan istenen verim alınamamıştır.

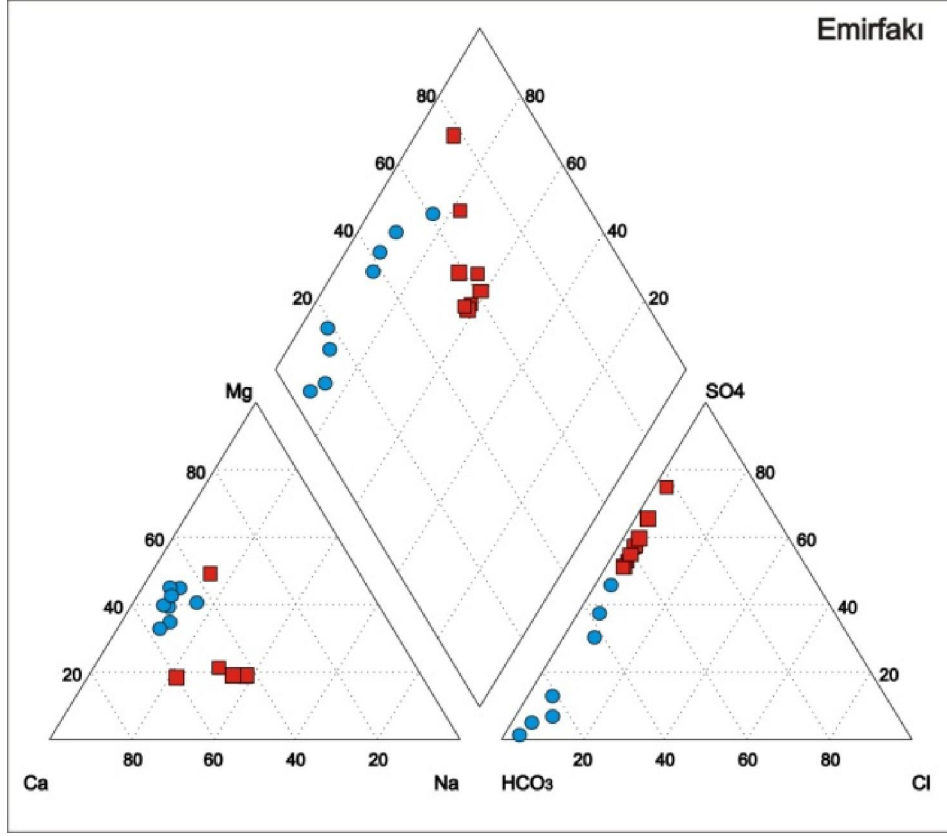
Bu loggerlardan bir tanesi Emirfakı termal kaynağına yerleştirilmiş ve 23.11.2009'dan 08.10.2010 tarihine kadar yaklaşık bir yıl boyunca termal kaynaktaki EC ve sıcaklık değerlerindeki değişim her 6 saatte bir izlenmiştir (Şekil 3.12).

İzlemenin ilk 6 aylık periyodunda sıcaklıkların kış döneminde 30°C'den giderek yükseldiği ve yaz döneminde 35°C'ye ulaştığı görülmüştür. 20-21 Temmuz 2010 tarihlerinde veri kaydı için alınan logger tekrar ölçümlere başladığında sıcaklık değerleri normal seyrine devam ederek kış dönemine doğru tekrar düşüşe geçmiştir. EC değerleri ilk 6 aylık dönemde sıcaklıkla paralel bir değişim göstererek kış döneminde 3 mmho/cm'den yaz döneminde 3.2 mmho/cm'ye yükselmiştir. Ancak veri kaydından sonraki 6 aylık dönemde EC eğrisinin 1.9 mmho/cm düzeyinde salınım yapmadan kaldığı gözlenmiştir. Bu durumda loggerda EC okumalarında bir problem olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 3.12. Emirfakı termal kaynağının EC ve sıcaklık değerlerinin zamansal değişimi.

Emirfakı sularının Piper diyagramına bakıldığında (Şekil 3.13) sıcak suların iyonların hiçbirini %50'yi geçmeyen karışık sular, bir sıcak suyun da karbonat olmayan sertliği %50'den fazla olan su olduğu anlaşılmaktadır. Bu sahada, Neojen kireçtaşları akiferindeki yeraltısularının sülfat miktarları termal kaynak alanına yaklaştıkça artmaktadır. Diğer bir husus, termal sular Gediz Çayı'nın sol sahilinden yüzelemektedir ve bu noktadan itibaren akarsuyun güneyinde kalan kesimde, Uşak Organize Sanayii Bölgesi'ne kadar olan alanda yeraltısularının kalitesi kötü ve sıcaklıkları 20°C civarında ve üzerindedir (Organize Sanayii Bölgesi'ndeki UMPAŞ-1 kuyusunda 23,7°C). Bu soğuk suların arsenik ve bor miktarları bir hayli yüksektir (Çizelge 3.6). Sağ sahilde veya akarsuyun kuzey kesiminde boşalan kaynak ve sondaj sularının kalitesi iyi, sıcaklıkları, bor ve arsenik değerleri düşüktür. Bu veriler ışığında termal suyun akımı sırasında değişik oranlarda soğuk yeraltısuları ile karıştığı söylenebilir.



Şekil 3.13. Emirfakı sahası sularının Piper diyagramındaki dağılımı (kırmızı kareler sıcak, mavi daireler soğuk suları göstermektedir).

Çizelge 3.5. Emirfakı sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde zamansal değişimler (EC: µmho/cm, Eh: mV, iyon değerleri mg/l'dir).

Simge	Dönem	T°C	EC	pH	Eh	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₂	NO ₃	F	Na	K	Ca	Mg	Su Tipi
EM-1	10/08	29,1	2620	6,52	37,1	756	34,6	959,7			2,41	269,3	33,8	311,9	82,5	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃
	02/09	30,7	2680	6,35	43,4	746	34,1	935,9			2,43	258,0	31,6	287,9	74,4	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃
	05/09	34,1	2610	6,09	60,1	780	39,9	889,3			2,47	256,5	33,0	270,7	80,0	Ca-Na-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	08/09	33,9	2670	6,39	50,2	830	41,4	814,4			2,47	226,8	29,1	277,9	75,6	Ca-Na-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	08/10	36,4	2620	6,33	39,0	760	44,8	901,6			2,56	238,8	32,9	291,6	77,0	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃
EM-2	10/08	39,2	2660	5,72	85,9	720	34,4	857,8			2,31	275,2	34,8	279,6	74,8	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃
	02/09	39,3	2670	6,24	49,9	756	35,3	872,7			2,39	263,5	32,3	267,0	71,2	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃
	05/09	38,8	2630	6,17	55,6	800	42,1	815,8			2,39	261,6	32,9	227,1	72,2	Ca-Na-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	08/09	38,5	2620	6,77	27,7	820	42,7	752,0			2,37	255,7	30,9	252,5	69,6	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃
	08/10	38,8	2590	6,25	43,6	780	50,2	870,3			2,59	292,5	41,0	264,0	71,9	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃
EM-3	10/08	35,0	2690	6,36	47,0	780	34,9	860,3			2,43	284,3	35,7	281,1	76,9	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃
	02/09	34,2	2560	6,34	42,5	804	38,6	921,4		0,4	2,01	289,4	35,4	295,9	81,2	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃
	05/09	34,5	2640	6,16	55,6	805	43,2	921,8			2,42	291,2	36,9	236,1	76,7	Ca-Na-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	08/09	35,1	2540	6,29	55,9	845	43,6	759,0			2,50	249,6	31,2	262,6	71,6	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃
	08/10	35,6	2620	6,28	41,8	810	49,1	936,8			2,67	254,9	36,1	266,7	75,0	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃
EM-4	10/08	40,7	2650	6,33	49,0	736	34,8	850,7			2,40	276,9	34,8	278,9	75,1	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃
	02/09	40,4	2610	6,26	47,5	750	37,4	926,4		0,4	2,33	281,0	34,4	285,0	76,2	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃
	05/09	40,0	2620	6,19	54,8	795	42,2	936,5			2,36	278,1	34,1	271,0	75,1	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃
EM-5	10/08	39,2	2600	6,41	39,7	720	33,8	948,4	0,49	0,7	2,43	264,4	33,8	307,2	77,0	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃
	02/09	39,3	2620	6,24	49,1	740	37,6	1004,3	0,44		2,46	266,8	33,2	332,4	83,3	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃
	05/09	38,3	2660	6,12	58,9	785	41,7	1011,2	4,69		2,50	265,2	33,9	305,9	78,0	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃
EM-6	10/08	34,8	2450	6,40	39,9	700	30,4	903,7			2,28	220,6	29,1	299,1	77,4	Ca-Na-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	02/09	34,8	2440	6,27	47,0	676	31,1	946,5		0,4	2,30	226,0	28,9	306,1	79,0	Ca-Na-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	05/09	33,9	2510	6,21	53,1	725	37,2	948,4	4,72		2,31	219,6	28,3	300,5	79,2	Ca-Na-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	08/09	34,5	2540	6,39	50,1	765	39,6	813,6			2,35	213,6	28,0	298,0	80,2	Ca-Na-Mg-SO ₄ -HCO ₃

Çizelge 3.5. Devam

Simge	Dönem	T°C	EC	pH	Eh	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₂	NO ₃	F	Na	K	Ca	Mg	Su Tipi
EM-7	02/09	33,0	2490	6,27	47,5	576	23,8	1138,6		0,5	2,51	165,1	24,4	391,9	81,3	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃
	08/09	33,1	2520	6,27	57,2	660	32,5	1090,0			2,66	177,6	24,3	438,4	82,8	Ca-Na-SO ₄ -HCO ₃
EM-8	10/08	23,6	2500	6,77	19,0	402	31,6	1309,3	0,85	19,6	2,11	46,6	11,0	342,2	189,5	Ca-Mg-SO ₄
	02/09	23,3	2550	6,68	24,0	382	32,8	1360,0	0,47	19,9	2,08	42,7	10,2	343,0	203,4	Ca-Mg-SO ₄
	05/09	23,2	2450	6,76	20,1	405	29,0	1290,0	4,86	32,3	1,93	40,4	9,9	321,6	194,4	Ca-Mg-SO ₄
	08/09	23,8	2430	6,71	30,9	475	31,2	1273,0		29,2	2,08	63,7	13,0	326,8	173,9	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
EM-9	10/08	17,8	925	7,58	-25,1	307	9,3	233,6	0,25	0,5	0,61	22,9	4,4	108,0	47,0	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	02/09	15,5	951	7,22	-6,3	334	8,8	230,0	0,19	1,2	0,66	19,9	4,3	116,9	53,0	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	16,2	743	7,33	-12,8	270	9,2	168,1	1,56	3,9	0,48	13,8	3,6	92,5	42,9	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	18,3	912	7,47	-13,3	302	11,5	219,0		5,1	0,64	21,5	4,2	108,6	51,3	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	08/10	18,1	823	7,38	-22,0	277	9,4	225,3		3,4	0,61	17,4	4,0	103,8	46,3	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
EM-10	10/08	16,7	587	7,35	-11,7	280	11,4	38,5	0,24	14,1	0,45	9,4	2,0	62,1	35,4	Ca-Mg-HCO ₃
	02/09	13,1	345	7,50	-21,9	168	5,4	18,5	0,10	4,2	0,38	7,3	1,4	35,0	18,5	Ca-Mg-HCO ₃
	05/09	14,2	556	7,27	-9,2	282	11,8	32,9	0,99	14,5	0,40	8,9	1,9	60,6	34,4	Ca-Mg-HCO ₃
	08/09	17,5	585	7,36	-6,6	288	11,5	36,9		14,3	0,45	9,5	2,1	62,2	35,6	Ca-Mg-HCO ₃
	08/10	17,1	595	7,28	-16,2	295	11,9	39,0		14,7	0,50	9,7	2,1	62,7	36,2	Ca-Mg-HCO ₃
EM-11	02/09	19,6	1239	7,26	-8,2	522	35,1	177,8	0,22	11,8	1,30	47,5	15,6	112,0	68,3	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	21,7	925	7,08	2,2	365	20,5	195,0	2,43		1,90	22,2	7,4	101,6	63,6	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	23,1	827	7,33	-5,0	322	15,4	167,0			1,80	16,5	6,6	100,1	46,2	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
EM-12	08/10	21,0	854	7,30	-17,5	325	22,3	127,6		5,2	0,94	18,6	6,6	84,9	50,5	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
EM-13	08/09	18,8	718	7,21	1,9	420	25,6	27,8		21,9	0,57	21,5	5,2	104,7	37,2	Ca-Mg-HCO ₃
	08/10	20,8	660	7,15	-9,0	398	22,9	18,8		15,9	0,79	19,1	4,2	84,1	31,1	Ca-Mg-HCO ₃
EM-14	08/10	23,7	486	7,50	-29,0	273	8,4	12,3			0,92	17,3	4,5	39,3	32,5	Mg-Ca-HCO ₃

Çizelge 3.5. Devam

Simge	Dönem	T°C	EC	pH	Eh	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₂	NO ₃	F	Na	K	Ca	Mg	Su Tipi
EM-15	08/09	17,0	445	7,59	-20,3	250	5,4	3,4		13,6	0,32	12,7	3,1	51,9	20,8	Ca-Mg-HCO ₃
	08/10	17,1	449	7,12	-7,2	244	5,7	3,7		13,9	0,29	13,5	3,6	47,7	20,1	Ca-Mg-HCO ₃
EM-16	10/08	19,1	1219	7,45	-18,0	354	18,3	382,0	0,29	3,02	0,80	57,9	9,1	122,5	72,4	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	02/09	10,9	671	7,21	-5,7	230	7,2	173,5		0,9	0,35	37,6	8,5	74,6	28,6	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	15,3	686	7,86	-42,0	250	9,2	163,8	1,57		0,40	18,2	3,5	70,3	42,7	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	23,1	1095	7,31	-4,0	306	18,2	356,2		4,7	0,72	46,0	7,4	117,1	66,7	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	08/10	26,5	1190	7,34	-20,1	368	26,1	402,7		5,0	0,74	60,4	10,5	109,8	71,9	Mg-Ca-SO ₄ -HCO ₃

Çizelge 3.6. Emirfakı sahası sularında bazı iz element (ppb) ve SiO₂ (ppm) değerleri

Simge	Suyun Adı	Dönem	As	B	Ba	Br	Cs	Cu	Fe	Ge	Li	Mn	Mo	Ni	Rb	Sb	Sr	U	Zn
EM-1	Emirfakı Termal Kaynak	08/10	42	2290	31	152	80	3,7	<10	5,7	401	106	1,5	24	152	3,1	5321	5,0	9
EM-2	Emirfakı Hamamı	08/10	122	2520	31	192	102	3,0	427	9,4	510	51	2,0	39	194	3,9	6230	1,5	15
EM-3	Zekeriya Mıdık	08/10	89	2570	22	155	85	3,3	<10	7,1	404	148	2,7	39	166	2,1	5210	1,8	6
EM-4	Cemalettin Yıldırım	05/09		2457	24				1344		398	51		22			4800		40
EM-5	Adem Mıdık	05/09		2524	24				1572		423	76		26			5570		31
EM-6	Şevket Mıdık	08/09	114	2480	34	153	92	25,0	<100	7,6	470	115	3,0	28	171	7,9	6310	1,9	17
EM-8	Mustafa Atak	08/09	74	1020	15	151	78	23,0	<100	-	335	35	19,0	61	72	3,2	6160	30,3	10
EM-9	Emirfakı içme suyu	08/10	80	200	62	36	9	1,3	143	0,5	33	7	0,7	2	10	1,3	630	2,9	94
EM-10	Akbulak kaynağı	08/10	462	80	183	70	21	0,3	14	0,2	30	0	1,8	1	10	0,3	1290	3,3	1
EM-11	Yıldızoğlu eski kuyu	08/09	775	390	53	85	47	14,4	<10	1,7	93	6	18,2	5	42	0,2	2280	1,7	4
EM-12	Yıldızoğlu yeni kuyu	08/10	1059	160	93	123	51	0,8	<10	0,4	71	14	8,3	2	41	0,5	2040	4,2	1
EM-13	Beylerhan	08/10	144	160	291	85	46	0,6	<10	3,6	57	1	0,6	1	28	0,3	1180	1,8	3
EM-14	UMPAŞ-1	08/10	147	110	306	52	29	0,2	12	0,9	46	5	2,1	2	22	0,4	1160	1,9	11
EM-15	Zahman içme suyu	08/10	8	40	230	23	140	0,4	<10	0,4	14	0	0,3	-	13	-	980	2,1	3
EM-16	Gediz Çayı	08/10	27	640	80	57	9	1,7	<10	0,5	126	15	2,3	8	29	2,1	1520	4,9	2

3.3. Örencik Jeotermal Sahası

Örencik jeotermal sahasına Uşak-İzmir karayolundan Eşme ilçesi yönüne dönülerek ulaşılır. Uşak ilinin batısında yer alan sahanın il merkezine uzaklığı yaklaşık 45 km'dir (EK-3.1).

3.3.1. Örnekleme Noktaları

Örencik jeotermal sahasında 1 jeotermal sondaj kuyusu, 1 maden suyu kuyusu, 1 maden suyu kaynağı, 1 soğuk su kaynağı, 1 adi kuyu ve 4 soğuk su kuyusu örnekleme noktası olarak seçilmiştir. Bu noktaların koordinatları ve belirlenebilen bazı kuyu derinlikleri Çizelge 3.7'de, lokasyonlar EK 3.1 ve Şekil 3.14'de verilmiştir.

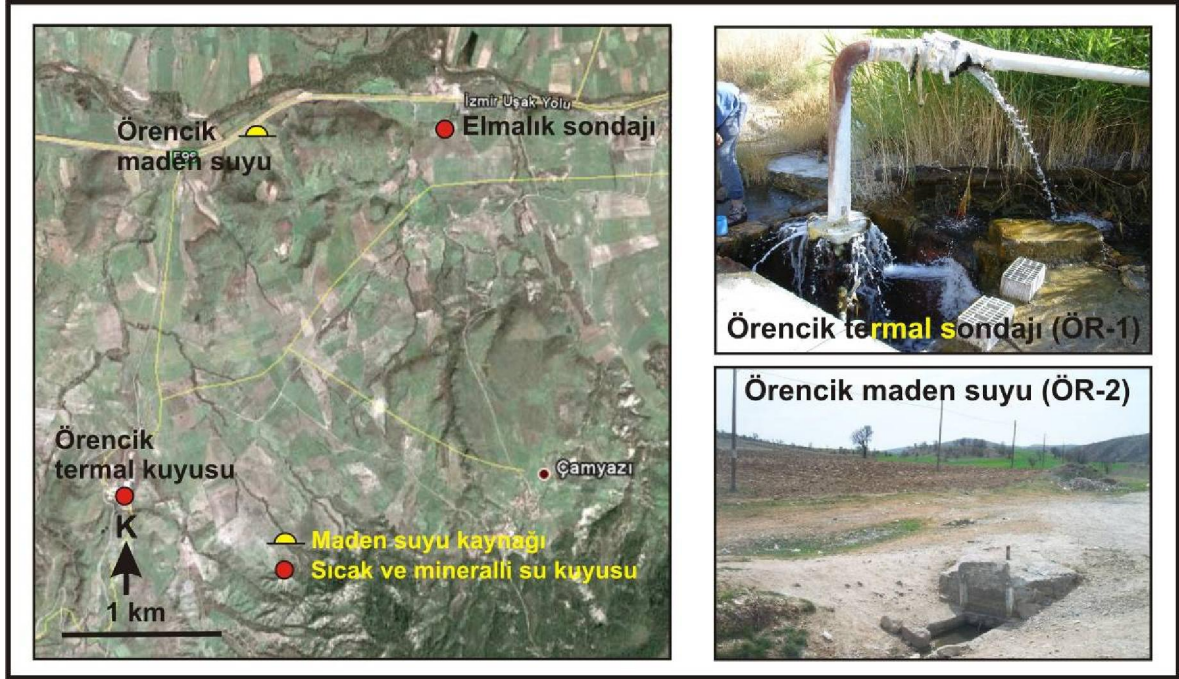
Uşak-İzmir karayolundan güneye, Eşme ilçesi yönüne dönüldüğünde Örencik Köyü'ne 2 km mesafede kaplıcada kullanmak amacıyla üç adet termal sondaj kuyusu açılmıştır. Bu noktada daha önce mevcut olan 30-34°C sıcaklığa sahip termal kaynaklar (MTA, 2005) sondajlar açıldıktan sonra kurumuştur. Açılan ilk iki sondaj kuyusunun derinlikleri 24 ve 33 metredir. Bu sondajlardan alınan termal suyun sıcaklığı zamanla azaldığı için 2006 yılında MTA tarafından üçüncü bir kuyu açılmıştır. Derinliği 117 m olan bu kuyudan 38.8°C sıcaklığında ve 27 l/s artezyen debide (kompresörle 70 l/s) jeotermal akışkan alınmıştır. Sondaj civarında Uşak İl Özel İdaresi'ne ait tesisler mevcuttur. İşletme maliyetinin yüksek olmasından dolayı uzun süre atıl durumda olan bu tesisler, 2008 yılı içinde bir girişimciye kiralanmıştır. Bakım ve onarım çalışmaları biten tesis 2011 yılı başlarında hizmete girecektir.

Sahada bir maden suyu kaynağı mevcuttur. Örencik maden suyu olarak adlandırılan kaynak 19.6°C sıcaklığa ve 0.042 l/s debiye sahiptir. Eşme yol ayrımının 2 km doğusundaki M Oil akaryakıt istasyonunun 150 m kadar güneyinde bahçe sulaması için açılan 160 m derinlikteki sondajdan 22.1°C sıcaklığında maden suyu alınmıştır. Artezyen yapan kuyuda yoğun gaz çıkışı gözlenmektedir. Eşme kavşağının 2 km batısında, Uşak-İzmir karayolu kenarında bir soğuk su kaynağı bulunur. Reyyan kaynağı olarak adlandırılan bu kaynağın sıcaklığı 19.9°C ve debisi 0.43 l/s'dir. Reyyan kaynak suyunun içiminde maden suyu hissi alınamamıştır.

Örencik Köyü civarında hayvan sulaması amacıyla açılan adi kuyulardan biri örnekleme noktası olarak seçilmiştir. Bu kuyunun derinliği 14 m, statik seviye 4.90 metredir. Bunların dışında Örencik, Tepe Mahallesi, Fakılı köyleri içme suları ile Gediz Çayı sol sahilindeki Çamyazı sondajı suyu örneklenmiştir.

Çizelge 3.7. Örencik sahasında örneklenen sulara ilişkin bazı bilgiler.

No	Simge	Suyun Adı	Türü	K.D.(m)	Koordinat		
					X	Y	Z(m)
1	ÖR-1	Örencik Termal sondajı	Termal Sondaj	117	78618	78908	556
2	ÖR-2	Örencik Maden Suyu	Kaynak	-	79387	81292	517
3	ÖR-3	Reyyan Çeşmesi	Kaynak	-	77675	81184	511
4	ÖR-4	Elmalık Maden Suyu	Sondaj	160	80608	81340	520
5	ÖR-5	Çamyazı	Sondaj	22	80473	81543	514
6	ÖR-6	Örencik Kuyu	Adi kuyu	14	78516	77940	587
7	ÖR-7	Örencik İçme Suyu	Sondaj	130	78334	77321	595
8	ÖR-8	Tepe Mahallesi	Sondaj	210	77829	77487	649
9	ÖR-9	Fakılı Köyü İçme Suyu	Sondaj	108	79416	75019	706



Şekil 3.14. Örencik jeotermal sahasındaki termal suların lokasyonları ve görünüşleri.

3.3.2. Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri

İnceleme alanının temelini Paleozoyik yaşlı Eşme formasyonunun gözlü gnays, paragnays, garanatlı şist ve mikaşistleri oluşturmaktadır. Temel birimlerinden gnays fay ve kırıkların yoğun olmadığı kesimlerde geçirimsiz özelliktedir. İl Özel İdaresi tarafından Örencik ve Fakılı köylerinde açılan ve gnays kesen sondajlar kurudur. Bu birimde açılan sondajlar su taşıyan fayları kestiğinde su alınabilmektedir. Fakılı köyü sondajı (ÖR-9) gnays ve metamorfik seride 108 m derinlikte açılmış ve 4.5 l/s su alınmıştır. Örencik Köyü Tepe Mahallesi'nde açılan 210 m derinlikteki kuyuda şistler kesilmiş ve iyi kalitede su alınmıştır. Bu kesimde kuvarsit ve kuvarşistlerin yaygın olması su kalitesi üzerinde etkilidir. Bu kuyuda yaz döneminde su yetersiz kalmaktadır. Örencik sahasında metamorfik seride açılan kuyularda verim düşüktür. Reyyan kaynağı, Örencik maden suyu ve artezyen Elmalık kuyusu metamorfiklerden su almaktadır.

Emirfakı sahasında Ahmetler ve Ulubey formasyonları ile volkanik kayaların hidrojeolojik özellikleri için söylenenler bu saha için de geçerlidir.

Alüvyonda açılan 22 m derinlikteki Çamyazı sondajında (ÖR-5) statik seviye 2.5 m, dinamik seviye 11.5 metredir. Kuyu verimi 20 l/s'dir. Bu değerler alüvyonun geçirimsizliğinin yüksek olduğunu ve alüvyonun sahadaki en önemli akifer olduğunu göstermektedir.

3.3.3. Hidrojeokimya

3.3.3.1. Suların fiziksel özellikleri

Örencik jeotermal sahasında örneklenen 9 adet su noktasına ait dönemsel majör kimyasal analiz ve tek dönem için yapılan iz element analiz değerleri Çizelge 3.8 ve 3.9'da verilmiştir.

Sıcaklık (T): Ekim/2008-Ağustos-2010 arasında yapılan dönemsel ölçümlerde Örencik jeotermal kuyu suyunun sıcaklığının 37.1 ile 38.5°C arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 3.8). Bu dönemlerde ölçülen su sıcaklıkları ortalama olarak Örencik maden suyu, Reyyan

kaynağı, Örencik ve Tepe Mahallesi içme sularında 20.0°C, Elmalık sondajında 22°C, Çamyazı sondajı ve adi kuyuda 16.0°C ve Fakılı kuyusunda 18.5°C'dir.

pH: Örencik termal kuyusunda pH değerleri 6.42-6.73 arasında değişmektedir. Maden suyu ve Elmalık kuyularında bu değer biraz daha asidik olup 6.30-6.50 arasındadır. Diğer suların pH değerleri 6.45 ile 7.43 arasındadır.

Elektriksel iletkenlik (EC): Ortalama EC değerleri Örencik termal kuyusunda 4100 µmho/cm, maden suyunda 4300 µmho/cm ve Elmalık kuyusunda 4600 µmho/cm olarak elde edilmiştir. Reyyan kaynağında 2420-3150 µmho/cm arasında değişen EC değerleri ölçülmüştür. Adi kuyu suyu da Reyyan kaynağına benzer EC değerlerine sahiptir. Örencik içme suyunda 1700 µmho/cm, Çamyazı kuyu suyunda 1300 µmho/cm ve Fakılı kuyusunda 700 µmho/cm civarında EC değerleri ölçülmüştür. Bu sahada en düşük EC değerine sahip su 450-500 µmho/cm ile Tepe Mahallesi kuyusudur.

3.3.3.2. Suların kimyasal özellikleri

Örencik sahasındaki majör iyonların miktarları aşağıda özetlenmiştir.

Sodyum (Na): Sodyum değerleri Örencik termal kuyusunda 800-850 mg/l, maden suyunda 900-950 mg/l ve Elmalık kuyusunda 920-1060 mg/l aralığındadır. Ortalama sodyum değerleri Reyyan kaynağında 650 mg/l, Örencik içme suyu kuyusunda 170 mg/l, adi kuyu suyunda 90 mg/l ve diğer soğuk sularda 34-55 mg/l civarındadır.

Potasyum (K): İnceleme alanında termal ve maden suları ile Reyyan kaynağı yüksek K değerlerine sahiptir. K değerleri Örencik termal kuyusunda 80-90 mg/l, maden sularında 62-90 mg/l ve Reyyan kaynağında 53-59 mg/l aralığındadır. Diğer sularda belirlenen K değerleri 7.0-32.0 mg/l arasındadır.

Kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg): Örencik termal ve maden sularında Ca miktarları 106-146 mg/l ve Mg değerleri 43-60 mg/l mertebesinde. Soğuk sularda en yüksek değerler Ca için 305-540 mg/l ve Mg için 120-178 mg/l ile adi kuyu suyunda ölçülmüştür. Çamyazı kuyu ve Örencik içme sularında bu değerler daha düşük olup Ca için 120-150 mg/l ve Mg için 70-80 arasındadır. Diğer sularda (Tepe Mah. ve Fakılı) Ca (35-65 mg/l) ve Mg (19-37 mg/l) miktarları düşüktür.

Bikarbonat (HCO₃): Örencik termal ve maden sularında HCO₃ oldukça yüksek olup 2300-2600 mg/l civarında değerlere sahiptir. Reyyan kaynağında ortalama HCO₃ değeri 1450 mg/l'dir. Soğuk sulardaki HCO₃ değeri 228-615 mg/l arasında değişmektedir.

Klorür (Cl): Örencik termal ve maden suları, Reyyan kaynağı ve Çamyazı kuyusunda Cl değerleri benzer olup 55-97 mg/l arasında değişmektedir. Bu sahada en yüksek Cl miktarı 75-172 mg/l değerleri ile adi kuyuda elde edilmiştir. Diğer sularda (Örencik içme, Tepe Mah. ve Fakılı) Cl miktarları 16-47 mg/l arasındadır.

Sülfat (SO₄): Örencik termal suları için ortalama sülfat değerleri, termal kuyu için 330 mg/l, Örencik maden suyu ve Örencik içme suyu için 470 mg/l, Elmalık sondajı için 420 mg/l, Reyyan kaynağı için 360 mg/l civarındadır. Adi kuyu en yüksek (1100-1200 mg/l) ve Tepe Mah ile Fakılı suları da en düşük (sırasıyla 16 mg/l ve 70 mg/l) sülfat değerlerine sahiptir.

Nitrit (NO₂) ve Nitrat (NO₃): Örencik sahası sularında dikkate değer nitrit yoktur. Nitrat hemen her suda değişik miktarda bulunmakla birlikte en yüksek değer (32 mg/l) kirlenmeye açık olan adi kuyuda belirlenmiştir.

Fluorür (F): Örencik termal ve maden suyunda fluorür değerleri 2.22-2.57 mg/l iken, bu değer Elmalık kuyusu ve Reyyan kaynağında 1.39-1.80 mg/l aralığındadır. Adi kuyuda 3 mg/l ve Örencik içme suyunda 1 mg/l civarında F belirlenmiştir. Diğer soğuk sulara F değeri 0.50-0.60 mg/l arasındadır.

3.3.3.3. Suların kökeni ve değerlendirme

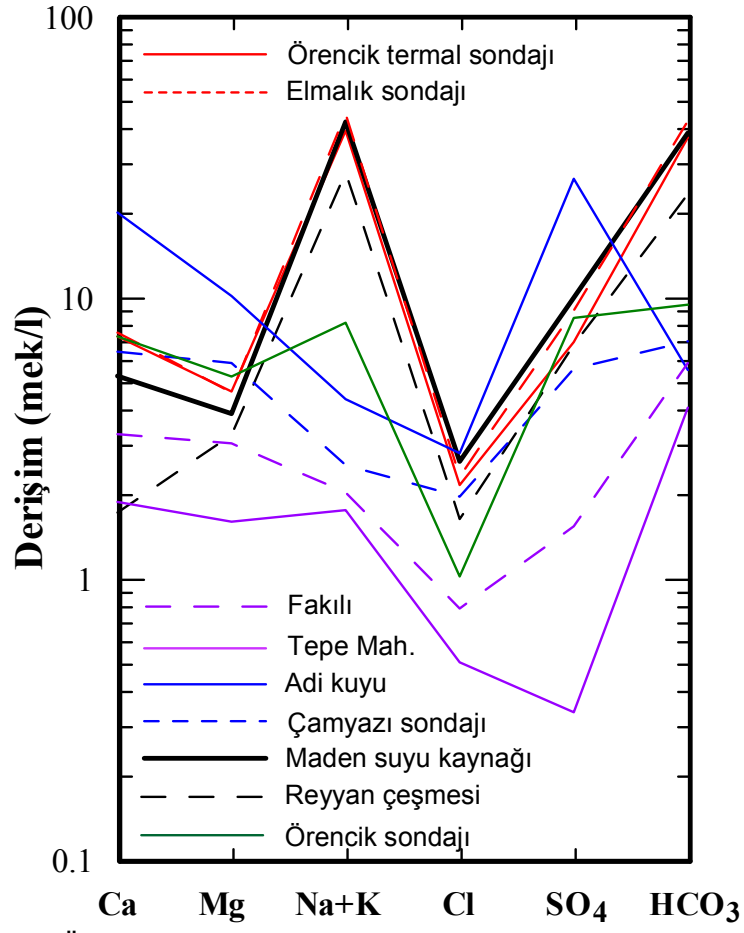
Örencik sahasının sıcak ve soğuk sularında kökensel benzerlik ve farklılıkların gösterilmesi amacıyla majör iyon değerleri kullanılarak yarı logaritmik diyagram hazırlanmıştır (Şekil 3.15).

Yarı logaritmik diyagramda Örencik termal kuyusu, Örencik maden suyu ve Elmalık kuyusunun kimyasal kompozisyonunun hemen hemen aynı olduğu görülmektedir. Bu durum termal suların aynı rezervuardan geldiklerini göstermektedir. Bu sulara egemen iyonlar Na ve HCO₃ ve su tipi Na-HCO₃ şeklindedir. Reyyan kaynağı, daha düşük derişimde olmakla birlikte, Ca hariç termal ve maden sularına yakındır ve bu sulara paralel doğrular sunmaktadır. Bu durum Reyyan kaynağının kökeninin jeotermal rezervuar olduğu, ancak yüzeye çıkarken ve yanal akım sırasında soğuk sularla karıştığını göstermektedir.

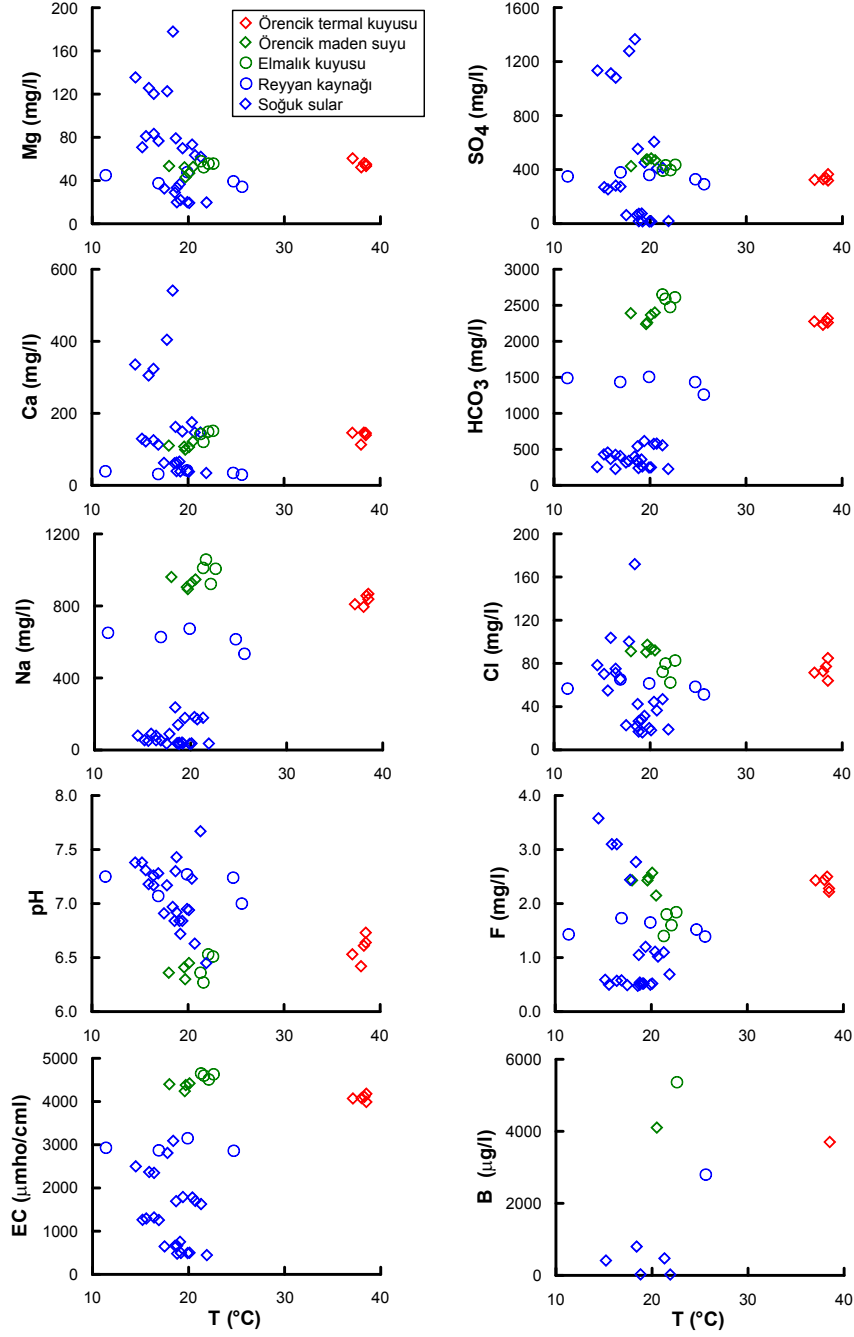
Adi kuyu yüksek kalsiyum ve sülfat ile düşük Na değerlerinden dolayı diğer tüm suların ayrılır. Ayrılmış şistler içinde açılmış bu adi kuyuda geçirgenliğin az olmasından dolayı yeraltısuyu nispeten durgundur. Bu sudaki dikkate değer Ca ve Na değişiminin iyon değişim işleyleri ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Bu kuyu suyunun tipi Ca-Mg-SO₄'tür.

Sahadaki en düşük iyon derişimine sahip su şist ve kuvarsitlerden su alan Tepe Mahallesi içme suyu kuyusudur. Su tipi Ca-Na-Mg-HCO₃'tür. Fakılı içme suyu kuyusu gnays ve şistlerde açılmıştır. Ca-Mg-Na-HCO₃-SO₄ tipindeki su Tepe Mah suyuna göre biraz daha yüksek iyon derişimine sahiptir. Fakılı'dan itibaren kuzeye Gediz Çayı'na doğru akan yeraltısuyu, akım sırasında geçirdiği kimyasal değişimler ve az miktarda termal su karışımı nedeniyle Gediz Çayı kenarındaki Çamyazı kuyu suyunun kimyasal yapısını kazanır. Su tipi Ca-Mg-Na-HCO₃-SO₄'dan Mg-Ca-HCO₃-SO₄'a döner. Ca-Na-Mg-SO₄-HCO₃ tipindeki Örencik içme suyu kuyusu da tipik olarak sıcak-soğuk su karışımını yansıtır (Şekil 3.15).

İnceleme alanındaki sulara iyon ve bazı element miktarlarının sıcaklıkla ilişkisi Şekil 3.16'da incelenmiştir. Bu diyagramlarda sular, dönemsel analiz değerlerini de içerdiği için dağınık gözükmekte, sıcaklıkla iyon ve element miktarları arasında net bir fikir vermemektedir. Ancak genel olarak sıcaklıkla suların EC, Na, Ca, HCO₃ ve B miktarlarının arttığı ve pH değerinin azaldığı söylenebilir. Bu diyagramlarda dikkati çeken nokta termal sular ile maden sularının iyon ve element içeriklerinin benzer olduğudur. Bu durum maden sularının soğuk sularla fazla karışmadığını ve sıcaklıklarının kondüktif soğumayla azaldığını gösterebilir.

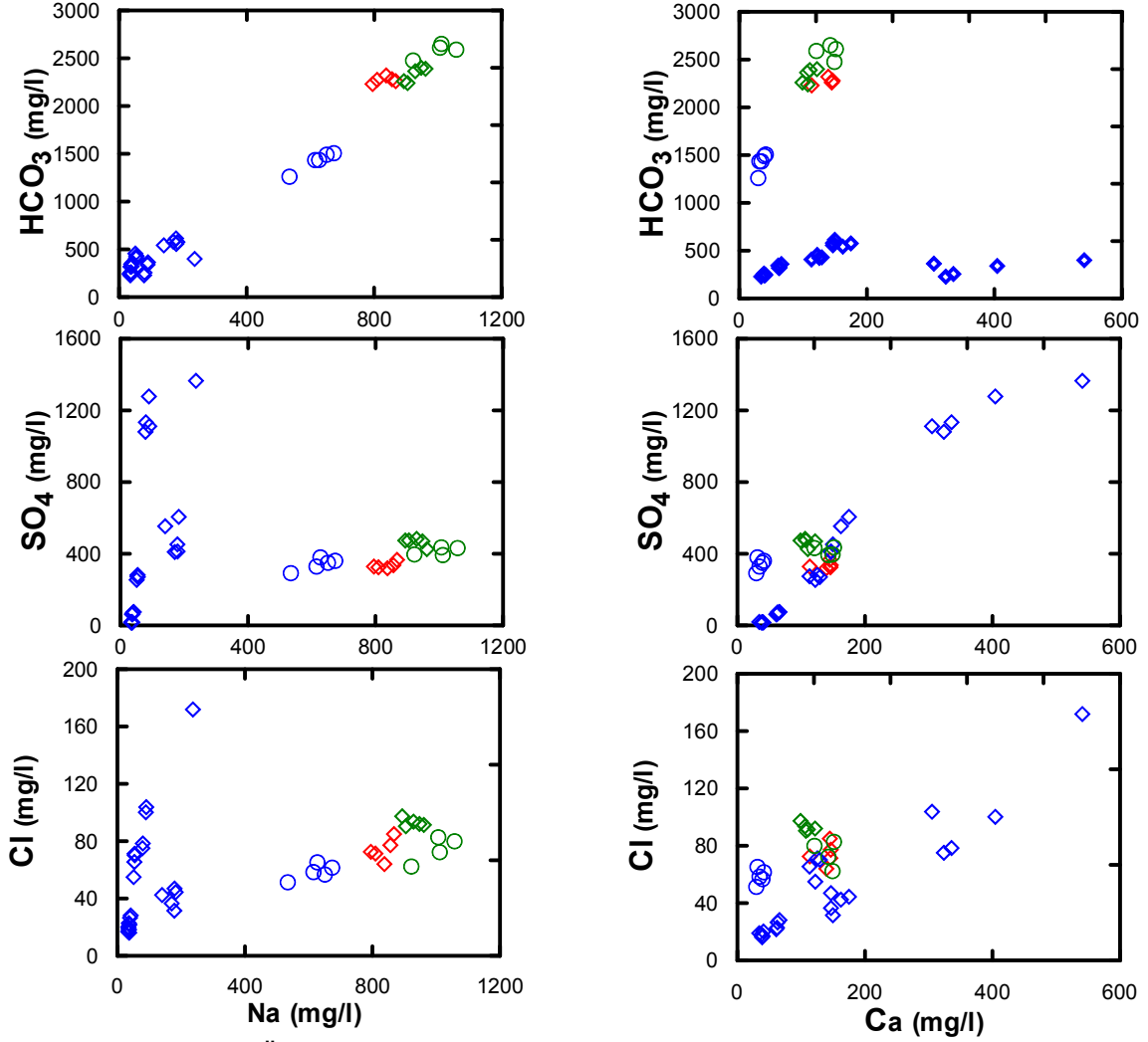


Şekil 3.15. Örencik jeotermal sahası sularının yarı logaritmik diyagramı



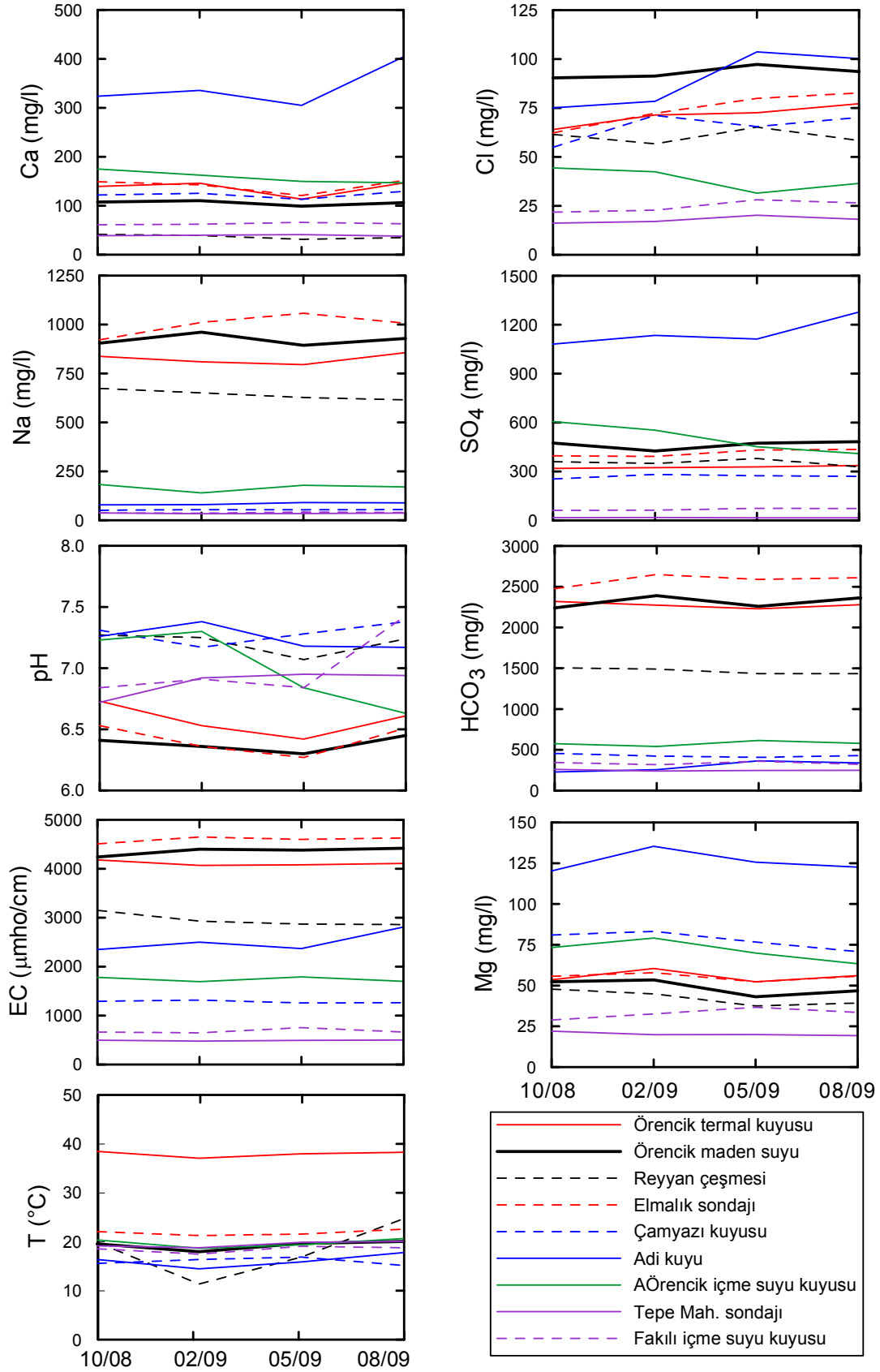
Şekil 3.16. Örencik sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinin sıcaklıkla değişimi

Örencik sahasında sodyum ve kalsiyumun diğer anyonlarla değişim grafiğine bakıldığında (Şekil 3.17) tüm sularda Na-Cl, Na-HCO₃, Na-SO₄, Ca-SO₄, Ca-HCO₃ ve Ca-Cl arasında pozitif bir korelasyon olduğu görülmektedir.



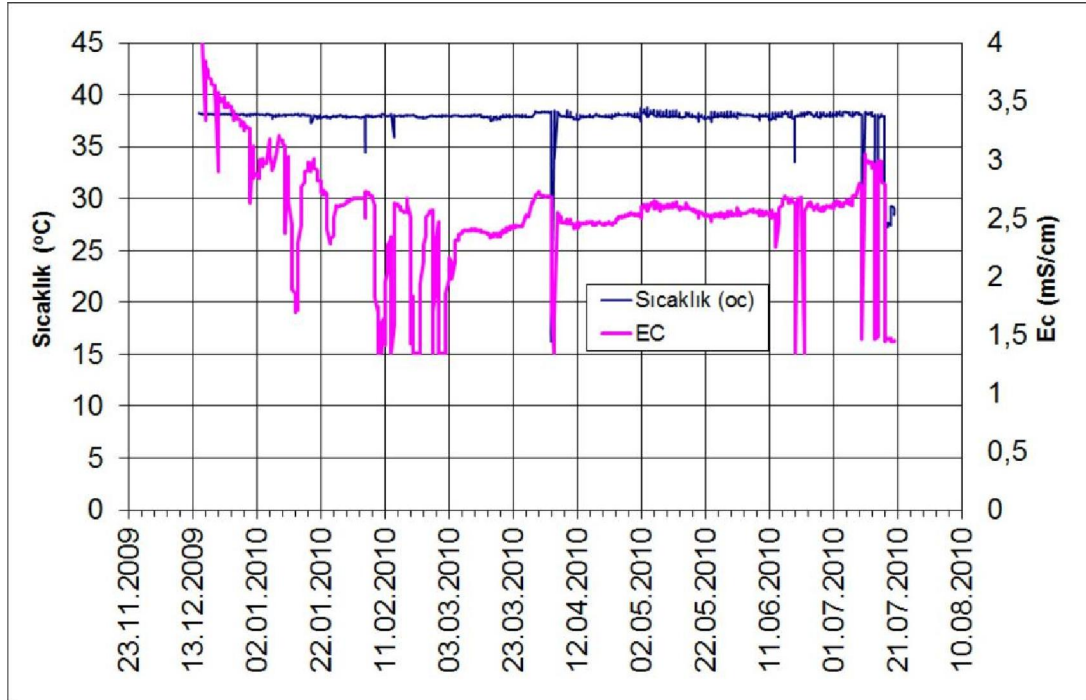
Şekil 3.17. Örencik sahası sularındaki majör anyon-Na ve -C grafikleri.

Örencik sahası sularının fizikokimyasal özelliklerinde Ekim-2008, Şubat-2009, Mayıs-2009 ve Ağustos-2009 dönemlerinde belirlenen zamansal değişimler Şekil 3.18'de, sayısal değerler Çizelge 3.8'de verilmiştir. İzleme periyodunda, en yüksek sıcaklık değişimi Reyyan kaynağında görülmektedir. Kaynağın sıcaklığı Ekim-2008'de 19.9°C iken bu değer Şubat-2009'da 11.4°C'ye düşmüş, Mayıs-2009'da 16.9°C'ye, Ağustos-2009'da ise 24.7°C'ye yükselmiştir. Bunun dışında en yüksek mevsimsel iyon değişimleri adi kuyuda gözlenmiştir. Bu kuyunun ağzının açık ve statik seviyenin 5 m civarında olması kuyunun yağış ve yüzeyaltı su akımlarından etkilendiğini göstermektedir. Sahadaki diğer sularda incelenen parametreler yönüyle önemli bir değişim gözlenmemiştir (Şekil 3.18).



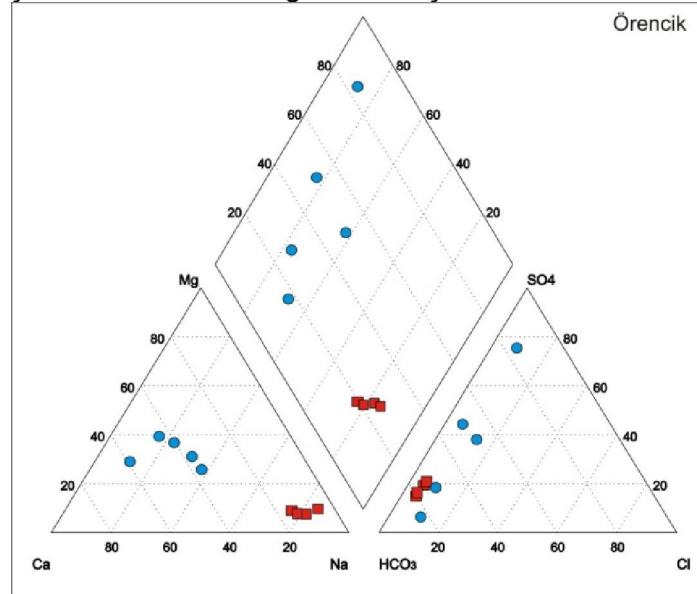
Şekil 3.18. Örencik sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde izlenen zamansal değişimler.

Örencik termal kuyusu savağına yerleştirilen logger aracılığıyla yaklaşık 7 aylık bir dönem içinde termal sudan alınan EC ve sıcaklık ölçüm değerleri Şekil 3.19'da verilmiştir. Bu ölçüm noktasında da Emirfakı termal kaynağına benzer sorunlar görölmüştür. Termal su sıcaklığı ölçüm periyodu boyunca 38°C'de hemen hemen sabit iken EC değerlerinde anormal derecede düşüş vardır. Bu durumda EC okumalarında bir problem olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 3.19. Örencik termal kaynağının EC ve sıcaklık değerlerinin zamansal değişimi.

Örencik termal suları Piper diyagramında, karbonat alkaliliği, karbonat olmayan alkalilikten yüksek olan sular kesiminde toplanmıştır (Şekil 3.20). Bu sahada Tepe Mahallesi sondaj suyundan Örencik termal sondajına doğru sulara B, Li, Fe ve Ge miktarları artmaktadır. Bu sahada özellikle düşük kotlarda sıcak-soğuk su karışımları mevcuttur.



Şekil 3.20. Örencik sahası sularının Piper diyagramındaki dağılımı (kırmızı kareler sıcak, mavi daireler soğuk suları göstermektedir).

Çizelge 3.8. Örencik sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde zamansal değişimler (EC: $\mu\text{mho/cm}$, Eh: mV, iyon değerleri mg/l'dir).

Simge	Dönem	T°C	EC	pH	Eh	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₂	NO ₃	F	Na	K	Ca	Mg	
OR-1	10/08	38,5	4180	6,73	24,9	2320	64,0	319,2	0,49	0,7	2,22	837,5	85,9	139,5	53,5	Na-HCO ₃
	02/09	37,1	4070	6,53	33,9	2275	71,4	323,9			2,43	809,3	83,9	145,9	60,5	Na-HCO ₃
	05/09	38,0	4080	6,42	40,6	2230	72,6	328,3	9,40		2,44	795,0	80,8	113,3	52,3	Na-HCO ₃
	08/09	38,3	4110	6,61	37,3	2280	77,2	336,2			2,50	856,4	87,5	146,5	56,1	Na-HCO ₃
	08/10	38,5	3990	6,64	21,1	2260	84,9	365,8			2,28	867,5	89,8	145,0	55,0	Na-HCO ₃
OR-2	10/08	19,6	4240	6,41	42,6	2240	90,4	474,5	0,61	1,4	2,43	905,0	90,0	107,4	52,3	Na-HCO ₃
	02/09	18,0	4400	6,36	42,2	2390	91,3	425,8			2,43	961,0	85,9	110,4	53,4	Na-HCO ₃
	05/09	19,7	4380	6,30	45,3	2260	97,3	473,2	9,46		2,48	893,4	80,0	99,0	43,1	Na-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	20,1	4420	6,45	45,1	2365	93,6	483,1			2,57	928,6	81,2	106,2	46,8	Na-HCO ₃
	08/10	20,5	4310	6,30	38,9	2400	92,0	469,3			2,15	947,5	83,5	121,8	52,6	Na-HCO ₃
OR-3	10/08	19,9	3150	7,27	-7,4	1506	61,5	360,4	0,57	1,3	1,65	673,6	58,6	41,5	47,8	Na-HCO ₃ -SO ₄
	02/09	11,4	2930	7,25	-7,8	1490	56,7	349,5	0,67	2,0	1,43	650,9	56,3	39,2	44,9	Na-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	16,9	2870	7,07	2,0	1435	65,2	379,6	7,19	11,6	1,73	627,3	52,5	31,4	37,5	Na-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	24,7	2860	7,24	0,4	1434	58,4	328,3		11,8	1,52	615,0	53,8	34,7	39,3	Na-HCO ₃ -SO ₄
	08/10	25,6	2420	7,00	-0,6	1260	51,3	291,6			1,39	534,4	53,9	29,6	34,2	Na-HCO ₃ -SO ₄
OR-4	10/08	22,1	4510	6,53	32,7	2476	62,3	396,1	1,01	2,7	1,60	922,0	63,3	149,1	55,7	Na-HCO ₃
	02/09	21,3	4650	6,36	2,4	2650	72,3	392,5			1,40	1011,1	69,3	142,6	57,9	Na-HCO ₃
	05/09	21,6	4600	6,27	48,1	2590	79,9	431,6	9,44		1,80	1057,5	75,6	120,8	52,3	Na-HCO ₃
	08/09	22,6	4630	6,51	41,7	2610	82,7	435,5			1,84	1006,5	61,6	151,4	55,7	Na-HCO ₃
OR-5	10/08	15,6	1292	7,31	-11,4	456	54,9	254,1	0,33	3,8	0,50	51,1	8,5	122,0	81,0	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	02/09	16,4	1317	7,17	-3,3	424	71,2	282,0	0,26	2,3	0,57	54,3	8,9	125,3	83,2	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	16,9	1258	7,28	-9,9	408	65,5	274,1	2,50	9,7	0,58	53,5	8,7	113,1	76,7	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	15,2	1264	7,38	-7,2	430	70,2	270,0		8,9	0,59	54,6	7,2	129,4	70,8	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄

Çizelge 3.8. Devam

Simge	Dönem	T°C	EC	pH	Eh	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₂	NO ₃	F	Na	K	Ca	Mg	
OR-6	10/08	16,4	2350	7,26	-7,0	228	75,1	1081,0		2,1	3,10	78,9	19,1	323,7	120,3	Ca-Mg-SO ₄
	02/09	14,5	2500	7,38	-15,3	256	78,4	1134,0		5,6	3,58	80,0	19,7	335,7	135,4	Ca-Mg-SO ₄
	05/09	15,9	2370	7,18	-4,0	365	103,7	1112,0	4,75	31,8	3,10	90,5	19,7	305,0	125,6	Ca-Mg-SO ₄
	08/09	17,8	2810	7,17	-4,4	340	100,2	1278,0		17,7	2,44	89,3	19,7	404,4	122,6	Ca-Mg-SO ₄
	08/10	18,4	3090	6,97	1,2	400	171,9	1365,0		12,8	2,77	237,0	35,1	540,8	177,8	Ca-Mg-SO ₄
OR-7	10/08	20,4	1780	7,23	-5,4	576	44,4	606,0	0,46	2,2	1,11	183,0	27,3	175,0	73,3	Ca-Na-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	02/09	18,7	1694	7,30	-7,3	542	42,4	553,1		3,7	1,05	140,2	27,2	162,4	79,1	Ca-Na-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	05/09	19,4	1791	6,84	16,9	615	31,5	452,0	2,35	3,5	1,20	178,8	34,8	149,6	69,9	Ca-Na-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	08/09	20,7	1700	6,63	35,0	580	36,5	410,0		7,2	1,02	170,6	30,5	146,8	63,4	Na-Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	08/10	21,3	1628	7,67	-50,5	556	46,9	413,0		7,2	1,10	179,5	30,2	146,7	61,94	Na-Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
OR-8	10/08	19,2	497	6,72	25,0	261	16,2	17,2	0,15	0,3	0,52	37,2	6,5	38,8	22,0	Ca-Mg-Na-HCO ₃
	02/09	18,8	479	6,92	10,6	240	17,0	17,8			0,50	33,8	6,5	39,6	19,9	Ca-Mg-Na-HCO ₃
	05/09	19,9	494	6,95	9,1	248	20,2	15,6	0,94		0,50	34,2	6,8	40,8	20,0	Ca-Na-Mg-HCO ₃
	08/09	20,1	500	6,94	17,7	250	18,1	16,3		1,7	0,52	36,7	6,8	37,9	19,3	Ca-Mg-Na-HCO ₃
	08/10	21,9	446	6,45	30,6	228	18,9	18,9		2,2	0,69	35,7	6,3	34,2	19,7	Na-Ca-Mg-HCO ₃
OR-9	10/08	18,6	663	6,84	17,8	345	21,8	62,0			0,48	37,6	8,0	61,0	28,9	Ca-Mg-Na-HCO ₃
	02/09	17,5	648	6,91	11,2	318	22,8	62,7	0,13	0,3	0,49	36,0	7,9	62,2	32,6	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	19,1	754	6,84	23,0	360	28,1	74,4			0,52	41,8	8,9	65,9	36,7	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	08/10	18,8	664	7,43	-25,1	322	26,5	72,7			0,54	39,8	8,8	63,1	33,5	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄

Çizelge 3.9. Örencik sahası sularında bazı iz element (ppb) ve SiO₂ (ppm) değerleri

Simge	Suyun Adı	Dönem	As	B	Ba	Br	Cs	Cu	Fe	Ge	Li	Mn	Mo	Ni	Rb	Sb	Sr	U	Zn	SiO ₂
ÖR-1	Örencik Termal Sondajı	08/10	16	3704	62	248	95	2,0	76	19,4	814	37	<1	<2	381	1,0	4366	0,5	8,0	103,5
ÖR-2	Örencik Maden Suyu	08/10	25	4103	41	266	58	3,0	230	18,7	955	43	<1	<2	317	<0,5	4645	1,9	9,0	62,1
ÖR-3	Reyyan Çeşmesi	08/10	139	2798	60	202	4	2,0	254	0,7	605	1	3,9	0,7	97	0,5	813	36,0	2,4	57,9
ÖR-4	Elmalık Sondajı	08/09	19	5363	42	297	44	26,0	48	6,8	1299	124	2	13	224	<0,5	5543	6,2	10,0	62,1
ÖR-5	Çamyazı Sondajı	08/09	36	413	104	84	4	14,9	4	0,1	94	1	2	4,9	20	0,9	2305	12,7	4,2	42,0
ÖR-6	Adi Kuyu	08/10	82	801	101	439	13	10,0	23	2,1	648	12	5	<2	83	<0,5	4839	527,0	14,0	76,6
ÖR-7	Örencik İçme Suyu	08/10	1	473	31	129	14	112,5	15	2,8	299	77	2,1	25	101	0,3	2356	0,9	457,0	62,6
ÖR-8	Tepe Mah. İçme Suyu	08/10	1	23	74	92	6	0,3	36	0,4	38	53	3,1	1,7	19	0,3	309	1,6	3,3	54,0
OR-9	Fakılı İçme Suyu	08/10	1	30	62	150	19	0,7	38	0,4	19	68	0,7	<0,2	24	0,1	449	0,2	60,3	61,5

3.4. Aksaz Jeotermal Sahası

Bu sahadaki termal sulara Ulubey (Uşak) ilçesinden Denizli'nin Güney ilçesi yönüne gidilerek ulaşılabilir. Saha, Uşak il merkezinin güneybatısındadır ve il merkezine uzaklığı yaklaşık 60 km'dir (EK-3.1).

3.4.1. Örnekleme Noktaları

Aksaz jeotermal sahasında 4 termal kaynak, 3 sıcak su kuyusu, 1 maden suyu kaynağı, 3 soğuk su kaynağı, 5 soğuk su kuyusu ve 1 dere suyu örnekleme noktası olarak seçilmiştir. Bu noktaların koordinatları ve belirlenebilen bazı kuyu derinlikleri Çizelge 3.10'da, lokasyonlar EK 3.1 ve Şekil 3.21'de verilmiştir.

Termal sulara Ulubey-Denizli karayolu üzerindeki Aksaz Köyü'nün Aksaz Mahallesi'nden ayrılan ham yolla ulaşılır. Termal kaynaklar, bu kesimde Büyük Menderes Nehri'nin KB-GD doğrultusunda uzanan ve faylı olan Hamam Hamam Deresi veya Aksaz Deresi adı verilen kolunun vadi tabanından boşalır (Şekil 3.21). Aksaz jeotermal sahasında başlıca dört termal kaynak vardır. Bunlardan birincisi Büyük Menderes nehir yatağından boşalan Aksaz Hamamı kaynağıdır. Kaynak, nehir membaından gelen sularla karıştığı ve ayrıca düzgün bir kesitte akış olmadığı için debisinin ölçülmesi mümkün olmamıştır. Ancak, gözlemlere göre debi 10 l/s'den fazladır. Önceki çalışmalarda kaynağın debisi 28 l/s olarak belirlenmiştir (MTA, 2005). Suyun sıcaklığı 35.1°C olarak ölçülmüştür. Termal su kullanımını 10 yıl için kiralayan bir şahıs tarafından, gelen ziyaretçilerin konaklamaları için termal kaynak yanında ilkel odalar yaptırılmıştır. Şifa bulma amacıyla termal suya girmek isteyen ziyaretçiler nehir yatağına inmek ve suya girdikten sonra da dengelerini sağlamak için gerili zincirlere tutunmak zorunda kalmaktadırlar. Kaplıcanın bulunduğu alanda, yamacın dik olması ve kayaçların açıklığı fazla düşey çatlaklar içermesi nedeniyle kaya düşmesi riski oldukça fazladır. Nitekim kaplıca alanında nehir yatağı, yamaçlardan kopan bloklarla dolmuştur. 2010 yaz döneminde buradaki ilkel tesisler yıkılmıştır. İkinci termal kaynak Aksaz Hamamı'nın 1 km kadar güneyinde Büyük Menderes Nehri sağ sahilinde, birbirine dik iki fayın kesişim noktasında bulunur (Şekil 3.21). Uyuz Hamamı olarak adlandırılan bu kaynağın sıcaklığı 31.5°C'dir. Bu iki kaynak dışında nehir yatağı içinde birçok termal kaynak çıkışı mevcuttur. Aksaz Hamamı'nın 400 m kadar kuzeyinde nehir yatağı kenarında bulunan tarihi hamam (?Milattan önceki ?döneme ait), geçmiş dönemde o lokasyonda termal kaynak çıkışları olduğunun göstergesidir. Hamam kalıntısı yakınlarında akarsu yatağı içinde gözlenen çok sayıda termal su çıkışı da bunu kanıtlar niteliktedir (Şekil 3.21). Termal su, dere yatağından çıkış noktasından itibaren nehir suyu ile karıştığı için bu kaynaklardan numune alınamamıştır. Kaynaklardan sıcaklık ölçülmeye çalışılmışsa da, sıcaklık değerleri karışım nedeniyle sürekli değiştiği için sağlıklı bir sonuç alınamamıştır. Ölçülen maksimum sıcaklıklar 17.5-18.4°C mertebesinde.

Aksaz sahasındaki diğer iki termal kaynak Aksaz Hamamı'nın yaklaşık 10 km KD'sunda Banaz Çayı sol sahilinde bulunur. Kaynaklar Aksaz ve Hasköy termal kaynaklarını birleştiren bir doğrunun hemen hemen orta noktasında yer alır (EK-3.1). Bu kaynaklara yerel isimle Gerdeme kaynakları adı verilmiştir. İki kaynağı ayırmak için dere yatağından çıkan kaynak Gerdeme-1 termal kaynağı, çanak şeklindeki bir oyuktan çıkan termal kaynak ise Gerdeme-2 termal kaynağı olarak adlandırılmıştır. Gerdeme-1 kaynağının sıcaklığı 34.5°C, Gerdeme-2 kaynağının sıcaklığı ise 32.7°C'dir.

Bu lokasyonda termal su temini amaçlı bir adet sondaj vardır. MTA tarafından 1995 yılında Aksaz Hamamı'nın karşı sahilinde açılan sondajın derinliği 200 metredir. Sondajda, üst seviyelerdeki molozdan sonra yaklaşık 10 m derinliğe kadar Neojen yaşlı ofiyolit çakıllı, karbonat çimentolu çakıltaşı-kumtaşı birimi ve devamında sondaj tabanına kadar Paleozoyik

Çizelge 3.10. Aksaz sahasında örneklenen sulara ilişkin bazı bilgiler.

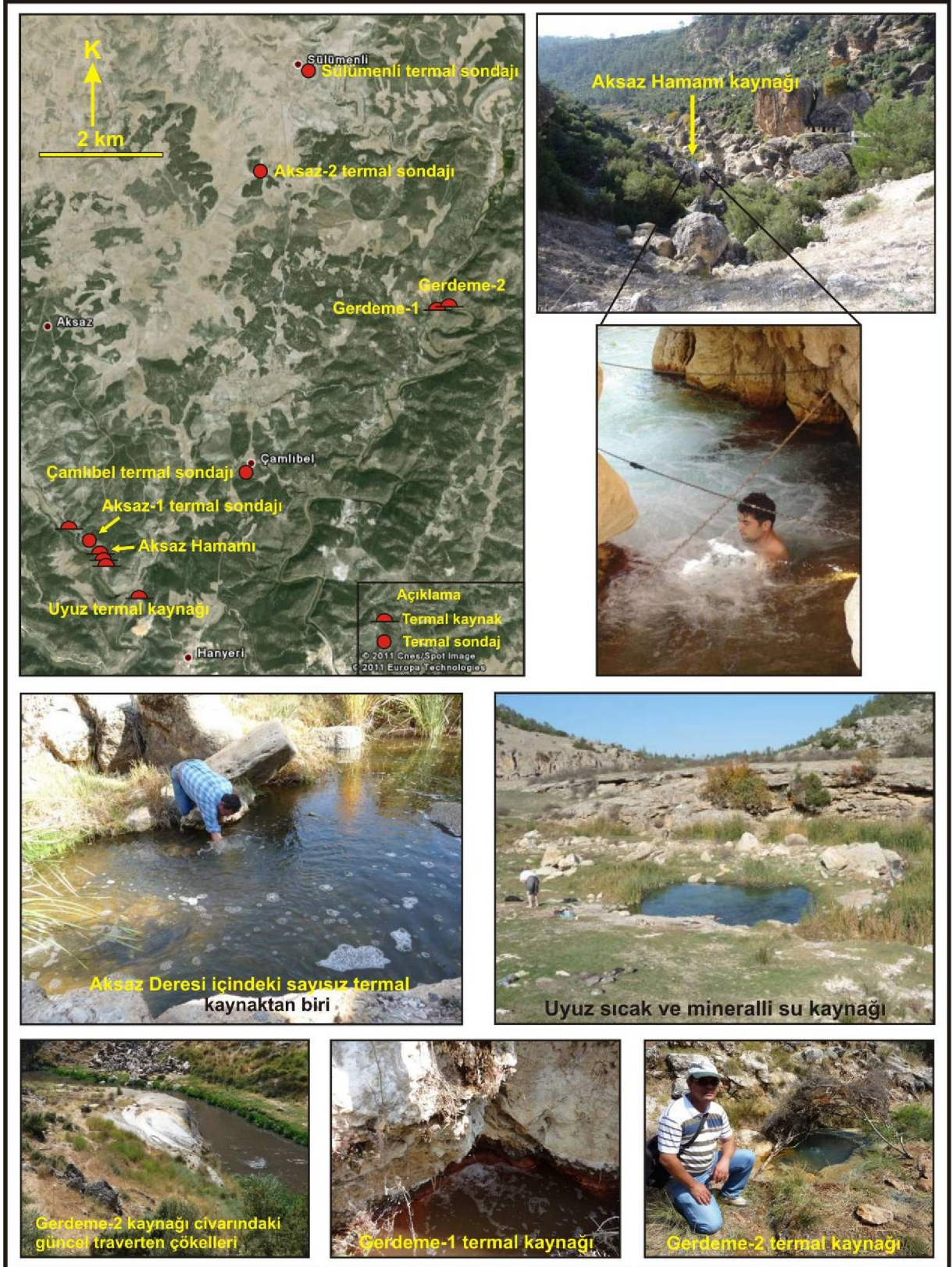
No	Simge	Suyun Adı	Türü	K.D.(m)	Koordinat		
					X	Y	Z(m)
1	A-1	Aksaz Hamamı	Termal kaynak	-	89482	39112	473
2	A-2	Uyuz Termal Kaynağı	Termal Kaynak	-	89700	38750	484
3	A-3	Gerdeme-1	Termal kaynak	-	94854	43861	460
4	A-4	Gerdeme-2	Termal kaynak	-	94825	43701	459
5	A-5	Çamlıbel	Termal Sondaj	220	91954	42020	648
6	A-6	Sülümenli	Termal Sondaj	250	92523	47216	666
7	A-7	Aksaz Köyü	Termal Sondaj	105	90550	44748	626
8	A-8	İnay Acısu	Maden Suyu	-	87284	51131	628
9	A-9	İnay Yedioluklu Çeşme	Kaynak	-	93572	55954	705
10	A-10	Sazak-Kışla	Sondaj (Artez.)	70-100	90818	66453	904
11	A-11	Katrancılar İçme Suyu	Sondaj		94317	59547	818
12	A-12	Sülümenli içme suyu	Sondaj		92407	47727	688
13	A-13	Aksaz İçme Suyu	Sondaj	192	88312	46392	690
14	A-14	Ulubey İçme Suyu	Sondaj		00069	57527	800
15	A-15	Kıranköy İçme Suyu	Sondaj	-	96279	47826	531
16	A-16	Hanyeri İçme Suyu	Kaynak	-	88553	36987	522
17	A-17	Aksaz Çayı	Akarsu	-	89108	39462	486

yaşlı Musadağı mermerleri kesilmiştir (MTA, 2005). Kuyudan 1.5 l/s debide ve 37°C sıcaklıkta termal su alınmıştır. Sondajın yanında ilkel bir kapalı havuz bulunmaktadır. Bu sondaj 2010 yılı yaz aylarında tahrip edilmiş ve yanındaki kapalı havuz binası da Uşak İl Özel İdaresi tarafından yıkılmıştır.

Termal sular civarında içme ve sulama suyu temini için açılan bazı sondajlardan (Çamlıbel, Sülümenli ve Aksaz kuyuları) sıcak su elde edilmiştir.

Aksaz sahasından ve özellikle beslenme alanının değişik kotlarında bulunan soğuk kaynak, maden suyu ve sondaj sularından bazıları jeolojik harita alanı dışında kalsa da örnekleme yapılmıştır. Örnekleme yapılan kaynak sularından biri İnay Köyü'nde cami avlusunda, Ulubey formasyonundan çıkan ve toplam debisi 8.32 l/s olan Yedioluk kaynağıdır (Şekil 3.22). Diğer kaynak İnay Köyü'nün Balçıklı Mevkii'nde bulunan ve Paleozoyik şistler ile Neojen birimlerinin dokanağına yakın noktada şistlerin çatlaklarından boşalan İnay maden suyudur. Ulaşımın zor olması ve suyun neredeyse bir sicim kalınlığında akmasına rağmen Uşak merkez ve çevre ilçelerden çok sayıda insan bu kaynağa gelerek suyunu içmekte ve evlerine götürmektedirler. Bu kaynak suyunun böbrek taşlarını düşürdüğüne ve bunun tecrübe ile sabit olduğuna inanılmaktadır. Örneklenen diğer kaynak suları Neojen yaşlı Ulubey formasyonundan boşalan Kıranköy ve Hanyeri içme suyu kaynaklarıdır.

Aksaz jeotermal alanı civarında ve beslenme alanında birçok soğuk su sondajı mevcuttur. Sondaj sularının çoğunluğu köylere içme suyu temin eder. Örneklenen soğuk sondaj suları, Ulubey formasyonunda açılan Ulubey, Aksaz ve Sülümenli içme suyu kuyuları, Katrancılar kuyusu ve Kışla Köyü'ne yakın alanda, andezitlerde, birbirine 20-30 m mesafede açılan sekiz sığ kuyudur (kuyulardan artezyenle alınan su kaptajda toplanmakta ve köylere iletimi buradan sağlanmaktadır), (Şekil 3.23).



Şekil 3.21. Aksaz jeotermal sahasındaki termal suların lokasyonları ve görünüşleri.



Şekil 3.22. Arka plandaki cami avlusundan çıkan kaptaja alınmış Yedioluk Kaynağı suyunun verildiği çeşmelerden biri.



Şekil 3.23. Sazak-Kışla kaptajı

3.4.2. Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri

Aksaz sahasının temelinde yer alan metamorfik seri içindeki kuvarşşist ve kuvarsitlerin ikincil geçirgenlikleri yüksektir. Aynı şekilde mermerler de karstiktir ve yüksek geçirgenliğe sahiptir. Ancak Aksaz sahasındaki yerleşim yerleri içme ve kullanma suyu ihtiyaçlarının büyük bölümünü çok sayıda sondajlar ya da kaynaklar yoluyla Ulubey formasyonundan karşılarlar. DSİ ve İl Özel İdaresi verilerine göre Aksaz sahasında Ulubey formasyonunda açılan kuyulardan bazılarının logları Şekil 3.24' ve 3.25'de verilmiştir. Derinlikleri 238 m'ye ulaşan bu sondajlardan bazıları kuru çıkmış, diğerlerinden de 1 ile 20 l/s arasında verim alınmıştır. Bu sondajlardan en ilginç Çamlıbel sondajıdır. Bu sondaj Neojen birimlerden sonra yaklaşık 140 m'de mermerlere girmiş ve sondajdan 34.1°C sıcaklığında su alınmıştır. Bu sondajın 4 km KD'sunda Gerdeme, 4 km GB'sında ise Aksaz termal kaynakları bulunmaktadır. Çamlıbel sondajı bu iki termal kaynak alanını birleştiren doğrunun tam ortasında yer almaktadır. Yine yakın civarda Sülümenli sondajından da sıcak su alınması Neojen birimlerin altında sıcak su dolaşımının varlığını belgelemektedir. Bu sahada Yeniköy ve Asartepe formasyonlarının geçirimli litolojileri yerel olarak yeraltısuyu taşıyabilir.

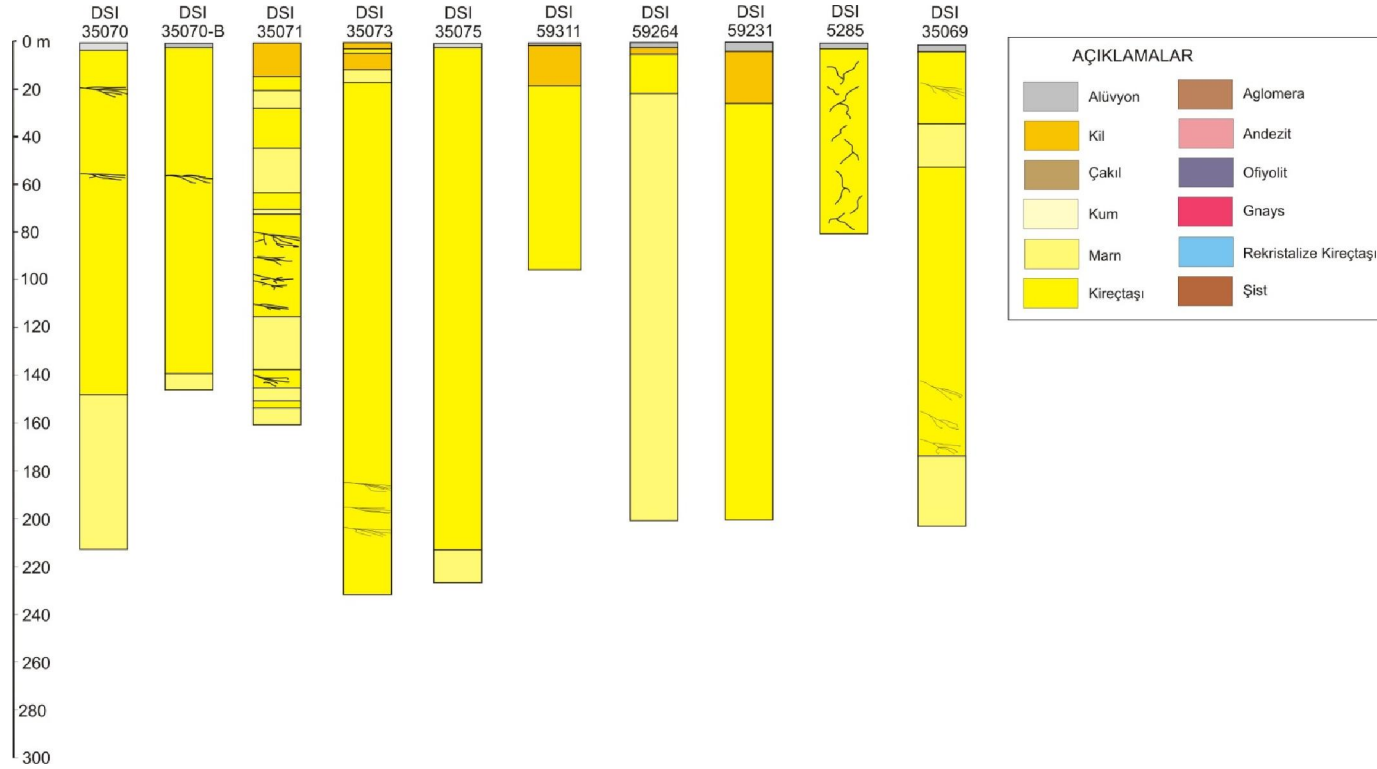
Harita alanı dışındaki Kışla beldesi içme suyunu andezitlerde açılan kuyulardan sağlamaktadır.

3.4.3. Hidrojeokimya

3.4.3.1. Suların fiziksel özellikleri

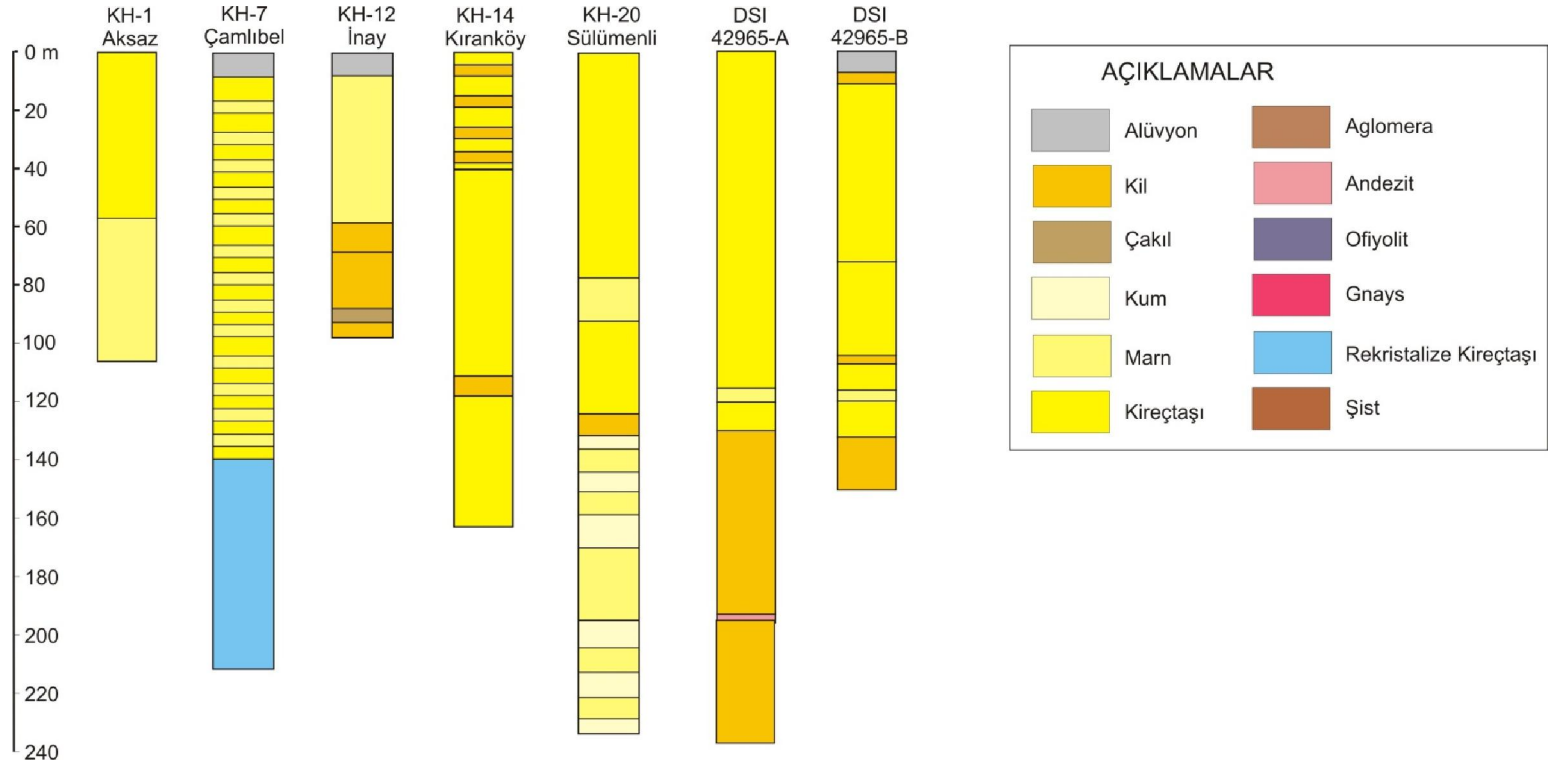
Aksaz jeotermal sahasında örneklenen 17 adet su noktasına ait dönemsel majör kimyasal analiz ve tek dönem için yapılan iz element analiz değerleri Çizelge 3.11 ve 3.12'de verilmiştir.

Sıcaklık (T): Ekim/2008-Ağustos-2010 arasında yapılan dönemsel ölçümlerde Aksaz sahasındaki termal kaynakların sıcaklıklarının 29.0 ile 37.6°C arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 3.11). Sondaj kuyularından alınan sularda sıcaklığı en yüksek olanı 34.1C ile Çamlıbel sondajıdır. Diğer kuyu sularının sıcaklığı 28.8°C ve 24.5°C'dir. İnay Acısu kaynağı (İnay maden suyu) ve soğuk suların sıcaklıkları 17-20°C civarındadır.



Kuyu Adı	DSI-35070 Karınçesme	DSI-35070B Karınçesme	DSI-35071 Selikler	DSI-35073 Karayakuplu	DSI-35075 Ulubey	DSI-59311 Ulubey	DSI-59264 Omurca	DSI-59231 Kışlaköy	DSI-5285 Karayakuplu	DSI-35069 Ulubey
Açıldığı Yıl	1989	1990	1988	1989	1990	2007	2006	2006	1964	1987
Derinlik (m)	220	144	154	240	226	175,2	164	145,8	80	200
Statik Seviye (m)	124,5	104	82,3	109	166,9	-	65,72	75,3	-	118,9
Verim (l/s)	3	1	20	10	Kuru	Kuru	8	11	Kuru	13,5

Şekil 3.24. Aksaz sahasındaki bazı sondajlara ait loglar ve kuyu bilgileri.



Kuyu Adı	KH1 Aksaz	KH7 Çamlıbel	KH12 İnay	KH14 Kıranköy	KH20 Sülümenli	DSİ 42965A Güllüköy	DSİ 42965B Güllüköy
Açıldığı Yıl	1999	1993	1998	1999	1995	1992	1992
Derinlik (m)	104	185	100	160	233	238	150
Statik Seviye (m)	55	140	0,1	7	100	73	-
Verim (l/s)	4	6	Kuru	7	6	0,4	Kuru

Şekil 3.25. Aksaz sahasındaki bazı sondajlara ait loglar ve kuyu bilgileri.

pH: İnceleme alanındaki termal suların pH değerleri 6.10-6.50 arasında değişmektedir. Sadece Sülümenli termal kuyu suyu hafif alkali özelliindedir(7.19-7.30). İnay maden suyu 5.86'lık pH değeri ile en asidik sudur. Soğuk suların pH değerleri 7.07 ile 8.00 arasında dağılım göstermektedir.

Elektriksel iletkenlik (EC): Aksaz sahasında termal kaynaklar ile Çamlıbel kuyu suyunun ortalama EC değerleri 3600 µmho/cm ile 4300 µmho/cm arasında değişmektedir. Sülümenli ve Aksaz termal suları ile İnay maden suyundaki değerler ise 1000-1350 µmho/cm aralığındadır. Soğuk suların EC değerleri 400-590 µmho/cm arasında değişmektedir.

3.4.3.2. Suların kimyasal özellikleri

Aksaz sahasındaki majör iyonların miktarları aşağıda özetlenmiştir.

Sodyum (Na): Sodyum değerleri termal kaynaklar ile Çamlıbel kuyu suyunda 520-640 mg/l civarındadır. Sülümenli ve Aksaz termal sularında ise bu değer 17-26 mg/l'ye kadar düşmektedir. İnay maden suyunda 135-150 mg/l aralığında belirlenen sodyum soğuk sularda 5-27 mg/l aralığındadır.

Potasyum (K): Sodyum değerleri termal kaynaklar ile Çamlıbel kuyu suyunda 68-95 mg/l civarındadır. Sülümenli 20 mg/l, Aksaz termal suyu ise 2.7 mg/l K içerir. İnay maden suyunda 24 mg/l olan K soğuk sularda 4 mg/l'den azdır.

Kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg): Kalsiyum değerleri Aksaz ve Uyuz termal kaynaklar ile Çamlıbel kuyu suyunda 260-370 mg/l civarındadır. Gerdeme termal kaynaklarında bu değer 450-550 mg/l'ye yükselmektedir. Sülümenli ve Aksaz termal suları ile İnay maden suyu sırasıyla 110, 250 ve 140 mg/l Ca içerir. Soğuk sulardaki Ca aralığı 45-80 mg/l'dir.

Magnezyum değerleri termal kaynaklar ile Çamlıbel kuyu suyunda 90-110 mg/l civarındadır. Sülümenli 68 mg/l, Aksaz termal suyu ise 24 mg/l Mg içerir. Soğuk sulardaki Mg aralığı 4-40 mg/l'dir.

Bikarbonat (HCO₃): Bikarbonat değerleri termal kaynaklar ile Çamlıbel kuyu suyunda 1325-1690 mg/l civarındadır. Sülümenli 280 mg/l, Aksaz termal suyu ise 660 mg/l bikarbonat içerir. Soğuk sulardaki Ca aralığı 200-310 mg/l'dir.

Klorür (Cl): Klorür değerleri termal kaynaklar ve Çamlıbel kuyu 60-75 mg/l civarındadır. İnay maden suyu 30 mg/l Cl içerir. Diğer sulardaki Cl aralığı 5-15 mg/l'dir.

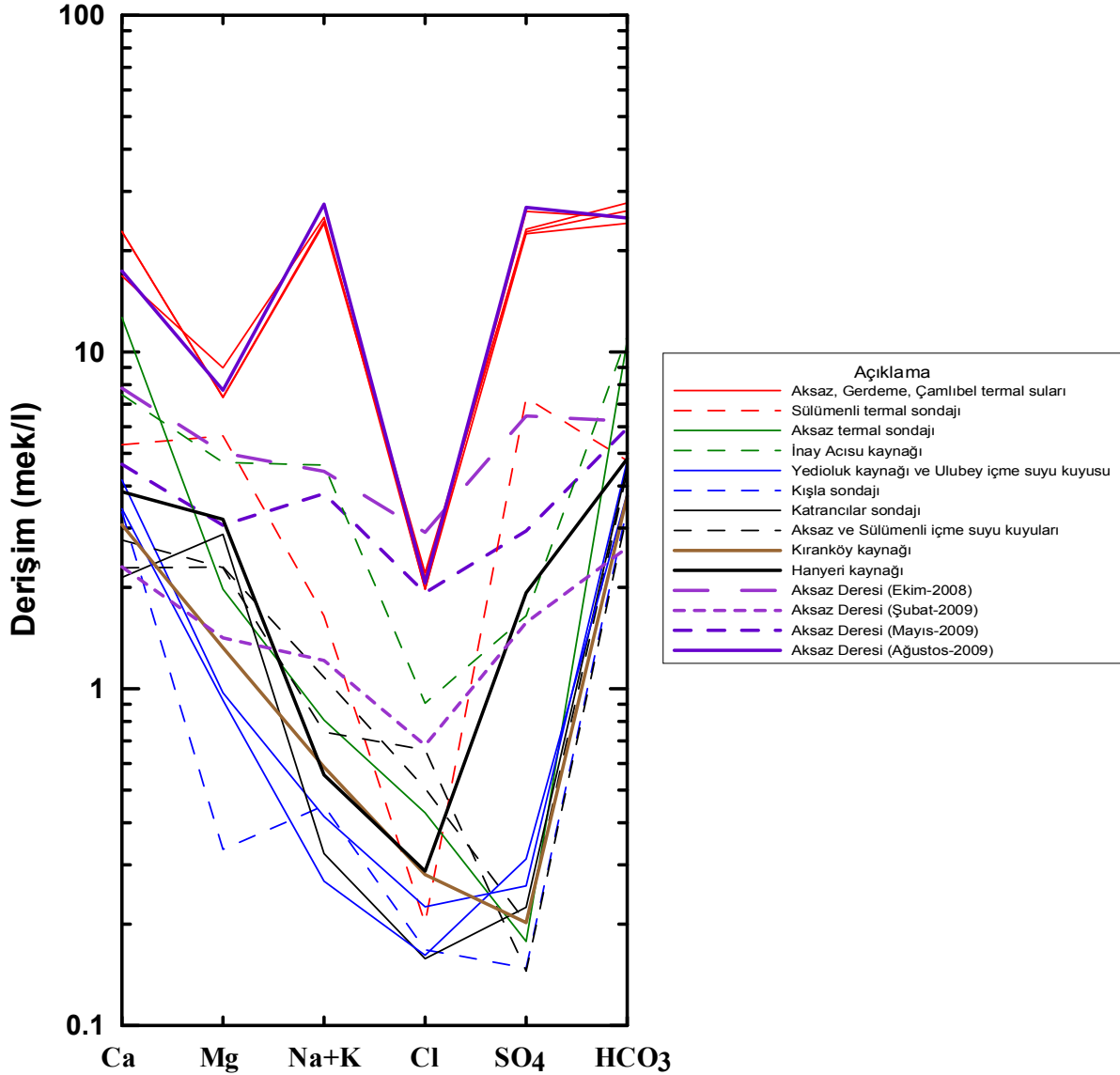
Sülfat (SO₄): Sülfat değerleri termal kaynaklar ile Çamlıbel kuyu suyunda 1100-1320 mg/l civarındadır. Sülümenli 380 mg/l, Aksaz termal suyu 8.5 mg/l, İnay maden suyu ise 80 mg/l sülfat içerir. 93 mg/l sülfat içeren Hanyeri kaynağı dışında diğer soğuk sulardaki SO₄ aralığı 7-24 mg/l'dir.

Nitrit (NO₂) ve Nitrat (NO₃): Aksaz sahası sularında nitrit yoktur. Nitrat soğuk sularda yaklaşık 25 mg/l'nin altında bulunurken İnay maden suyunda 125 mg/l'ye kadar yükselir.

Fluorür (F): Fluorür değerleri termal kaynaklar ile Çamlıbel kuyu suyunda 2.41-4.74 mg/l civarındadır. Diğer sularda 1 mg/l'den düşük değerlerdedir.

3.4.3.3. Suların kökeni ve değerlendirme

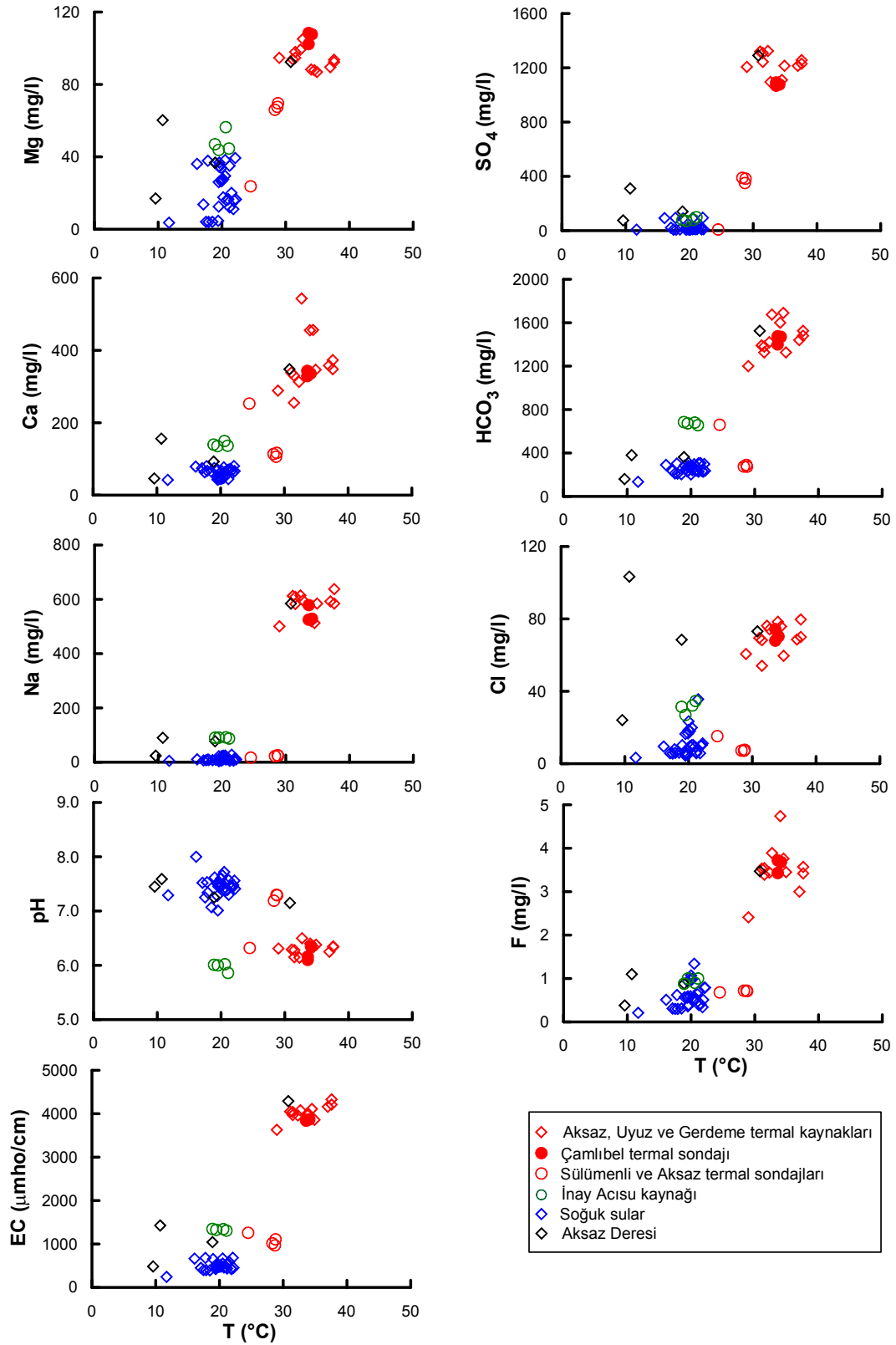
Aksaz sahasının sıcak ve soğuk sularında kökenel benzerlik ve farklılıkların gösterilmesi amacıyla majör iyon değerleri kullanılarak yarı logaritmik diyagram hazırlanmıştır (Şekil 3.26).



Şekil 3.26. Aksaz jeotermal sahası sularının yarı logaritmik diyagramı

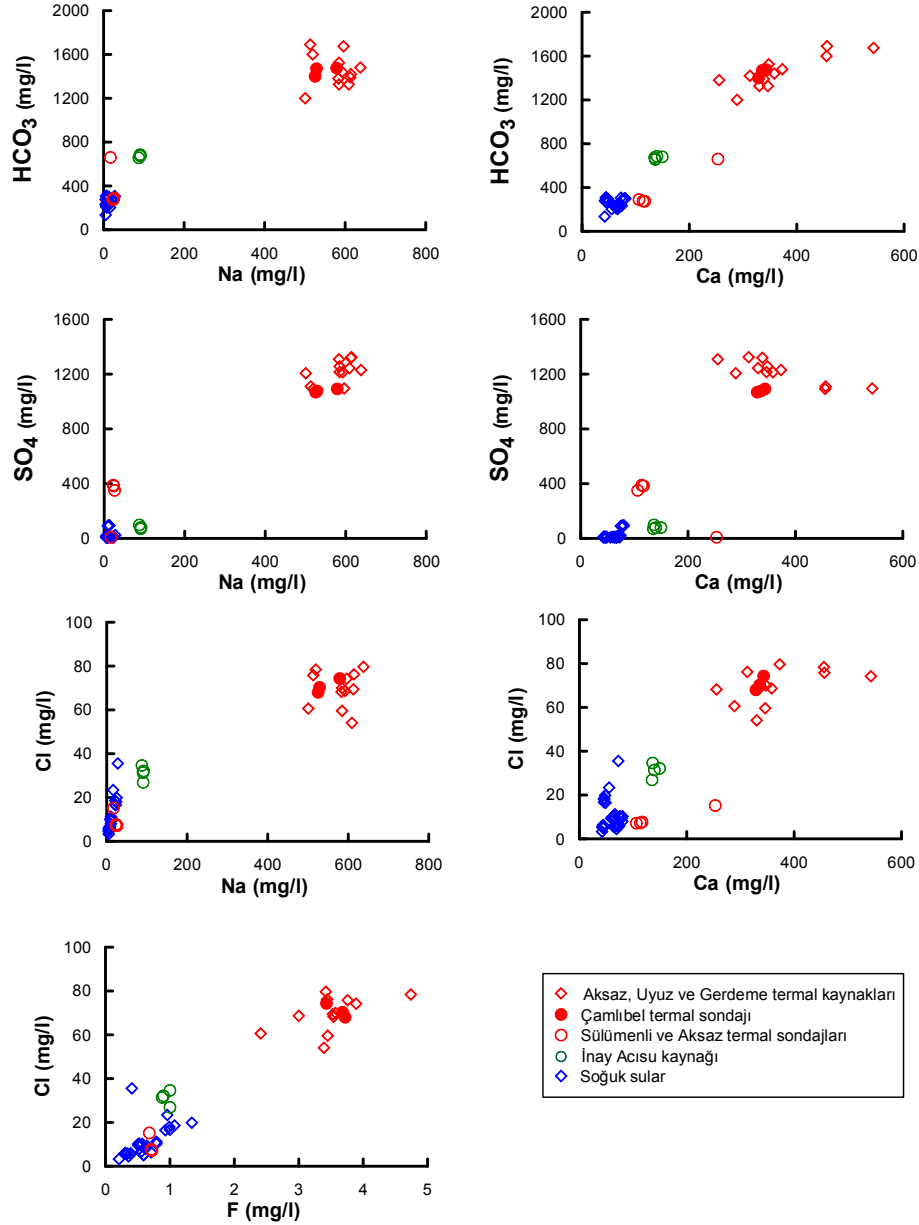
Yarı logaritmik diyagramda Aksaz, Uyuz, Gerdeme termal kaynakları ve Çamlıbel termal kuyu suyunun kimyasal kompozisyonunun hemen hemen aynı olduğu görülmektedir. Sadece Gerdeme termal kaynakları ve Çamlıbel suyunda sülfat değeri bikarbonattan bir miktar daha fazladır. Bu da su tipini etkiler. Aksaz ve Uyuz termal kaynakları Na-Ca-HCO₃-SO₄ tipinde iken Gerdeme ve Çamlıbel suları Na-Ca-SO₄-HCO₃ tipindedir. Sülümenli termal suyu Ca-Mg-SO₄-HCO₃ ve Aksaz termal sondajı Ca-HCO₃ tipindedir. Sülümenli ve Aksaz termal sularının sıcak-soğuk su karışımını temsil etmektedir. Aksaz termal suyunda soğuk su karışım oranı çok daha fazladır. Soğuk suların çoğunluğu Ca-Mg-HCO₃ ve Mg-Ca-HCO₃ tiplerine dağılım gösterir. Aksaz deresi suyunun kimyası mevsimsel olarak büyük değişim gösterir ve Aksaz termal kaynak alanında çok sayıda termal su çıkışı olması nedeniyle yaz aylarında tamamen Aksaz termal sularının kimyasal yapısını kazanır.

İnceleme alanındaki sulara iyon ve bazı element miktarlarının sıcaklıkla ilişkisi Şekil 3.27'de incelenmiştir. Bu diyagramlarda suların tamamında sıcaklıkla iyon derişimlerinin arttığı, pH değerlerinin ise azaldığı görülmektedir



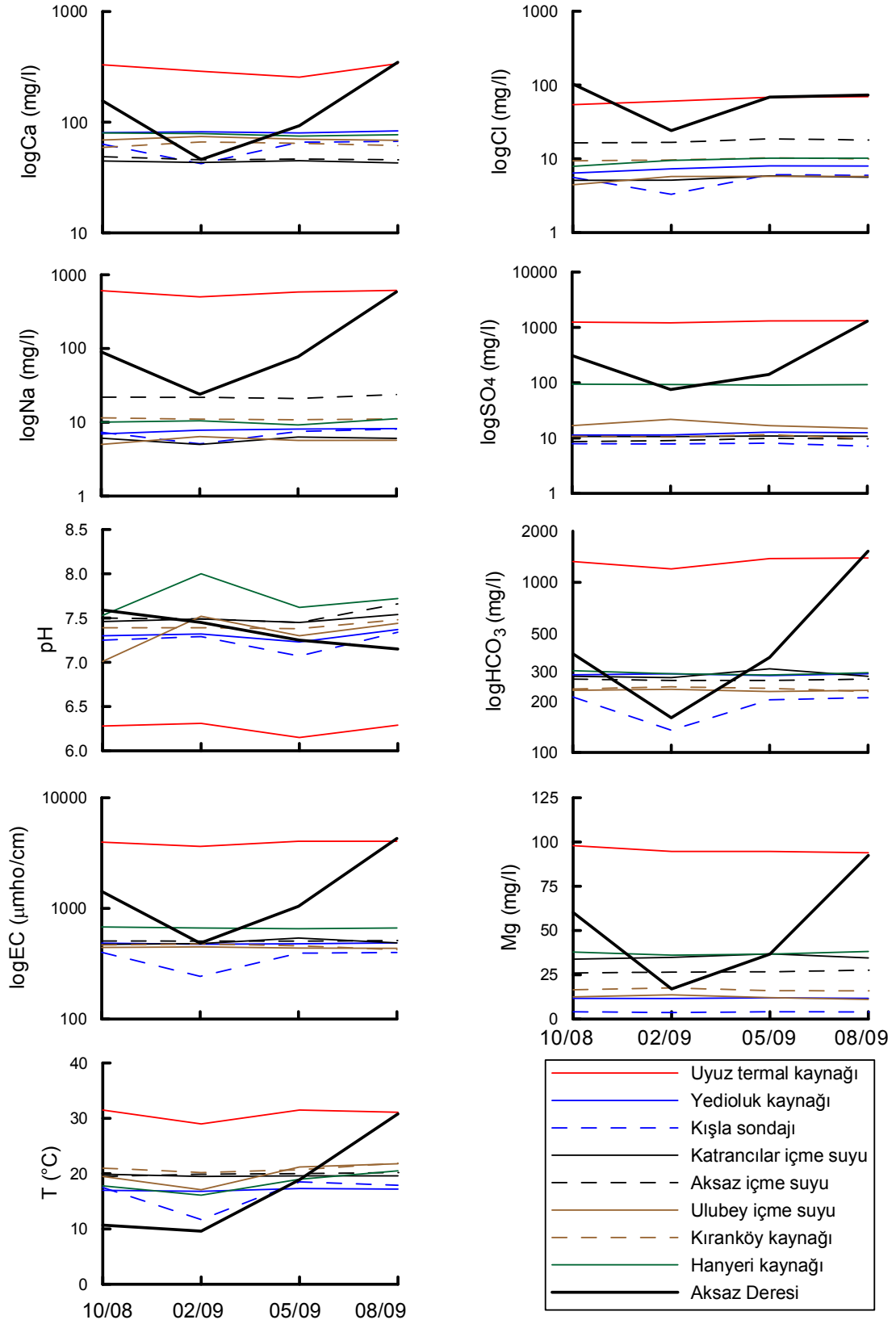
Şekil 3.27. Aksaz sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinin sıcaklıkla değişimi

Aksaz sahasında sodyum ve kalsiyumun diğer anyonlarla değişim grafiğine bakıldığında (Şekil 3.28) tüm sularda Na-Cl, Na-HCO₃, Na-SO₄, Ca-SO₄, Ca-HCO₃, Ca-Cl ve F-Cl arasında pozitif bir korelasyon olduğu görülmektedir.



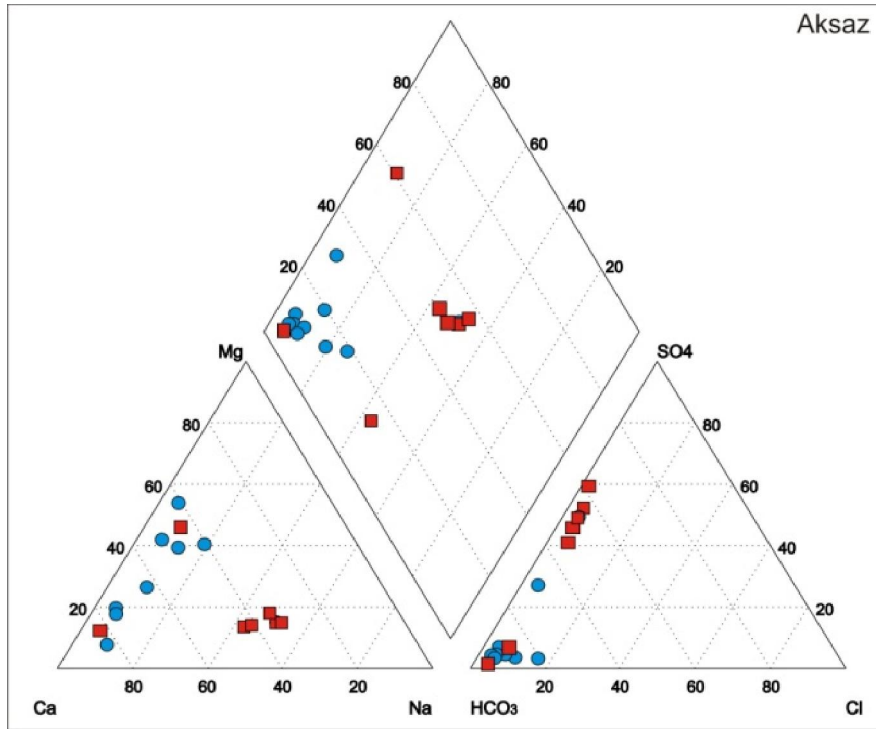
Şekil 3.28. Aksaz sahası sularındaki majör anyon-Na ve -C grafikleri ile Cl-F grafikleri.

Aksaz sahası sularının fizikokimyasal özelliklerinde Ekim-2008, Şubat-2009, Mayıs-2009 ve Ağustos-2009 dönemlerinde belirlenen zamansal değişimler Şekil 3.29'da, sayısal değerler Çizelge 3.11'de verilmiştir. İzleme periyodunda sıcak ve soğuk suların tüm fiziko-kimyasal özelliklerinin hemen hemen sabit olduğu görülmektedir. Sadece iki suda önemli değişimler vardır. Sonbahar ve kış dönemlerinde Aksaz Deresi suyunun sıcaklığı ve iyon derişimi hava sıcaklığı ve yağış etkisi nedeniyle önemli miktarda düşerken yaz döneminde tüm parametreler açısından Aksaz termal suyuna yaklaşmaktadır. Benzer etki sığ kuyularla ayrılmış andezitlerden su alan Kışla sularında görülür. Kış aylarında önemli miktarda yüzeysel su karışımının etkisinde kalan bu kuyu suları bu dönemde içmede kullanılmamaktadır.



Şekil 3.29. Aksaz sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde izlenen zamansal değişimler.

Aksaz sahası sıcak suları Piper diyagramında, genellikle karbonat sertliğinin %50'den fazla ve karbonat olmayan alkalinitenin fazla olduğu kesimlere dağılım gösterir (Şekil 3.30). Bu sahada Kışladağ eteklerinden itibaren Neojen kireçtaşlarından alınan suların kalitesi iyi iken termal kaynak ve sondaj alanına yaklaştıkça kalitenin bozulmaktadır. Aksaz Hamamı'na en yakın noktada bulunan Hanyeri Köyü içme suyunu termal kaynağın güneyindeki Neojen kireçtaşlarından almaktadır. Bu kaynak suyundaki B, Li ve Sr miktarları civardaki ve Kışladağ yöresindeki soğuk sulara oranla 5-15 kat daha fazladır. Yörede açılan (Sülümenli, Çamlıbel ve Aksaz köyleri) kuyulardan alınan, sıcaklığı ve kimyasal kompozisyonu Aksaz termal sularına benzer olan sular, yörede Ulubey formasyonu altında yer alan mermer ve şistlerde sıcak su dolaşımının olduğunu ve sıcak suyun yükselim sırasında değişik oranlarda soğuk yeraltıları ile karıştığını göstermektedir.



Şekil 3.30. Aksaz sahası sularının Piper diyagramındaki dağılımı (kırmızı kareler sıcak, mavi daireler soğuk suları göstermektedir).

Çizelge 3.11. Aksaz sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde zamansal değişimler (EC: µmho/cm, Eh: mV, iyon değerleri mg/l'dir).

Simge	Dönem	T°C	EC	pH	Eh	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₂	NO ₃	F	Na	K	Ca	Mg	Su Tipi
A-1	10/08	34,9	3860	6,38	41,3	1326	59,6	1214,4	0	0	3,45	584,7	88,3	346,2	86,9	Na-Ca-SO ₄ -HCO ₃
	05/09	37,0	4160	6,25	51,0	1440	68,7	1214,0	0	0	3,00	592,4	85,2	358,1	89,5	Na-Ca-SO ₄ -HCO ₃
	08/09	37,6	4330	6,34	53,8	1525	70,0	1256,0	0	0	3,57	584,7	80,3	347,8	92,4	Na-Ca-SO ₄ -HCO ₃
	08/10	37,6	4210	6,35	38,0	1480	79,6	1230,0	0	0	3,42	637,9	95,1	373,0	93,6	Na-Ca-SO ₄ -HCO ₃
A-2	10/08	31,5	3970	6,28	47,0	1326	54,1	1243,4	0	5,2	3,39	609,1	90,6	330,4	97,9	Na-Ca-SO ₄ -HCO ₃
	02/09	29,0	3630	6,31	44,5	1200	60,6	1206,8	0	0	2,41	500,6	74,2	288,7	94,7	Na-Ca-SO ₄ -HCO ₃
	05/09	31,5	4040	6,15	56,2	1380	68,2	1308,7	0	0	3,54	583,1	85,9	255,3	94,7	Na-Ca-SO ₄ -HCO ₃
	08/09	31,1	4050	6,29	55,4	1390	69,4	1319,3	0	0	3,53	612,6	82,3	338,5	93,9	Na-Ca-SO ₄ -HCO ₃
	08/10	32,3	3960	6,14	49,5	1420	76,2	1323,8	0	0	3,44	614,2	91,8	312,8	99,2	Na-Ca-SO ₄ -HCO ₃
A-3	08/10	34,0	3990	6,40	34,7	1600	78,4	1092,0	0	0	4,74	519,3	72,3	455,5	88,2	Na-Ca-HCO ₃ -SO ₄
A-4	08/09	34,5	4110	6,34	53,0	1690	75,8	1110,6	0	0	3,76	513	67,5	456,3	87,8	Na-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	08/10	32,7	4080	6,50	43,4	1675	74,2	1095,0	0	0	3,89	596	82,0	543,0	105,1	Na-Ca-HCO ₃ -SO ₄
A-5	05/09	33,6	3860	6,16	55,4	1400	68,0	1068,0	0	0	3,72	525,2	81,6	328,9	108,4	Na-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	34,1	3870	6,35	58,3	1470	70,3	1077,0	0	13,2	3,68	528,8	81,9	336,0	107,7	Na-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	08/10	33,6	3840	6,10	52,1	1475	74,3	1092,0	0	0	3,43	578,8	85,3	343,2	102,3	Na-Ca-HCO ₃ -SO ₄
A-6	05/09	28,3	1017	7,19	-5,0	276	7,2	389,1	0	0	0,72	22,62	20,5	113,6	66,0	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	08/09	28,7	969	7,30	-3,2	290	7,1	351,1	0	0	0,72	25,84	20,3	106,1	67,6	Mg-Ca-SO ₄ -HCO ₃
	08/10	28,8	1107	7,29	-17,1	274	7,7	382,9	0	0	0,71	23,62	20,5	116,8	69,6	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
A-7	05/09	24,5	1258	6,32	45,5	660	15,2	8,5	0	29,0	0,68	17	2,6	253,1	23,7	Ca-HCO ₃

Çizelge 3.11. Devam

Simge	Dönem	T°C	EC	pH	Eh	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₂	NO ₃	F	Na	K	Ca	Mg	Su Tipi
A-8	10/08	19,5	1326	6,00	63,0	673	26,9	70,8	0	126,6	1,00	90,7	24,6	135,3	43,8	Ca-Na-Mg-HCO ₃
	05/09	18,9	1347	6,01	63,7	685	31,4	79,1	0	111,3	0,88	90,35	24,4	139,6	46,9	Ca-Na-Mg-HCO ₃
	08/09	20,6	1342	6,02	70,3	680	32,1	79,0	0	117,3	0,90	91,7	24,4	149,5	56,4	Ca-Na-Mg-HCO ₃
	08/10	21,1	1308	5,86	63,7	656	34,6	98,8	0	108,9	1,00	87,37	25,2	136,5	44,6	Ca-Na-Mg-HCO ₃
A-9	10/08	17,0	484	7,30	-10,9	286	6,4	11,3	0	23,1	0,34	6,95	2,6	80,5	11,7	Ca-HCO ₃
	02/09	16,8	475	7,32	-12,1	290	7,3	11,4	0	21,9	0,33	7,8	2,9	82,0	11,6	Ca-HCO ₃
	05/09	17,3	479	7,23	-7,0	283	8,0	12,8	0	21,0	0,35	8,1	2,9	80,0	12,0	Ca-HCO ₃
	08/09	17,2	488	7,37	-6,9	290	8,0	12,4	0	21,8	0,33	8,2	2,4	83,4	11,7	Ca-HCO ₃
	08/10	19,0	478	7,21	-12,4	284	8,6	12,9	0	21,0	0,31	11,17	3,2	81,0	11,9	Ca-HCO ₃
A-10	10/08	17,5	401	7,25	-7,7	212	5,6	7,9	0	9,9	0,30	7,3	3,5	63,2	4,1	Ca-HCO ₃
	02/09	11,7	243	7,29	-10,4	135	3,3	7,8	0	0	0,21	5,1	3,3	42,1	3,6	Ca-HCO ₃
	05/09	18,5	394	7,07	2,2	204	6,1	8,1	0	8,4	0,31	7,5	4,2	65,9	4,1	Ca-HCO ₃
	08/09	17,9	399	7,34	-4,1	210	6,0	7,1	0	9,5	0,30	8,1	3,8	67,1	4,0	Ca-HCO ₃
	08/10	19,4	424	7,28	-15,9	232	6,7	8,1	0	7,2	0,56	8,06	4,2	72,2	4,7	Ca-HCO ₃
A-11	10/08	19,9	473	7,46	-19,5	280	5,1	10,7	0	2,2	0,59	6,09	2,5	44,6	33,8	Mg-Ca-HCO ₃
	02/09	19,5	480	7,49	-21,6	275	5,1	10,6	0	1,8	0,59	5	2,1	43,2	34,8	Mg-Ca-HCO ₃
	05/09	19,6	540	7,45	-20,1	310	5,9	10,9	0	1,8	0,39	6,3	2,7	44,8	36,8	Mg-Ca-HCO ₃
	08/09	19,6	488	7,54	-16,4	280	5,6	10,8	0	2,9	0,39	6,04	2,4	42,8	34,5	Mg-Ca-HCO ₃
	08/10	21,2	526	7,57	-32,3	305	6,3	11,6	0	2,3	0,71	6,23	2,6	44,3	35,0	Mg-Ca-HCO ₃
A-12	08/10	20,0	489	7,60	-34,4	202	23,4	6,9	0	82,6	0,96	16,17	1,6	55,3	27,5	Ca-Mg-HCO ₃

Çizelge 3.11. Devam

Simge	Dönem	T°C	EC	pH	Eh	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₂	NO ₃	F	Na	K	Ca	Mg	Su Tipi
A-13	10/08	19,5	508	7,50	-22,5	270	16,5	8,6	0	25,7	0,93	21,86	1,7	48,8	26,0	Ca-Mg-HCO ₃
	02/09	19,9	506	7,49	-21,4	265	16,7	9,0	0	22,5	1,00	21,8	1,7	45,7	26,5	Ca-Mg-HCO ₃
	05/09	20,0	505	7,45	-19,8	265	18,6	9,9	0	23,4	1,07	21	1,8	46,4	26,7	Ca-Mg-HCO ₃
	08/09	20,2	512	7,66	-23,4	270	17,9	9,7	0	25,0	0,99	23,8	1,8	45,7	27,6	Mg-Ca-HCO ₃
	08/10	20,5	550	7,52	-29,7	296	19,9	10,6	0	25,9	1,34	24,74	2,0	48,0	29,5	Mg-Ca-HCO ₃
A-14	10/08	19,5	443	7,01	5,5	232	4,4	16,7	0	19,5	0,36	5	0,8	68,9	12,5	Ca-Mg-HCO ₃
	02/09	17,1	449	7,52	-23,2	235	5,7	21,8	0	15,4	0,31	6,4	1,0	74,2	13,7	Ca-Mg-HCO ₃
	05/09	21,2	438	7,30	-11,4	228	5,8	16,8	0	16,7	0,39	5,67	1,0	70,3	12,1	Ca-Mg-HCO ₃
	08/09	21,8	436	7,44	-11,3	232	5,7	15,0	0	17,8	0,34	5,7	0,8	68,5	11,1	Ca-Mg-HCO ₃
	08/10	21,5	591	7,46	-26,5	307	35,6	24,3	0	26,5	0,41	27,65	2,6	72,5	20,0	Ca-Mg-HCO ₃
A-15	10/08	21,0	467	7,39	-16,5	236	9,4	10,8	0	30,3	0,64	11,48	3,5	59,2	16,5	Ca-Mg-HCO ₃
	02/09	20,2	477	7,39	-15,8	243	9,6	10,4	0	24,8	0,55	11	3,4	66,3	17,6	Ca-Mg-HCO ₃
	05/09	20,7	459	7,38	-15,8	238	10,3	11,5	0	24,0	0,52	10,83	4,0	64,4	16,0	Ca-Mg-HCO ₃
	08/09	21,9	424	7,48	-13,2	228	9,9	9,7	0	25,1	0,51	11,1	4,0	61,4	15,9	Ca-Mg-HCO ₃
	08/10	22,2	454	7,41	-23,5	236	11,2	10,3	0	26,0	0,79	10,74	4,0	66,2	16,5	Ca-Mg-HCO ₃
A-16	10/08	17,8	679	7,53	-23,9	302	7,92	94,1	0	16,0	0,62	10,04	2,6	80	37,8	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	02/09	16,1	665	8,00	-49,9	290	9,48	92,7	0	14,8	0,51	10,46	2,6	78,9	36,1	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	19,0	654	7,62	-29,4	285	10,2	90,6	0	12,6	0,57	9,2	2,5	74,8	36,7	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	20,5	666	7,72	-26,7	294	10,2	92,5	0	15,3	0,51	11,16	2,7	76,9	38,2	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	08/10	22,1	684	7,56	-31,8	299	10,3	95,4	0	14,5	0,79	13,26	2,9	80,47	39,3	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
A-17	10/08	10,7	1426	7,59	-27,0	380	103,4	309,9	0	0	1,10	90	19,8	156,1	60,2	Ca-Mg-Na-SO ₄ -HCO ₃
	02/09	9,6	485	7,45	-19,0	160	24,1	75,43	0	0	0,38	23,98	6,7	46,02	17,0	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	18,9	1043	7,25	-6,6	362	68,44	141,1	0	14,8	0,88	77,31	17,1	92,75	36,7	Ca-Na-MgHCO ₃ -SO ₄
	08/09	30,8	4290	7,15	5,0	1525	73,1	1290,6	0	0	3,47	584,7	80,3	347,8	92,4	Na-Ca-SO ₄ -HCO ₃

Çizelge 3.12. Aksaz sahası sularında bazı iz element (ppb) ve SiO₂ (ppm) değerleri

Simge	Suyun Adı	Dönem	As	B	Ba	Br	Cs	Cu	Fe	Ge	Li	Mn	Mo	Ni	Rb	Sb	Sr	U	Zn	SiO ₂
A-1	Aksaz Hamam	08/10	571	5550	56	247	109,7	6,0		9,8	983	24,5	2,0	8,0	427,4	-	8205	7,0	17,0	65,0
A-2	Uyuz Hamamı	08/10	309	6484	38	373	116,0	9,0		10,0	1154	71,8	3,0	7,0	462,7	-	9839	155,8	22,0	82,9
A-3	Gerdeme-1	08/10				0											8548			57,4
A-4	Gerdeme Çanak	08/10	204	6203	40	255	104	5,0		10,9	937	108,1	2,0	6,0	401,1	-	8070	1,6	22,0	72,4
A-5	Çamlıbel termal	08/10	132	5043	33	234	93,5	5,0		7,8	844	46,4	1,0	6,0	375,0	-	7733	2,3	13,0	57,0
A-6	Sülümenli termal	08/10	117	610	31	22	0,1	1,7		0,2	286	15,7	3,6	-	9,7	-	2731	0,3	2,0	106,1
A-7	Aksaz Acısu	05/09		0	818	0			30		17	0		0			2691			37,7
A-8	İnay Acısu	08/10	23	470	143	91	12,7	1,0		0,2	133	60,6	0,6	3,2	52,5	0,05	971	8,8	1,5	92,4
A-9	İnay Yedioluk	08/10	11	76	182	39	3,7	0,4		0,7	14	0,9	0,3	-	9,8	-	375	1,6	1,1	46,9
A-10	Sazak Kışla	08/10	30	63	239	38	8,5	0,6		0,6	12	0,7	0,7	-	23,3	0,27	288	2,3	0,8	72,2
A-11	Katrancılar	08/10	19	55	94	26	7,7	0,4		1,9	23	6,6	0,4	-	18,5	-	977	4,3	2,1	78,6
A-12	Sülümenli içme	08/10	14	48	482	100	2,0	0,3		0,3	12	2,3	0,4	-	4,1	0,22	729	2,2	-	25,7
A-13	Aksaz içme suyu	08/10	30	87	436	127	1,9	0,5	97	0,6	20	0,9	0,8	0,3	4,9	0,15	998	4,1	1,3	35,6
A-14	Ulubey içme	08/10	6	105	292	48	2,5	3,1		0,4	15	1,8	0,5	0,4	6,1	0,17	677	1,5	6,4	31,5
A-15	Kıranköy	08/10	16	66	318	51	3,3	0,4		0,3	12	0,2	0,8	-	8,2	0,10	597	2,0	0,6	42,8
A-16	Hanyeri	08/10	6	473	144	56	2,2	1,0		0,3	299	0,6	0,6	-	5,8	-	2356	3,8	2,5	62,6
A-17	Aksaz Deresi	08/10		8015	29	0			74		1160	60		9,0			9389		5,0	60,4

3.5. Hasköy Jeotermal Sahası

Hasköy sahasındaki termal sulara Ulubey ilçesinden Karahallı ilçesi yönüne gidilerek ulaşılabilir. Saha, Uşak il merkezinin güneyinde yer alır ve merkeze mesafesi 40 km'dir (EK-3.1).

3.5.1. Örnekleme Noktaları

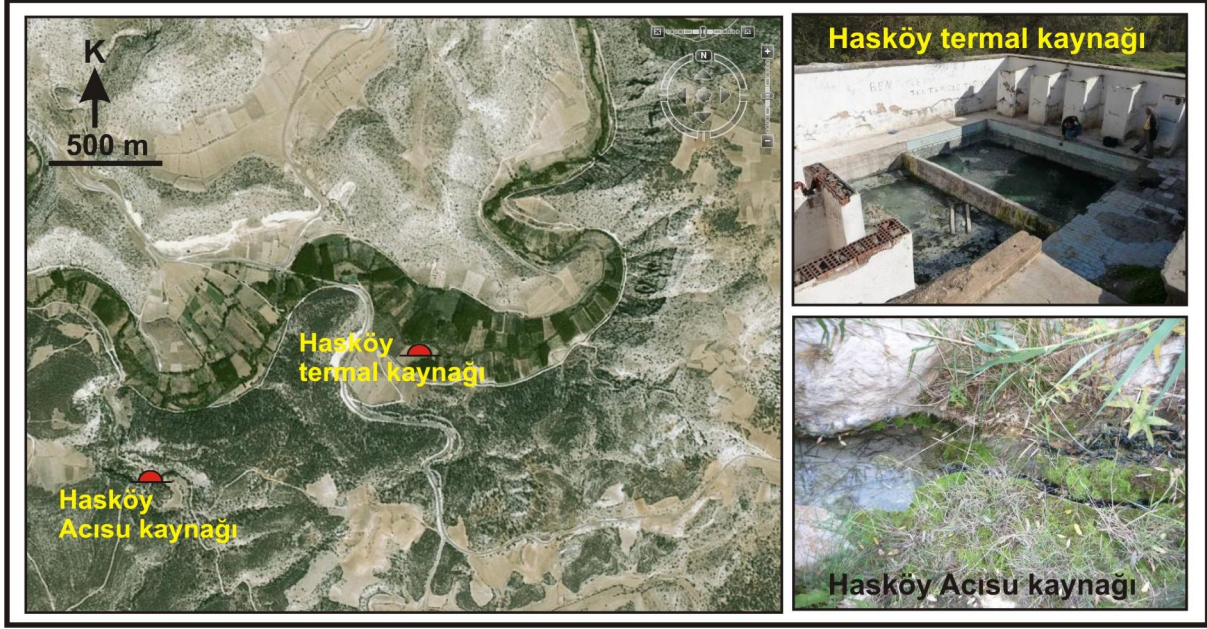
Hasköy jeotermal sahasında 2 termal kaynak, 1 keson kuyu, 2 soğuk su kuyusu ve 4 soğuk kaynak suyu örnekleme noktası olarak seçilmiştir. Bu noktaların koordinatları ve belirlenebilen bazı kuyu derinlikleri Çizelge 3.13'de, lokasyonlar EK 3.1 ve Şekil 3.31'de verilmiştir.

Bu sahada iki termal kaynak vardır. Bunlardan ilki Hasköy termal kaynağıdır. Kaynak, Ulubey-Karahallı yolunun yaklaşık 9. km'sinde, Banaz Çayı'nın sol sahilinde, çayın kenarında yer alır. Birçok gözden kaynayan suyun sıcaklığı 33.1°C'dir. Kaynağın yakınındaki tesis ve kaynak gözünü içine alarak inşa edilen havuz terk edilmiş durumdadır (Şekil 3.31). Diğer kaynak Hasköy Acısu kaynağıdır. Hasköy termal kaynağına yakın olan bu kaynak birçok gözden sızıntı şeklinde çıkmaktadır. Sıcaklığı 25.7°C'dir (Şekil 3.31).

Bu sahada seçilen örnekleme noktalarından biri Avgan içme suyu kaynağıdır. Neojen yaşlı Ulubey formasyonunun kireçtaşlarından bir hat boyunca birçok gözden boşalan kaynağın suyu Avgan Köyü'ne içme suyu sağlamaktadır (Şekil 3.32). Fazla su Banaz Çayı'na verilmektedir. Hasköy termal kaynağının kuşucuşu 10 km kuzeydoğusunda Hasköy içme suyu kaynağı da örnekleme yapılan kaynaklardan biridir. Kaynak Banaz Çayı sol sahilinde Paleozoyik yaşlı karstik mermerlerden gelmektedir. İhtiyaç dışındaki fazla su yine Banaz Çayı'na verilmektedir. Bu kaynak gözünün üst kotlarında işletilen mermer sahaları bulunmaktadır. Bu kaynağın 2 km kadar batısında yine metamorfik birimlerden boşalan Karahallı içme suyu kaynağı bulunmaktadır. Hasköy içme suyu kaynağının kuşucuşu 7 km kadar kuzeydoğusunda Banaz Çayı'nın bir kolu olan Cemal Deresi içinde dere boyunca Neojen kireçtaşlarından boşalan birçok kaynak bulunmaktadır. Ulaşımı zor olan bu kaynaklardan bir tanesi de Cemalderesi Kaynağı olarak adlandırılmış ve jeolojik harita alanı dışında kalmasına karşın örnekleme programına dahil edilmiştir (Şekil 3.33).

Çizelge 3.13. Hasköy sahasında örneklenen sulara ilişkin bazı bilgiler.

No	Simge	Suyun Adı	Türü	K.D.(m)	Koordinat		
					X	Y	Z(m)
1	HS-1	Hasköy Termal Kaynağı	Termal Kaynak	-	03910	48960	544
2	HS-2	Hasköy Acısu	Termal Kaynak	-	02532	48676	554
3	HS-3	Avgan İçme Suyu	Kaynak	-	02126	49873	567
4	HS-4	Hasköy İçme Suyu	Kaynak	-	15665	53916	657
5	HS-5	Karahallı İçme Suyu	Kaynak	-	17338	53927	677
6	HS-6	Cemal Deresi	Kaynak	-	22328	57403	710
7	HS-7	Karayakuplu İçme Suyu	Sondaj	230	17429	56471	824
8	HS-8	İshaklar İçme Suyu	Sondaj	-	09900	46800	807



Şekil 3.31. Emirfaki jeotermal sahasındaki termal suların lokasyonları ve görünüşleri.



Şekil 3.32. Avgan Kaynağı



Şekil 3.33. Cemalderesi Kaynağı'ndan bir görünüm

3.5.2. Hidrojeokimya

Hasköy jeotermal sahasında örneklenen 8 adet su noktasına ait dönemsel majör kimyasal analiz ve tek dönem için yapılan iz element analiz değerleri Çizelge 3.14 ve 3.15'de verilmiştir.

3.5.2.1. Suların fiziksel özellikleri

Sıcaklık (T): Ekim/2008-Ağustos-2010 arasında yapılan dönemsel ölçümlerde Hasköy termal kaynağının sıcaklığının 27.1 ile 35.4°C arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 3.14). Hasköy Acısu termal kaynağının sıcaklığı ise 25.6-26.7°C arasında ölçülmüştür. İnceleme alanındaki soğuk suların sıcaklıkları Avgan kaynağı, İshaklar içme suyu ve Cemalderesi

kaynaklarında 17.5°C, Hasköy, Karahallı ve Karayakuplu içme sularında 19°C olarak belirlenmiştir.

pH: Hasköy ve Hasköy Acısu termal kaynaklarının pH değerleri 6.05-6.62 arasında değişmektedir. Avgan içme suyu ve Cemalderesi kaynaklarının pH'ı nötr yakındır. Diğer soğuk suların pH değerleri yaklaşık olarak 7.2 ile 7.6 arasındadır.

Elektriksel iletkenlik (EC): Hasköy termal kaynağının EC değeri 2660-2870 µmho/cm arasındadır. Acısu termal kaynağında bu değer 2500 µmho/cm'ye düşer. EC değerleri Avgan içme suyunda 623-678 µmho/cm, Hasköy içme suyunda 489-495 µmho/cm, Karahallı içme suyunda 630-642 µmho/cm, Cemalderesi kaynağında 661-676 µmho/cm, Karayakuplu kuyusunda 439-568 µmho/cm ve İshaklar içme suyunda 463-523 µmho/cm olarak ölçülmüştür.

3.5.2.2. Suların kimyasal özellikleri

Hasköy sahasındaki majör iyonların miktarları aşağıda özetlenmiştir.

Sodyum (Na): Hasköy ve Acısu termal kaynaklarının Na değerleri sırasıyla 190 mg/l ve 185 mg/l civarındadır. Soğuk sulara bu değer hayli düşük olup 8 mg/l ile 21.5 mg/l arasında değerler alır.

Potasyum (K): Hasköy termal sularında K değerleri 26-30 mg/l, soğuk sulara ise 0.8-2.1 mg/l aralığındadır.

Kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg): Hasköy termal sularında Ca miktarları 260-350 mg/l ve Mg değerleri 80-95 mg/l mertebesinde iken soğuk sulara Ca miktarları 60-95 mg/l, Mg miktarları ise 10-30 mg/l arasında değişmektedir.

Bikarbonat (HCO₃): Hasköy termal sularında 1100-1300mg/l, soğuk sulara ise 250-350 mg/l arasında değişen değerlerde HCO₃ bulunmaktadır.

Klorür (Cl): Klorür değerleri Hasköy termal sularında 30-40 mg/l, soğuk sulara ise 5-10 mg/l aralığındadır.

Sülfat (SO₄): Sülfat miktarları Hasköy termal sularında 430-540 mg/l, Avgan içme suyunda 45 mg/l, Hasköy içme suyunda 25 mg/l, Karahallı içme suyunda 50 mg/l, Cemalderesi kaynağında 72 mg/l, Karayakuplu kuyusunda 7.5 mg/l ve İshaklar içme suyunda 11 mg/l civarındadır.

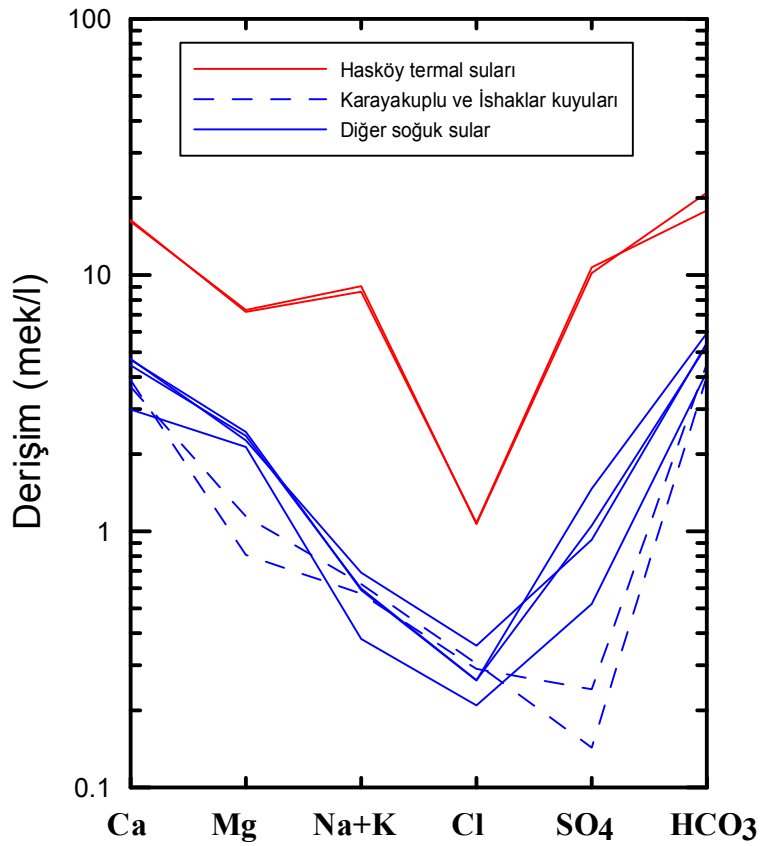
Nitrit (NO₂) ve Nitrat (NO₃): Hasköy sahası sularında nitrit yoktur. Nitrat miktarları termal sulara 0.5-7.7 mg/l, soğuk sulara ise 4.4-28.6 mg/l arasında değişmektedir. Nitratın kaynağı olarak yoğun tarımsal faaliyet öngörülmektedir.

Fluorür (F): Hasköy termal sularında fluorür değerleri 1.27-1.58 mg/l iken, bu değer soğuk sulara 0.28-0.68 mg/l aralığındadır.

3.5.2.3. Suların kökeni ve değerlendirme

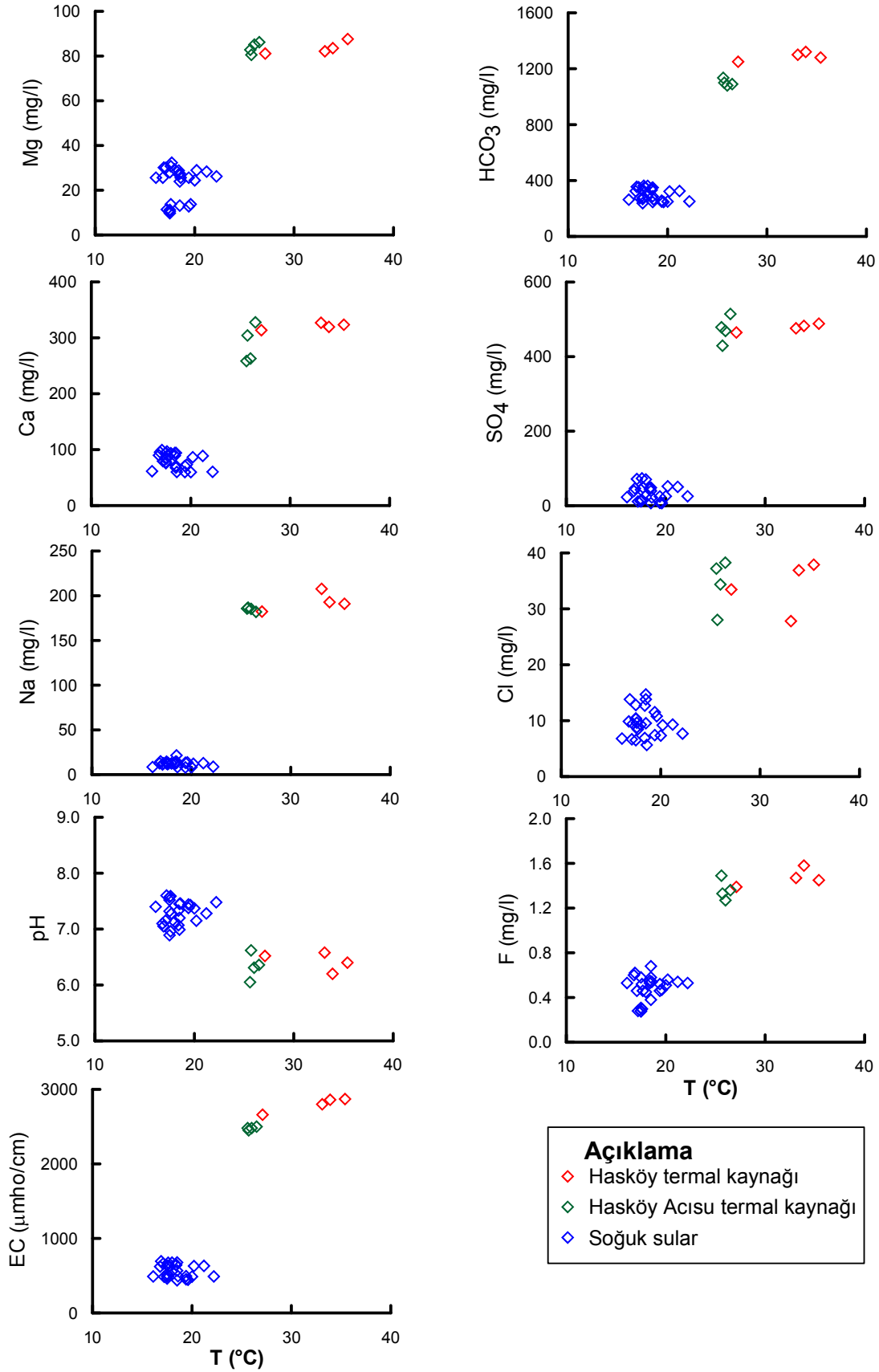
Hasköy sahasının sıcak ve soğuk sularında kökensel benzerlik ve farklılıkların gösterilmesi amacıyla majör iyon değerleri kullanılarak yarı logaritmik diyagram hazırlanmıştır (Şekil 3.34).

Yarı logaritmik diyagramda Hasköy ve Acısu termal kaynaklarının kimyasal kompozisyonunun aynı olduğu görülmektedir. Bu durum termal suların aynı rezervuardan geldiklerini göstermektedir. Termal sularda egemen iyonlar Ca ve HCO₃ ve su tipi Ca-Na-Mg-HCO₃-SO₄ şeklindedir. Avgan, Hasköy, Karahallı içme suları ve Cemalderesi kaynağı, egemen iyonlar Ca ve HCO₃ olmak üzere diyagramda birbirine yakın paralel doğrular şeklinde yer almaktadır. Su tipleri aynı olup Ca-Mg-HCO₃ şeklindedir. Bu da inceleme alanının bu bölümünde Ulubey formasyonunun kireçtaşları ile mermerlerden gelen suların benzer kimyasal bileşime sahip olduğunu göstermektedir. Karayakuplu ve İshaklar kuyuları da Ulubey formasyonundan su almakta olup diğer soğuk sulara oranla daha düşük Mg ve SO₄ değerlerine sahiptirler. Karayakuplu suyu Ca-Mg-HCO₃ ve İshaklar suyu Ca-HCO₃ tipindedir (Çizelge 3.14).



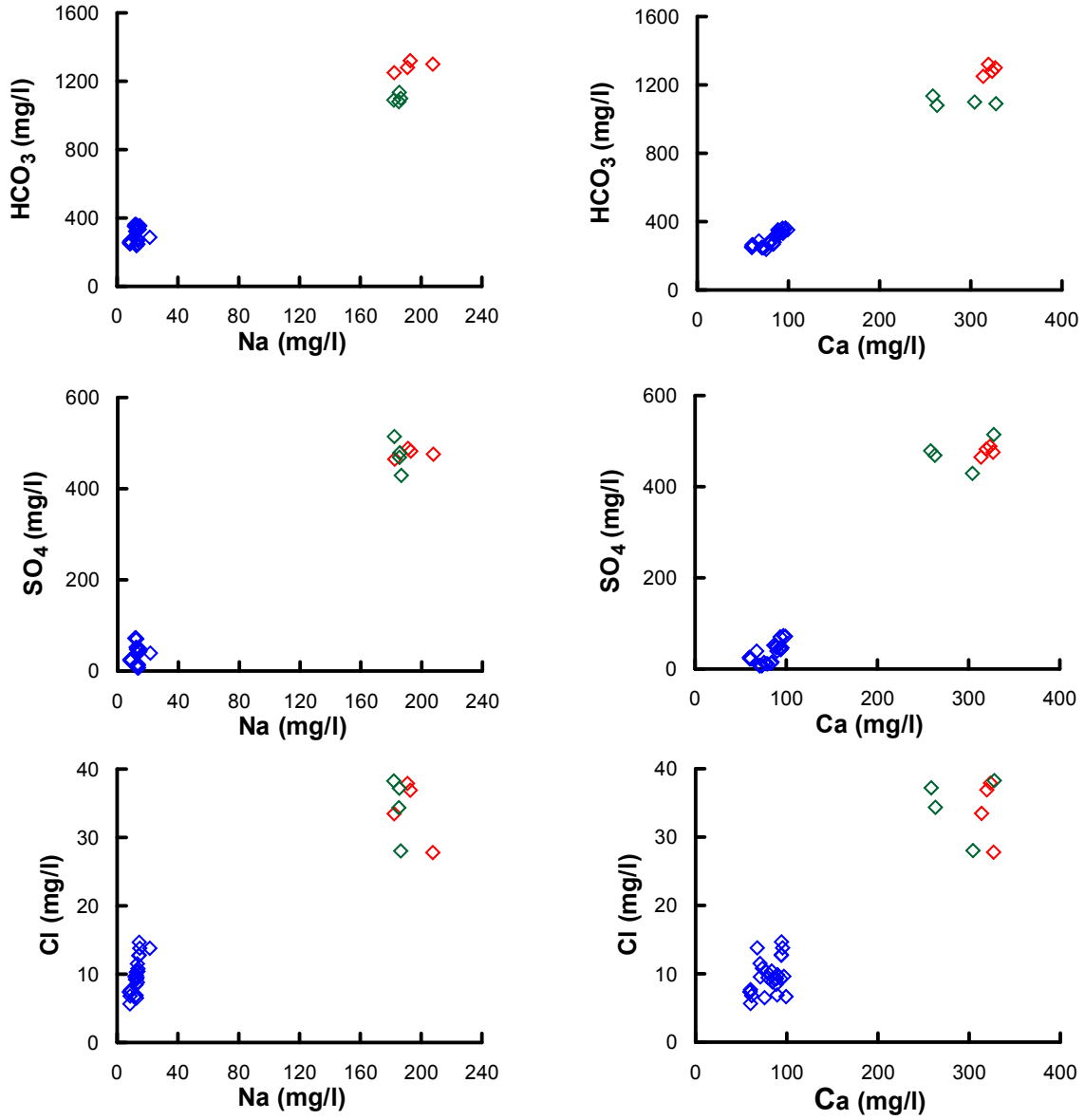
Şekil 3.34. Hasköy jeotermal sahası sularının yarı logaritmik diyagramı

İnceleme alanındaki sularda iyon ve bazı element miktarlarının sıcaklıkla ilişkisi Şekil 3.35'de incelenmiştir. Buna göre sıcaklıkla tüm suların EC, Na, Ca, Mg, HCO₃, SO₄, Cl ve F miktarlarının arttığı ve pH değerlerinin ise azaldığı görülmektedir.



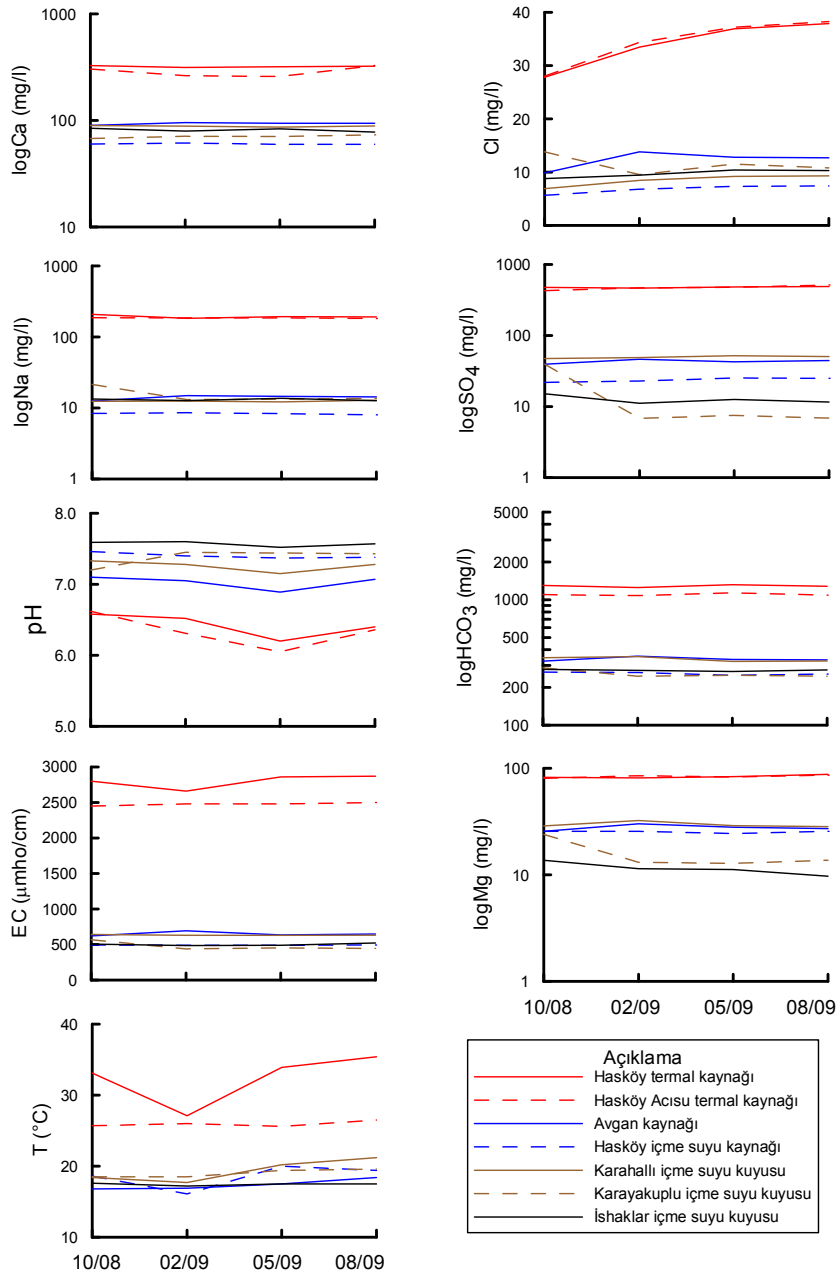
Şekil 3.35. Hasköy sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinin sıcaklıkla değişimi

Sodyum ve kalsiyumun diğer anyonlarla değişim grafiğine bakıldığında (Şekil 3.36) tüm sulara Na-Cl, Na-HCO₃, Na-SO₄, Ca-SO₄, Ca-HCO₃ ve Ca-Cl arasında pozitif bir korelasyon olduğu görülmektedir.



Şekil 3.36. Hasköy sahası sularındaki majör anyon-Na ve –C grafikleri.

Hasköy sahası sularının fizikokimyasal özelliklerinde Ekim-2008, Şubat-2009, Mayıs-2009 ve Ağustos-2009 dönemlerinde belirlenen zamansal değişimler Şekil 3.37’de, sayısal değerler Çizelge 3.14’de verilmiştir. İzleme periyodunda, en yüksek sıcaklık değişimi Hasköy termal kaynağında görülmektedir. Kaynağın sıcaklığı Ekim-2008’de 33.1°C iken bu değer Şubat-2009’da 27.1°C’ye düşmüş, Mayıs-2009’da ise tekrar 33.9°C’ye yükselmiştir. Sıcaklıkta görülen bu farklılıkların nedeni Banaz Çayı’nın akım rejimi ile ilişkilidir. Banaz Çayı’nda su seviyesi kış döneminde Hasköy termal kaynağı çıkış kotunu aşarak termal kaynağı su altında bırakmakta, sol ve sağ sahillerdeki tarlalarda da taşkına neden olmaktadır. Bu dönemde, karışım nedeniyle termal su sıcaklığında düşmeler olmaktadır. Acısu termal kaynağı akarsu yatağından uzaktır. Bu nedenle kaynak sıcaklığında yaz ve kış dönemleri arasındaki fark en fazla 1.1°C’dir. Karahallı, Karayakuplu ve Avgan soğuk sularında Kış dönemi sıcaklıklar bir miktar azalmakta, yaz dönemi tekrar yükselmektedir. Diğer soğuk suların sıcaklıklarında önemli bir değişim yoktur.

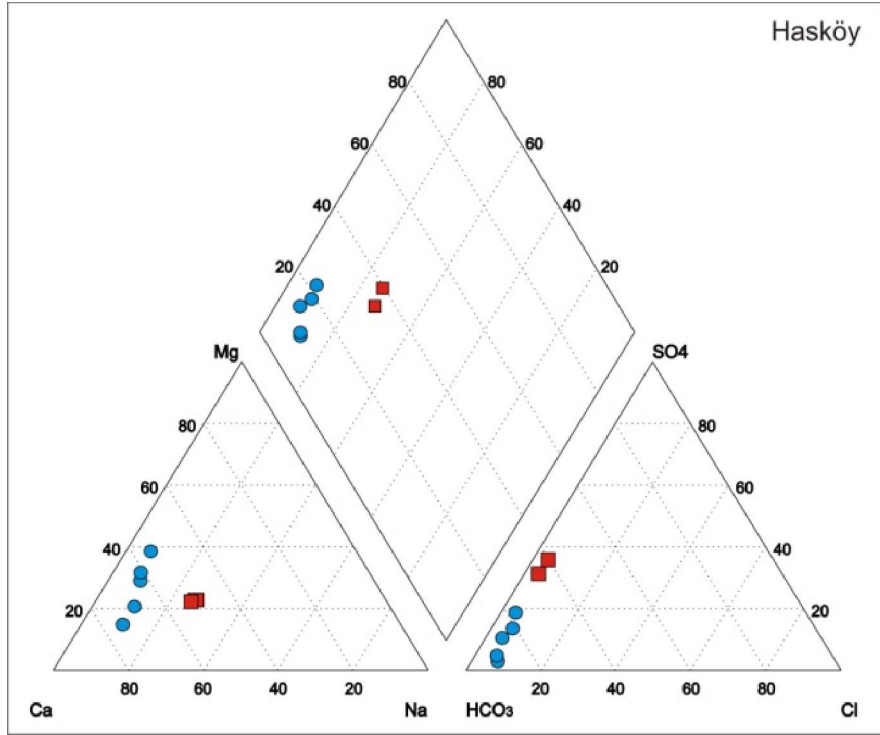


Şekil 3.37. Hasköy sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde izlenen zamansal değişimler.

Hasköy termal kaynağının EC değerlerinde sıcaklığa benzer olarak kış döneminde az miktarda bir düşme görülmektedir. Karayakuplu içme suyu hariç diğer suların EC değerlerinde önemli bir zamansal değişim gözlenmemiştir. pH değerleri Karayakuplu ve Hasköy içme suları için hemen hemen sabitken diğer suların tamamında kış ve bahar aylarında bir düşme görülmektedir. Maksimum değişim 0.57 pH standart birimi kadardır. Termal suların klorür değerleri Ekim-2008'den itibaren Mayıs-2009'a kadar 9 mg/l kadar artmış (28 mg/l'den 37 mg/l'ye), daha sonra sabit kalmıştır. Karayakuplu içme suyu kuyusu dışında diğer suların iyon değerlerinde önemli mevsimsel değişimler gözlenmemiştir. Karayakuplu suyunun kimyasal kompozisyonu Ekim-2008 dışındaki dönemlerde hemen hemen sabittir. Ekim-2008 döneminde bu suyun EC değeri 568 µmho/cm'dir. Bu değer son üç örnekleme döneminde ölçülen değer olan 450 µmho/cm'den oldukça farklıdır.

Karayakuplu suyu için EC dışında diğer iyonlarda da artış mevcuttur. Bu durumun Karayakuplu kuyusundan aşırı çekim yapılmasına bağlı olarak geliştiği düşünülmektedir.

Hasköy sahası sıcak suları Piper diyagramında, karbonat sertliğinin %50'den fazla olduğu kesimde yer alır (Şekil 3.38). Bu sahada mermerlerden ve Ulubey formasyonundan boşalan soğuk suların kimyası benzerdir. Ancak termal kaynaklara yakın olan Avgan kaynağında bor miktarı yüksektir.



Şekil 3.38. Hasköy sahası sularının Piper diyagramındaki dağılımı (kırmızı kareler sıcak, mavi daireler soğuk suları göstermektedir).

Çizelge 3.14. Hasköy sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde zamansal değişimler (EC: µmho/cm, Eh: mV, iyon değerleri mg/l'dir).

Simge	Dönem	T°C	EC	pH	Eh	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₂	NO ₃	F	Na	K	Ca	Mg	Su Tipi
H-1	10/08	33,1	2800	6,58	33,0	1300	27,8	475,8		0,5	1,47	207,7	30,1	326,9	82,1	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	02/09	27,1	2660	6,52	32,8	1250	33,5	464,7			1,39	182,3	26,8	313,7	81,1	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	33,9	2860	6,20	53,9	1320	36,9	482,5			1,58	192,9	27,4	319,5	83,5	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	35,4	2870	6,40	49,7	1280	37,9	488,5		6,7	1,45	191,0	28,9	323,4	87,6	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	08/10	34,6	2850	6,42	33,5	1325	40,6	477,0			1,45	206,9	30,6	350,0	94,6	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -SO ₄
H-2	10/08	25,7	2450	6,62	30,3	1100	28,0	429,2		5,0	1,33	186,6	27,8	304,2	80,5	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	02/09	26,0	2480	6,31	45,0	1080	34,4	468,9			1,27	185,4	25,9	263,0	85,1	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	25,6	2480	6,05	60,5	1135	37,2	478,7			1,49	185,7	25,5	258,4	82,8	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	26,5	2500	6,36	51,2	1090	38,3	514,5		7,7	1,36	182,0	27,1	327,6	86,2	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	08/10	26,7	2500	6,15	48,3	1190	40,6	541,5			1,51	179,8	29,6	326,8	85,1	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -SO ₄
H-3	10/08	16,8	623	7,10	2,3	324	9,9	39,4		15,4	0,60	12,6	2,3	89,9	25,6	Ca-Mg-HCO ₃
	02/09	16,9	694	7,05	3,1	355	13,8	46,3		14,4	0,62	14,9	2,9	95,4	30,1	Ca-Mg-HCO ₃
	05/09	17,5	636	6,89	12,3	334	12,8	42,6		14,7	0,58	14,6	2,8	94,1	28,0	Ca-Mg-HCO ₃
	08/09	18,4	648	7,07	9,4	332	12,7	44,4		15,1	0,53	14,3	2,6	94,1	27,1	Ca-Mg-HCO ₃
	08/10	18,5	678	6,99	0,0	350	14,7	48,4		13,8	0,58	14,5	2,7	94,1	27,5	Ca-Mg-HCO ₃
H-4	10/08	18,6	494	7,46	-18,6	265	5,7	21,9		13,1	0,54	8,4	1,3	60,1	25,6	Ca-Mg-HCO ₃
	02/09	16,1	490	7,40	-16,3	263	6,8	22,9		11,8	0,53	8,6	1,5	61,4	25,6	Ca-Mg-HCO ₃
	05/09	20,0	489	7,37	-15,0	250	7,3	25,2		12,0	0,51	8,3	1,4	59,7	24,4	Ca-Mg-HCO ₃
	08/09	19,4	495	7,38	-7,6	256	7,4	24,9		13,0	0,52	8,0	1,2	59,8	25,6	Ca-Mg-HCO ₃
	08/10	22,2	491	7,48	-27,5	251	7,7	25,2		13,4	0,53	8,9	1,9	60,3	26,2	Ca-Mg-HCO ₃

Çizelge 3.14. Devam

Simge	Dönem	T°C	EC	pH	Eh	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₂	NO ₃	F	Na	K	Ca	Mg	Su Tipi
H-5	10/08	18,4	642	7,33	-12,7	345	6,9	47,4		6,8	0,55	12,4	1,8	89,4	28,8	Ca-Mg-HCO ₃
	02/09	17,7	630	7,28	-9,9	352	8,5	48,9		6,5	0,46	12,5	1,5	88,4	32,3	Ca-Mg-HCO ₃
	05/09	20,2	630	7,15	-2,1	322	9,2	52,0		6,6	0,56	12,2	1,6	86,5	28,9	Ca-Mg-HCO ₃
	08/09	21,2	632	7,28	-2,1	325	9,3	50,5		8,6	0,54	12,9	1,5	88,8	28,3	Ca-Mg-HCO ₃
H-6	10/08	17,1	661	7,15	-2,6	352	6,7	71,5		5,0	0,46	11,3	2,1	99,2	30,0	Ca-Mg-HCO ₃
	05/09	17,6	675	6,96	8,1	363	9,6	73,1		4,4	0,52	11,7	1,9	96,9	30,7	Ca-Mg-HCO ₃
	08/09	18,0	676	7,13	6,4	362	9,3	70,4		6,4	0,45	12,6	1,6	93,5	29,3	Ca-Mg-HCO ₃
H-7	10/08	18,5	568	7,20	-7,9	287	13,8	39,4		24,6	0,68	21,5	1,5	67,6	23,9	Ca-Mg-HCO ₃
	02/09	18,5	439	7,45	-18,9	246	9,5	6,8		24,2	0,38	13,1	1,0	71,0	13,1	Ca-Mg-HCO ₃
	05/09	19,4	452	7,44	-19,0	250	11,5	7,5		24,4	0,46	13,3	1,2	70,7	12,8	Ca-Mg-HCO ₃
	08/09	19,6	446	7,43	-10,2	246	10,8	6,9		25,4	0,47	13,7	1,1	73,3	13,7	Ca-Mg-HCO ₃
H-8	10/08	17,6	507	7,59	-26,1	279	8,8	15,1		28,6	0,30	13,4	0,8	84,5	13,7	Ca-HCO ₃
	02/09	17,2	486	7,60	-27,5	274	9,5	11,1		26,3	0,28	12,7	1,0	79,5	11,4	Ca-HCO ₃
	05/09	17,5	490	7,52	-22,9	268	10,4	12,6		26,7	0,28	13,7	1,0	83,5	11,2	Ca-HCO ₃
	08/09	17,5	523	7,57	-19,0	276	10,3	11,6		26,9	0,28	12,7	0,8	77,8	9,7	Ca-HCO ₃
	08/10	17,5	463	7,32	-18,3	238	6,5	14,3		25,9	0,31	12,8	1,2	75,7	10,5	Ca-HCO ₃

Çizelge 3.15. Hasköy sahası sularında bazı iz element (ppb) ve SiO₂ (ppm) değerleri

Simge	Suyun Adı	Dönem	As	B	Ba	Br	Cs	Cu	Fe	Ge	Li	Mn	Mo	Ni	Rb	Sb	Sr	U	Zn	SiO ₂
H-1	Hasköy kaplıca	08/10	4	3093	43	139	23,3	2,7		1,6	270	186,4	1,1	6,0	120,6	0,11	4494	2,3	4,6	42,0
H-2	Hasköy Acısu	08/10	9	2110	32	124	22,1	2,4		1,3	254	4,5	0,6	1,6	116,0	0,17	4132	1,9	3,5	37,5
H-3	Avgan içme	08/10	9	150	169	47	2,4	0,8		0,2	24	0,4	0,9	0,7	7,8	0,18	863	1,9	1,9	28,3
H-4	Hasköy içme	08/10	61	48	180	37	2,0	1,9	83	0,2	18	3,4	2,1	0,2	4,7	0,23	772	2,4	31,2	29,1
H-5	Karahallı içme	08/10	8	60	130	52	1,2	16,3	21	0,2	11	1,6	1,9	1,1	4,5	0,21	810	2,2	111,3	21,1
H-6	Cemalderesi	08/10	6	62	102	32	0,9	15,6		0,1	11	1,3	1,5	1,0	4,4	0,41	866	1,9	3,8	20,6
H-7	Karayakuplu	08/10	7	36	478	79	0,9	11,6	38	0,2	7	1,5	0,7	0,9	3,0	0,57	459	1,0	3,2	20,4
H-8	İshaklar	08/10	2	52	67	48	1,0	0,5		0,1	11	0,5	0,2	-	4,3	-	360	0,9	3,3	17,6

3.6. Karaağaç Jeotermal Sahası

Karaağaç sahası Uşak il merkezinin yaklaşık 10 km GB'nda yer alır (EK-3.1).

3.6.1. Örnekleme Noktaları

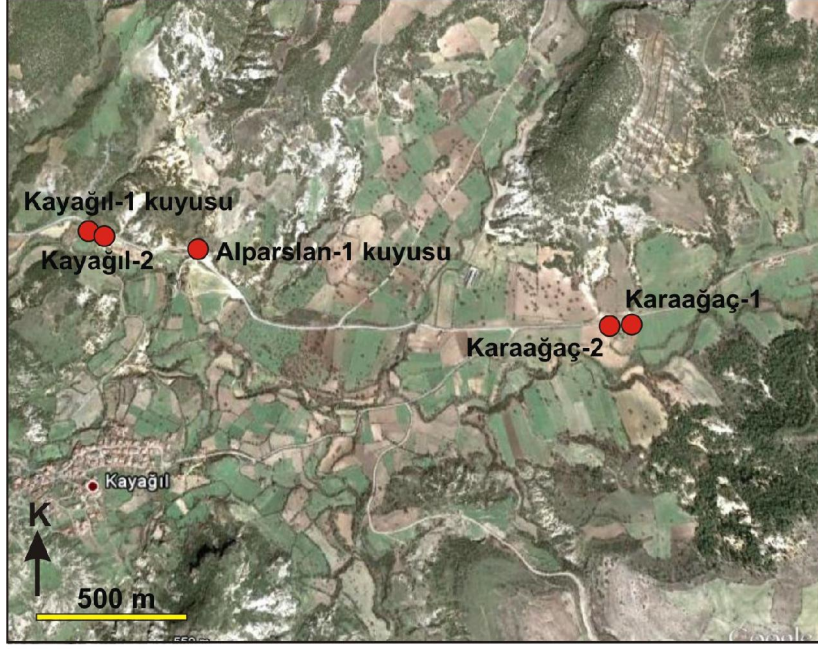
Karaağaç jeotermal sahasında 4 termal kuyu, 1 soğuk su kuyusu ve 4 soğuk kaynak suyu örnekleme noktası olarak seçilmiştir. Bu noktaların koordinatları ve belirlenebilen bazı kuyu derinlikleri Çizelge 3.16'da, lokasyonlar EK 3.1 ve Şekil 3.39'da verilmiştir.

Örnekleme noktalarından birincisi İller Bankası tarafından Uşak Belediyesi adına açılan 207 m derinlikteki Alparslan-1 kuyusudur. Bu kuyunun logu Şekil 3.40'da verilmiştir. Kuyudan artezyen olarak 47,5 °C sıcaklıkta ve 220 lt/sn debide jeotermal su alınmıştır. Diğer termal kuyular şahıslar tarafından sulama suyu temini amacıyla açılmış kuyulardır. Örneklenen bu termal sondajlardan biri Karaağaç Köyü'nün 3 km güneybatısında yer almaktadır. Bu alanda bulunan çiftliğe sulama suyu temini için açılan sondajdan (Karaağaç-1) 36.6°C (Kasım-2008) sıcaklığında termal su elde edilmiştir. Sondaj soğuk yeraltı suyu temini amacıyla yapılmış ve sıcak su alınabileceği öngörülmemiştir. Bu suyun EC değeri kurak dönemde 958 µmho/cm'den yağışlı dönemde 690 µmho/cm'ye düşmüştür. Bu sondajın yanında açılan diğer sığ sondajdan 22°C (Kasım-2008) sıcaklığında su alınmıştır. Karaağaç termal sondajlarının 2 km kadar batısında açılan iki sondajın 120 m derinlikte olanından (Kayağıl-1) 44.1°C, 40 m derinlikte olan diğerinden (Kayağıl-2) 28.4°C sıcaklığında su alınmıştır. Her iki suyun da EC değerleri yüksek ve 4500 µmho/cm mertebesindedir.

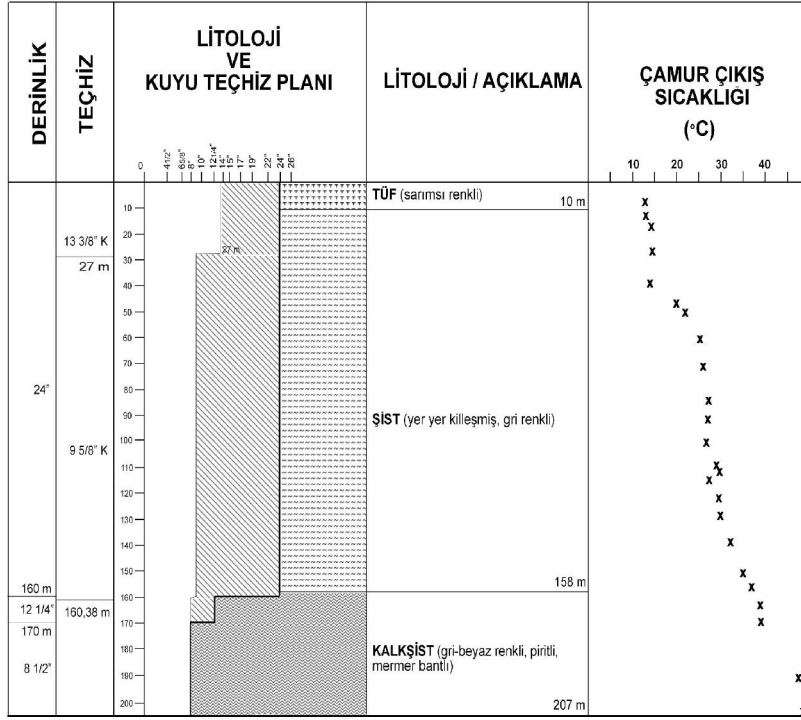
Karaağaç sahasında örneklenen soğuk su kaynaklarından birincisi trakiandezitlerden boşalan 22.8°C sıcaklığındaki Kayağıl-1 kaynağıdır. Bu kaynağın EC değeri 142 µmho/cm'dir. Şitlerden gelen Kayağıl-2 kaynağında ise sıcaklık 24.3°C ve EC 796 µmho/cm olarak ölçülmüştür. Diğer iki kaynak andezitlerden boşalan Aynalı kaynağı ve Neojen kireçtaşlarından çıkan Karabol kaynağıdır.

Çizelge 3.16. Karaağaç sahasında örneklenen sulara ilişkin bazı bilgiler.

No	Simge	Suyun Adı	Türü	K.D.(m)	Koordinat		
					X	Y	Z(m)
1	KAR-1	Alparslan-1 Kuyusu	Termal Sondaj		99303	79513	738
2	KAR-2	Kayağıl-1	Termal Sondaj	120	98994	79559	716
3	KAR-3	Kayağıl-2	Termal Sondaj	40	98994	79559	716
4	KAR-4	Karaağaç-1	Termal Sondaj		00799	79321	757
5	KAR-5	Karaağaç-2	Sondaj		00799	79321	757
6	KAR-6	Kayağıl soğuk-1	Kaynak		99544	78809	743
7	KAR-7	Kayağıl soğuk-2	Kaynak		99168	79522	723
8	KAR-8	Karabol Kaynağı	Kaynak		01515	77541	835
9	KAR-9	Aynalı Kaynağı	Kaynak		97992	78774	825



Şekil 3.39. Karaağaç jeotermal sahasındaki termal suların lokasyonları.



Şekil 3.40. Alparslan-1 kuyu logu

3.6.2. Hidrojeokimya

Karaağaç jeotermal sahasında örneklenen 9 adet su noktasına ait dönemsel majör kimyasal analiz ve tek dönem için yapılan iz element analiz değerleri Çizelge 3.17 ve 3.18'de verilmiştir.

3.6.2.1.Suların fiziksel özellikleri

Sıcaklık (T): Yukarıda bahsedildiği gibi bu sahadaki suların sıcaklıkları Alparslan-1 kuyusunda 45.8°C, Kayağıl-1 ve 2 kuyularında sırasıyla 44.1-44.9°C ve 28.4-32.5°C, Karaağaç-1 ve 2 kuyularında sırasıyla 36.5-38.1°C ve 22.4-26.1°C, Kayağıl-1 kaynağında 22.8°C, Kayağıl-2 kaynağında 24.3-30.8°C, Karabol kaynağında 19.0°C ve Aynalı kaynağında 20.4°C'dir.

pH: Karaağaç sahası sularının pH değerleri Alparslan-1 kuyusunda 6.65, Kayağıl-1 ve 2 kuyularında sırasıyla 6.52-6.65 ve 6.16-6.21, Karaağaç kuyularında sırasıyla 6.95-7.17, Kayağıl-1 kaynağında 6.61, Kayağıl-2 kaynağında 6.53-6.88, Karabol kaynağında 7.31 ve Aynalı kaynağında 7.27'dir.

Elektriksel iletkenlik (EC): Suların EC değerleri Alparslan-1 ve Kayağıl kuyularında yaklaşık aynı olup 4500 µmho/cm civarındadır. Karaağaç-1 ve 2 kuyularında sırasıyla 690-880 µmho/cm ve 741-786 µmho/cm EC değerleri ölçülmüştür. Diğer suların EC değerleri Kayağıl-1 kaynağında 142 µmho/cm, Kayağıl-2 kaynağında 796-936 µmho/cm, Karabol kaynağında 482 µmho/cm ve Aynalı kaynağında 402 µmho/cm'dir.

3.6.2.2. Suların kimyasal özellikleri

Karaağaç sahasındaki majör iyonların miktarları aşağıda özetlenmiştir.

Sodyum (Na): Alparslan-1 ve Kayağıl-1 kuyularında Na değeri 760-940 mg/l iken Kayağıl-2 kuyusunda 600 mg/l mertebesindedir. Diğer sularda Na miktarı 7-33 mg/l arasında değişmektedir.

Potasyum (K): Alparslan-1 ve Kayağıl-1 kuyularında K değeri 90-130 mg/l iken Kayağıl-2 kuyusunda 80 mg/l mertebesindedir. Diğer sularda Na miktarı 6-12 mg/l arasında değişmektedir.

Kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg): Alparslan-1 ve Kayağıl-1 kuyularında Ca değerleri 100-150 mg/l, Kayağıl-2 kuyusunda ise 220 mg/l civarındadır. Karaağaç kuyuları 95-125 mg/l Ca içerir. Kayağıl-2 kaynağının Ca değeri 120 mg/l'dir. Diğer sularda bu değer 15-60 mg/l arasında değişir. Alparslan-1 ve Kayağıl-1 kuyularında Mg değerleri 39-46 mg/l, Kayağıl-2 kuyusunda ise 82 mg/l'dir. Karaağaç kuyuları 20-40 mg/l Mg Diğer sularda bu değer 3-23 mg/l arasında değişir.

Bikarbonat (HCO₃): Alparslan-1 ve Kayağıl-1 kuyularında HCO₃ değerleri 1900-2100 mg/l, Kayağıl-2 kuyusunda ise 1250 mg/l civarındadır. Kayağıl-1 ve 2 kaynaklarında HCO₃ değerleri sırasıyla 76 mg/l ve 100-124 mg/l arasındadır. Diğer sularda bu değer 210-290 mg/l arasında değişir.

Klorür (Cl): Klorür değerleri Alparslan-1 ve Kayağıl-1 kuyularında 114-121 mg/l, diğer sularda 4-23 mg/l arasında değişir.

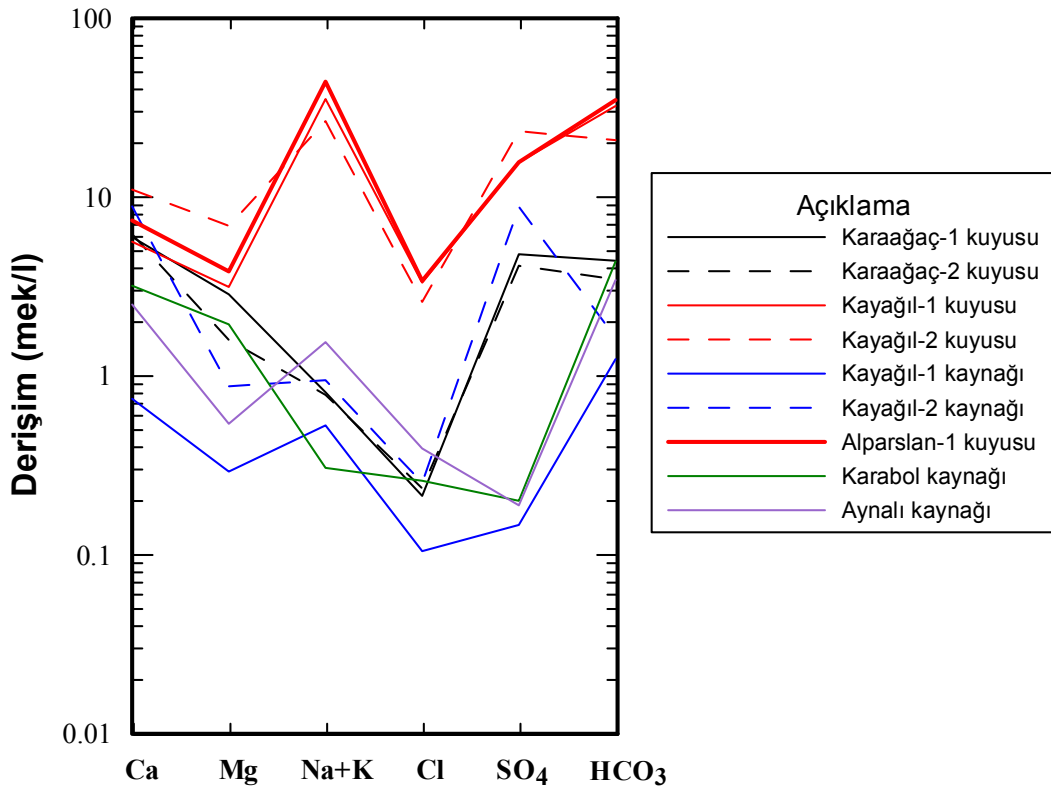
Sülfat (SO₄): Sülfat miktarları Alparslan-1 ve Kayağıl-1 kuyularında 700-750 mg/l, Kayağıl-2 kuyusunda ise 1200 mg/l civarındadır. Kayağıl-1, Karabol ve Aynalı kaynaklarında 7-10 mg/l olan sülfat, diğer sularda 190-424 mg/l arasında değişir.

Fluorür (F): Fluorür miktarları Alparslan-1 ve Kayağıl-1 kuyularında 3.21-3.43 mg/l, Kayağıl-2 kuyusunda 1.74-2.88 mg/l civarındadır. Diğer sularda bu değer 0.17-0.55 mg/l aralığındadır.

3.6.2.3. Suların kökeni ve değerlendirme

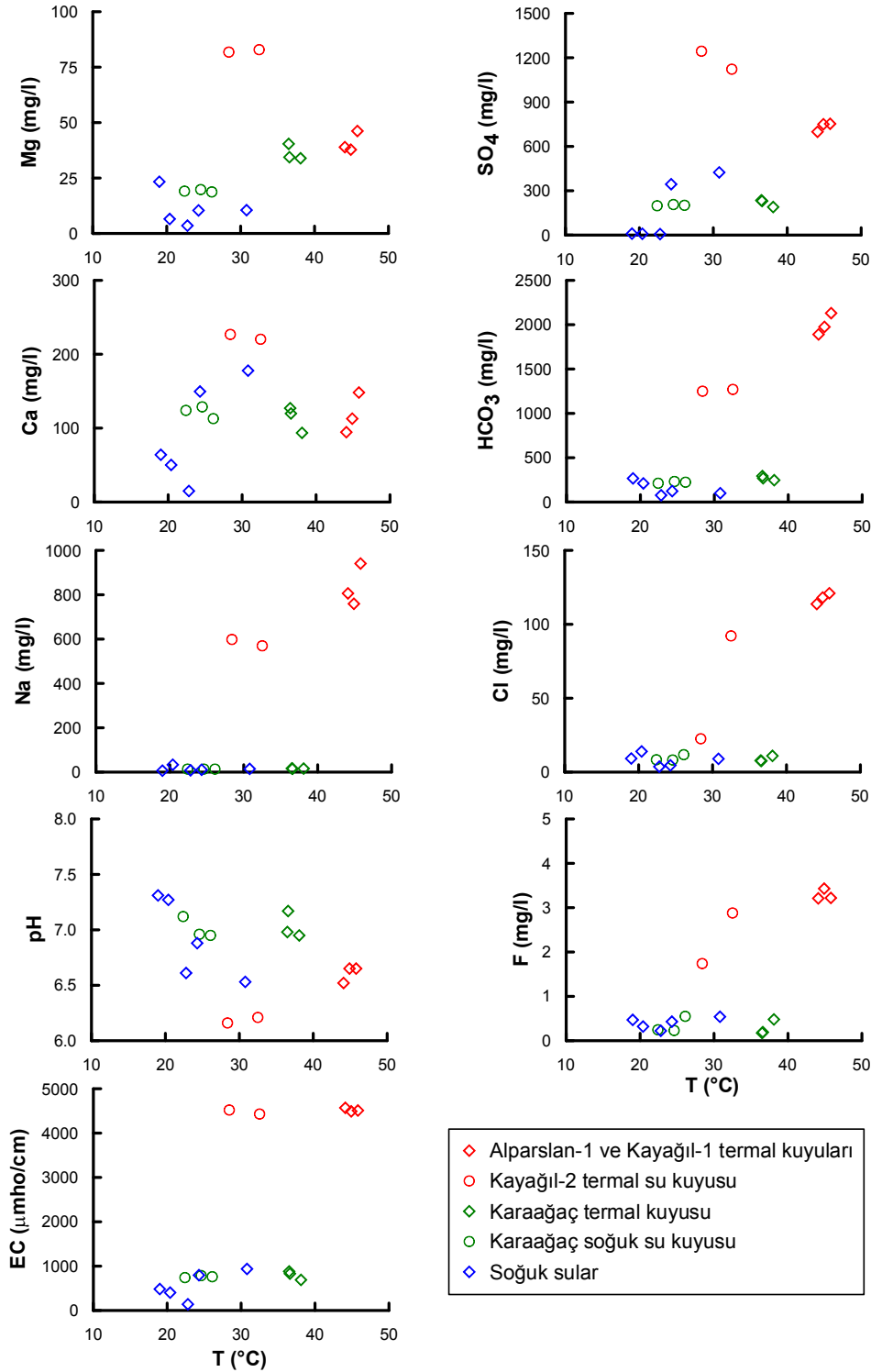
Karaağaç sahasının sıcak ve soğuk sularında kökensel benzerlik ve farklılıkların gösterilmesi amacıyla majör iyon değerleri kullanılarak yarı logaritmik diyagram hazırlanmıştır (Şekil 3.41).

Yarı logaritmik diyagramda Alparslan-1 kuyusu ile Kayağıl termal kuyu sularının kimyasal kompozisyonunun benzer olduğu görülmektedir. Bu durum termal suların aynı rezervuardan geldiklerini göstermektedir. Bu sularda egemen iyonlar Na ve HCO₃ ve su tipleri Na-HCO₃-SO₄ şeklindedir. Karaağaç-1 termal kuyu suyu Karaağaç-2 soğuk kuyu suyu ile birlikte soğuk suların ve özellikle şistlerden gelen Kayağıl-2 kaynağının kimyasal yapısına benzer bir kompozisyon sunarlar. Bu da Karaağaç-1 kuyusunun şistlerdeki soğuk yeraltı suları ile önemli oranda karıştığını gösterir. Karaağaç-1 kuyusu Ca-Mg-SO₄-HCO₃ ve Karaağaç-2 kuyusu, Kayağıl-2 kaynağı ile birlikte Ca-Mg-SO₄-HCO₃ tipindedir. Andezitlerden gelen Kayağıl-1 ve Aynalı kaynak suları ise Ca-Na-HCO₃ tipinde sulardır. Karabol kaynağında su tipi, Aksaz ve Hasköy sahalarında Neojen kireçtaşlarından gelen sulara benzer olarak Ca-Mg-HCO₃ tipindedir. (Çizelge 3.17).



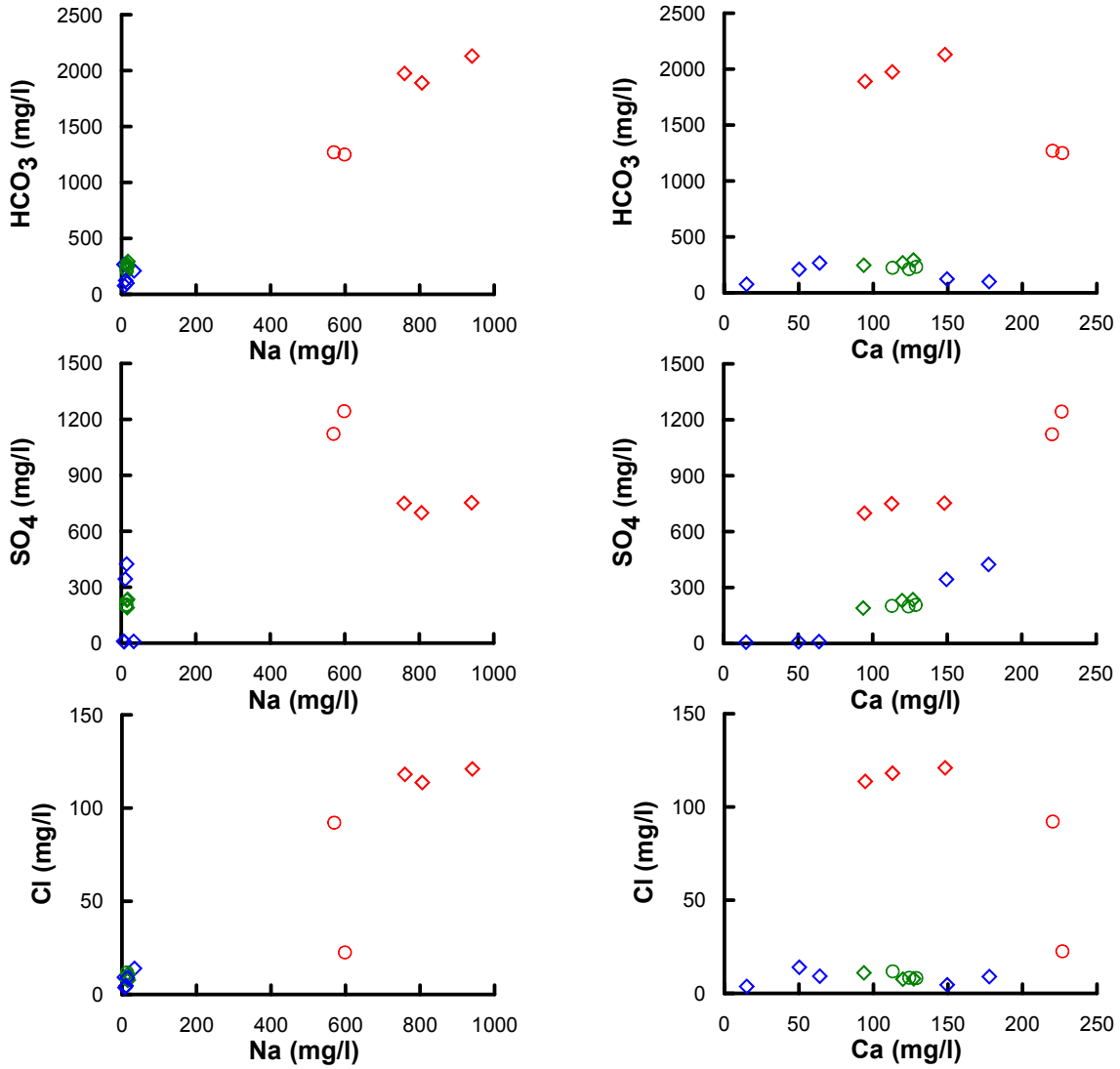
Şekil 3.41. Karaağaç jeotermal sahası sularının yarı logaritmik diyagramı

İnceleme alanındaki sularda iyon ve bazı element miktarlarının sıcaklıkla ilişkisi Şekil 3.42'de incelenmiştir. Suların sıcaklığı ile EC değerleri arasında doğrusal bir ilişki gözlenememiştir. Soğuk sularda sıcaklıkla Na, HCO₃, Cl ve F değerleri arasında bir ilişki yoktur. Karaağaç kuyuları bu grafiklerde genellikle soğuk sularla aynı bölgede yer alırlar. Alparslan-1 ve Kayağıl-1 termal kuyu sularında sıcaklık artışıyla pH, Na, HCO₃, Cl ve F artarken Ca, Mg ve SO₄ miktarları azalmaktadır (Şekil 3.42).



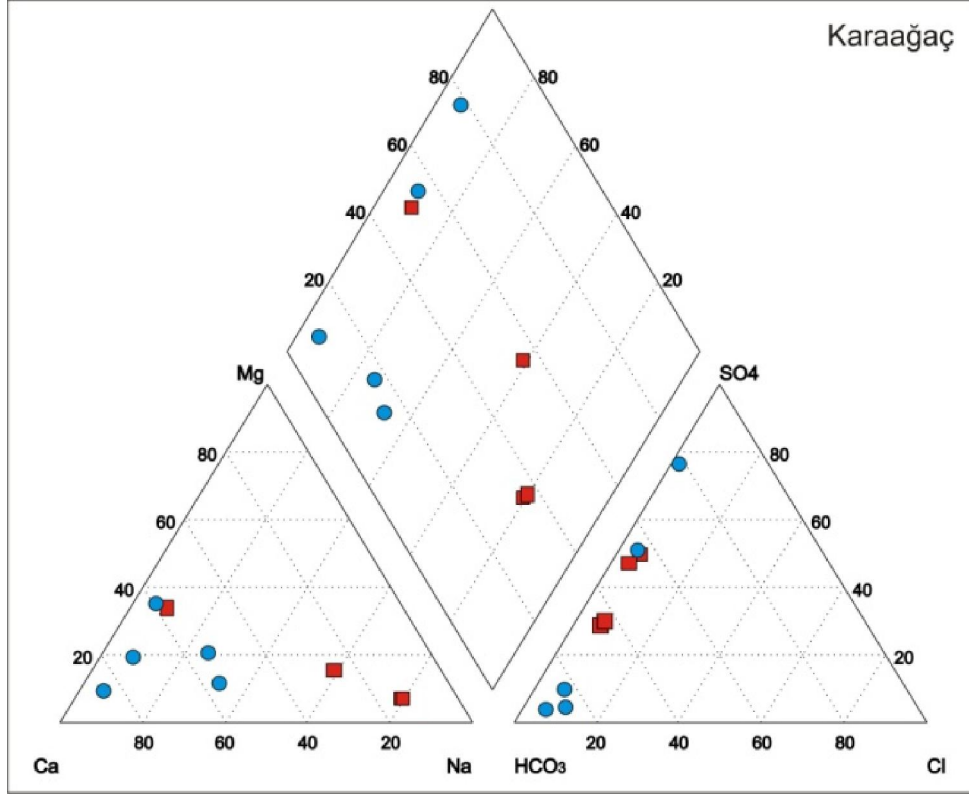
Şekil 3.42. Karaağaç sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinin sıcaklıkla değişimi

Sodyum ve kalsiyumun diğer anyonlarla değişim grafiğine bakıldığında (Şekil 3.43) sıcak sulara Na-Cl, Na-HCO₃, Ca-SO₄ arasında pozitif, Na-SO₄ arasında ise negatif bir korelasyon görülmektedir.



Şekil 3.43. Karaağaç sahası sularındaki majör anyon-Na ve –Cl grafikleri (Simgeler Şekil 3.42 ile aynıdır).

Karaağaç termal suları (Alparslan-1, Kayağıl-1 ve 2) Piper diyagramında, Örencik sularına benzer şekilde karbonat alkaliliği, karbonat olmayan alkalilikten yüksek olan sular kesiminde toplanmıştır (Şekil 3.44). Sığ kuyulardan alınan diğer termal sular soğuk sularla karışım nedeniyle diyagramda soğuk sulara daha yakın alanlarda yer alırlar.



Şekil 3.44. Karaağaç sahası sularının Piper diyagramındaki dağılımı (kırmızı kareler sıcak, mavi daireler soğuk suları göstermektedir).

Çizelge 3.17. Karaağaç sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde zamansal değişimler (EC: $\mu\text{mho/cm}$, Eh: mV, iyon değerleri mg/l'dir).

Simge	Dönem	T°C	EC	pH	Eh	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₂	NO ₃	F	Na	K	Ca	Mg	
KAR-1	08/10	45,8	4510	6,65	20,8	2130	121,0	753,2	0	0	3,22	940,7	131,5	148,1	46,2	Na-HCO ₃ -SO ₄
KAR-2	05/09	44,1	4570	6,52	35,0	1890	113,7	698,7	9,47	0	3,21	806,2	106,8	94,5	38,9	Na-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	44,9	4490	6,65	35,4	1975	118,1	750,0	0	0	3,43	759,3	89,7	112,8	37,8	Na-HCO ₃ -SO ₄
KAR-3	05/09	28,4	4520	6,16	54,9	1250	22,6	1244,0	0	0	1,74	598,4	82,6	226,8	81,8	Na-Ca-SO ₄ -HCO ₃
	08/09	32,5	4430	6,21	60,5	1270	92,2	1122,3	0	0	2,88	569,7	70,6	220,3	82,9	Na-Ca-SO ₄ -HCO ₃
KAR-4	10/08	36,6	831	7,17	-3,8	269	7,6	230,5	0	0	0,19	15,3	5,7	119,8	34,4	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	02/09	36,5	880	6,98	7,0	293	7,8	234,6	0	0	0,17	16,9	5,9	127,0	40,4	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	05/09	38,1	690	6,95	8,7	246	11,0	189,8	1,67	0	0,48	15,9	5,4	93,6	33,9	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
KAR-5	10/08	22,4	741	7,12	-1	212	8,4	198,6	0	0	0,25	13,7	7,3	124,0	19,1	Ca-SO ₄ -HCO ₃
	02/09	24,6	786	6,96	8,1	232	8,2	206,8	0	0	0,23	13,7	7,6	128,8	19,8	Ca-SO ₄ -HCO ₃
	05/09	26,1	761	6,95	8,9	224	11,8	201,7	1,67	0	0,55	13,6	7,2	112,9	18,7	Ca-SO ₄ -HCO ₃
KAR-6	08/09	22,8	142	6,61	36,4	76	3,7	7,1	0	1,5	0,22	8,0	7,1	14,9	3,5	Ca-Na-HCO ₃
KAR-7	08/09	24,3	796	6,88	20,9	124	4,6	344,0	0	0	0,43	10,8	6,8	149,5	10,4	Ca-SO ₄ -HCO ₃
	08/10	30,8	936	6,53	26,9	100	9,0	424,0	0	0	0,54	14,5	12,4	177,8	10,5	Ca-SO ₄
KAR-8	08/10	19,0	482	7,31	-17,9	267	9,2	9,6	0	18,0	0,47	6,5	1,0	64,0	23,3	Ca-Mg-HCO ₃
KAR-9	08/10	20,4	402	7,27	-15,7	210	14,0	9,1	0	9,4	0,32	33,4	3,8	50,2	6,5	Ca-Na-HCO ₃

Çizelge 3.18. Karaağaç sahası sularında bazı iz element (ppb) ve SiO₂ (ppm) değerleri

Simge	Suyun Adı	Dönem	As	B	Ba	Br	Cs	Cu	Fe	Ge	Li	Mn	Mo	Ni	Rb	Sb	Sr	U	Zn	SiO ₂
KAR-1	Alparslan-1 Kuyusu	08/10	134	5136	46	395	172	4,0	170	27,8	1177	206	0	0	701	4,1	4560	0,5	36	118,6
KAR-2	Kayağıl-1 Kuyusu	08/09	178	5960	50	457	193	18,0	547	33,9	1229	218	0	0	777	5,1	5280	0,5	8	140,3
KAR-3	Kayağıl-2 Kuyusu	08/09	101	4434	30	441	167	19,0	196299	18,1	754	4830	0	790	596	0	3060	0	120	135,5
KAR-4	Karaağaç-1 Kuyusu	05/09		103	56	195			1213		24	226		0			583		0	47,1
KAR-5	Karaağaç-2 Kuyusu	05/09		154	46	195			82		24	55		0			517		2	76,7
KAR-6	Kayağıl Kaynak-1	08/10	18	55	183	30	0	21,0	149	0,1	8	5	0,7	3	3	0,8	156	0,3	6	107,8
KAR-7	Kayağıl Kaynak-2	08/10	19	58	35	72	19	9,0	6	0,2	22	72	0,8	18	49	0,1	500	7,8	56	82,5
KAR-8	Karabol Kaynağı	08/10	37	25	434	36	7	0,4	3	0,2	11	1	1,1	-	3	0,1	554	2,7	-	43,5
KAR-9	Aynalı Kaynağı	08/10	6	127	40	112	3	0,3	8	0,2	33	2	0,3	-	11	0,2	768	18,7	1	44,6

3.7. Banaz Jeotermal Sahası

Banaz sahasında iki jeotermal saha bulunmaktadır. Bunlar Hamamboğazı ve Kızılcaören sahalarıdır.

Hamamboğazı sahasındaki termal kaynak ve sondajlara Banaz-Ankara karayolunun 7. km'sinden güneydoğuya dönen stabilize yolla ulaşılabilir. Saha, Uşak il merkezinin kuzeydoğusunda yer alır ve merkeze mesafesi 40 km'dir (EK-3.1). **Kızılcaören sahasındaki** termal kaynaklara ise Uşak-Banaz karayolu üzerinde, Banaz ilçesi girişine yakın bir noktada bulunan Uşak seramik fabrikasından kuzeye dönen ham yol izlenerek ulaşılabilir. Saha, Uşak il merkezinin doğu-kuzeydoğusundadır ve merkeze mesafesi yaklaşık 30 km'dir (EK-3.1).

3.7.1. Örnekleme Noktaları

Proje kapsamında Hamamboğazı jeotermal alanından 2 jeotermal kuyu suyu, 3 termal kaynak, 2 maden suyu, Kızılcaören jeotermal alanından 7 sıcak ve soğuk kaynak suyu, her iki saha için de soğuk sular olarak 9 kaynak ve 8 sondaj suyu örneklenmiştir (Şekil 3.45, 3.46, EK 3.1, Çizelge 3.19).

Hamamboğazı sahasındaki traverten alanı ve civarında 1994 yılı öncesi 37–40°C sıcaklığa sahip birkaç termal kaynak varken (ŞAHİNCİ ve GÖKGÖZ, 1987), MTA tarafından 1994 yılında ilk sondajın (HB-2) açılmasından sonra bu kaynaklar kurumuştur. HB-2 sondajının derinliği 405 metredir ve sondajla 66°C sıcaklığında ve 40 l/s debide termal su elde edilmiştir. Buna ilaveten 2002 yılında yine MTA tarafından traverten alanında iki sondaj daha açılmıştır. Bunlardan HB-3 kuyusu 293 m derinliğe inmiş ve 71.7°C sıcaklık ve 30 l/s debide termal su vermiştir. Derinliği 487 m olan HB-4 kuyusundan ise 62°C sıcaklık ve 44l/s debide termal su alınmıştır (MTA, 2005). Bu değerler kuyuların ilk açıldıkları anda ölçülen değerlerdir. Kuyuların tümü artezyen yapmıştır. HB-4 kuyusunda yaklaşık ilk 5 m traverten, 312 metreye kadar Miyosen yaşlı linyit aradüzeyleli çakıtaşı, kiltası, kumtaşı, marn, kireçtaşı birimleri ve daha sonra kuyu tabanına kadar Kretase yaşlı Vezirler melanjına ait peridotitler kesilmiştir (MTA, 2005). Termal sular KD-GB doğrultulu fay ve bu fay ile KB-GD doğrultulu diğer fayın kesişim noktalarından yükselmektedir.

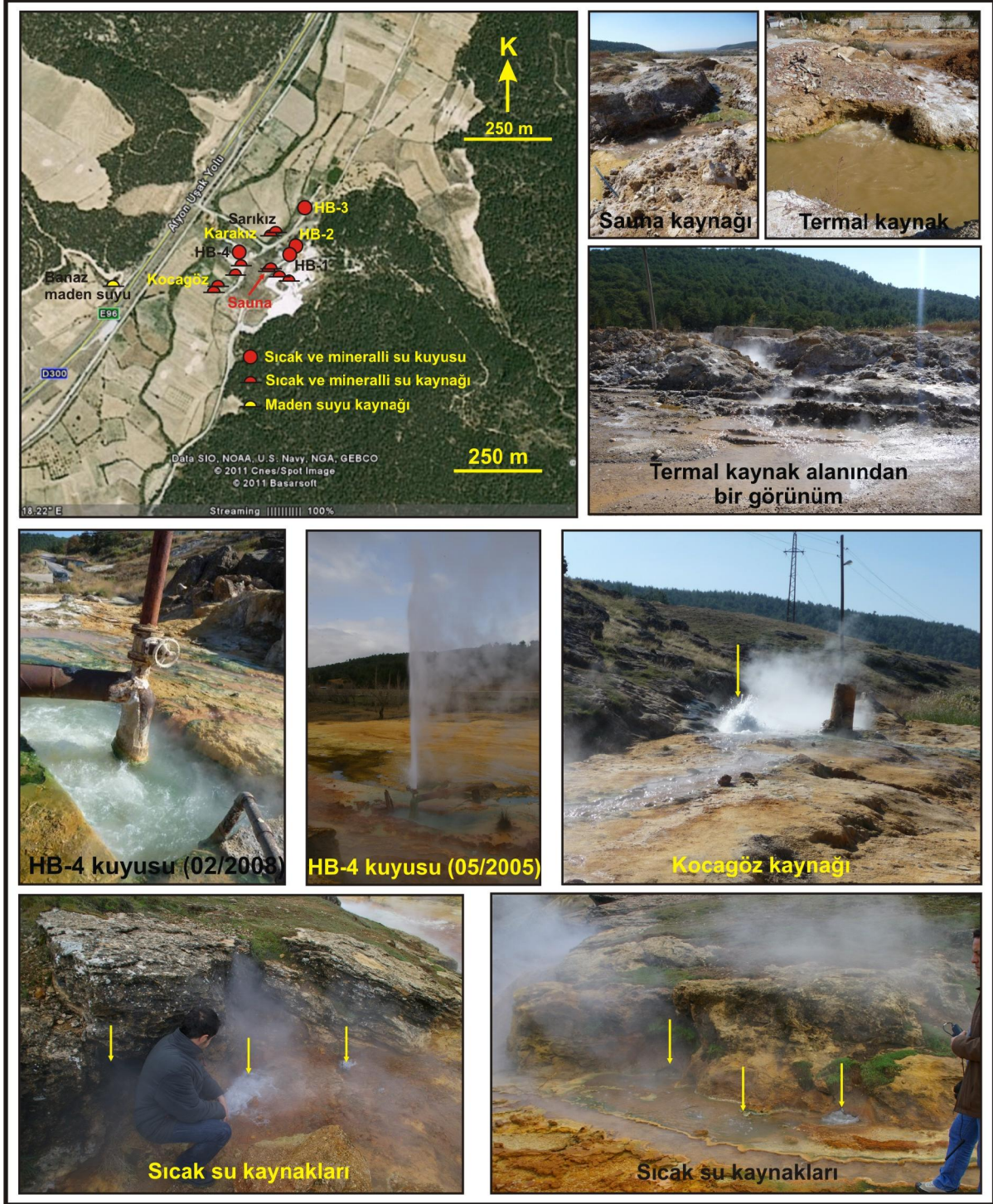
Bu sahada, HB-2, HB-4 jeotermal kuyu suları ile Sauna, Sarıkız ve Kocagöz olarak isimlendirdiğimiz termal kaynaklardan örnekleme yapılmıştır. Termal su sıcaklıkları, HB-4'de 52.4°C, HB-2'de 61°C olarak ölçülmüştür. Sondajların açılmasından sonra mevcut kaynaklardan çoğu kurumuş, buna karşın olasılıkla sondajdan kaçan termal suların yüzeye çıkarak oluşturduğu yeni kaynaklar gelişmiştir. Bunlardan örnekleme yapılan ikisi, Sauna Kaynağı 69.5°C, Sarıkız Kaynağı ise 58.7°C sıcaklığa sahiptir. Sondajlardan boşalan termal sular traverten eteği kenarındaki arazilere akmakta ve tarım arazilerini kullanılmaz hale getirmektedir. Örneklenen Banaz maden suyu kaynağının sıcaklığı 15.6°C ve debisi 0.018 l/s'dir.

Kızılcaören sahasındaki su kaynakları KD-GB doğrultulu bir hat boyunca sıralanırlar ve neredeyse tamamının etrafında traverten çökelleri mevcuttur. Traverten çökellerinden bazıları su kaynaklarını çevreleyen bir halka şeklindedir. Bu sahadaki kaynaklar Kızılcaören-1'den Kızılcaören-8'e kadar isimlendirilmiş, bunlardan yedisi örneklenmiştir. Bu kaynakların sıcaklıkları 14.8°C ile 23.4°C arasında değişmektedir.

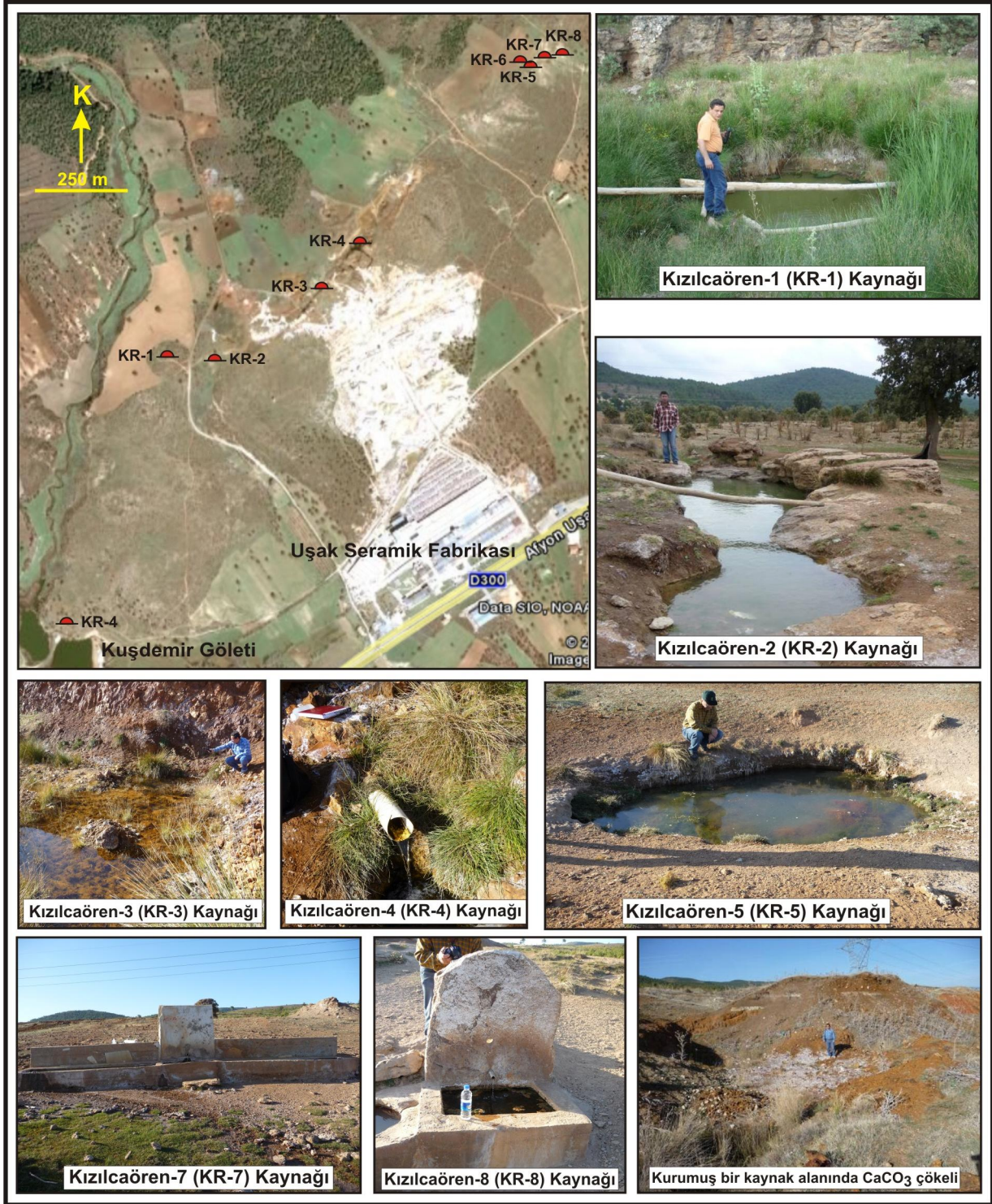
Çizelge 3.19. Banaz sahasında örneklenen sulara ilişkin bazı bilgiler.

	No	Simge	Suyun Adı	Türü	K.D.(m)	Koordinat		
						X	Y	Z(m)
Hamamboğazi Termal Suları	1	H-1	HB-4 kuyusu	Sondaj	480	45101	96047	960
	2	H-2	HB-2 kuyusu	Sondaj	405	45251	96058	988
	3	H-3	Sarıköz	Termal kaynak	-	45199	96104	964
	4	H-4	Kocağöz	Termal kaynak	480	45101	96047	960
	5	H-5	Sauna	Termal kaynak	-	45200	96010	986
	6	H-6	Banaz Maden Suyu	Kaynak	-	44789	95997	956
	7	H-7	Dereköy maden suyu	Kaynak	-	32977	98774	1018
Kızılcaören Termal Suları	8	K-1	Kızılcaören-1	Kaynak	-	33617	88403	976
	9	K-2	Kızılcaören-2	Kaynak	-	33756	88399	979
	10	K-3	Kızılcaören-3	Kaynak	-	34030	88575	956
	11	K-4	Kızılcaören-4	Kaynak	-	34095	88710	957
	12	K-5	Kızılcaören-5	Kaynak	-	34530	89196	980
	13	K-6	Kızılcaören-7	Kaynak	-	34612	89205	975
	14	K-7	Kızılcaören-8	Kaynak	-	34637	89287	970
Hamamboğazi ve Kızılcaören Sahaları Soğuk Suları	15	HK-1	Karapınar.	Kaynak	-	33928	10644	1867
	16	HK-2	Tepedelen	Kaynak	-	37421	10440	1826
	17	HK-3	Hallaçlar	Kaynak	-	46830	06033	1212
	18	HK-4	Hallaçlar Çaloluk	Kaynak	-	47768	10592	1550
	19	HK-5	Çokrağan-1 Kaynağı	Kaynak	-	28585	09326	1346
	20	HK-6	Çokrağan-2 Kaynağı	Kaynak	-	28585	09326	1346
	21	HK-7	Çokrağan-3 Kaynağı	Kaynak	-	28585	09326	1346
	22	HK-8	Gürlek	Kaynak	-	32389	02706	1141
	23	HK-6	Yeşilyurt Köyü	Sondaj	-	36423	97553	990
	24	HK-10	Muratlı Köyü	Sondaj	108	38032	99331	1113
	25	HK-11	Öksüz İçme Suyu	Sondaj	25	36541	85894	889
	26	HK-12	Hasanköy İçme Suyu	Sondaj	-	46359	92689	1040
	27	HK-13	İsmail Karakuş	Sığ sondaj	-	43401	92992	931
	28	HK-14	Hatipler Ahmet Sayan	Sondaj	63	40621	96188	952
	29	HK-15	Alaba Ahmet Binbay	Sondaj	7	43119	00382	1017
	30	HK-16	Kaplangı İçme Suyu	Sondaj	-	45750	97525	960
	31	HK-17	Kuşdemir Köyü	Kaynak	-	33058	94019	1127

Hamamboğazi ve Kızılcaören sahalarında birçok soğuk su sondajı ve kaynağı mevcuttur. Soğuk su kaynaklarından en önemlisi Muratdağı eteklerinde 1346 m kotta, karstik Paleozoyik mermerler içindeki bir mağaradan çıkan Çokran Kaynağı'dır. Kaynağın iletkenlik değeri 498 $\mu\text{mho/cm}$ 'dir. Bu suya aynı mağara içinde şistlerden boşalan ve debisi nispeten oldukça düşük ve iletkenlik değeri yüksek olan (1147 $\mu\text{mho/cm}$) Çokran Acısu Kaynağı karışmaktadır. Karışım suyu Uşak iline içme suyu sağlamaktadır. Çokran Kaynağı'nın kuzey kesimindeki daha yüksek kotlarda iletkenlik değeri düşük olan (200 $\mu\text{mho/cm}$ civarı) kaynaklar da bu çalışma kapsamında örneklendirilmiştir.



Şekil 3.45. Hamamboğazi jeotermal sahasındaki termal suların lokasyonları.

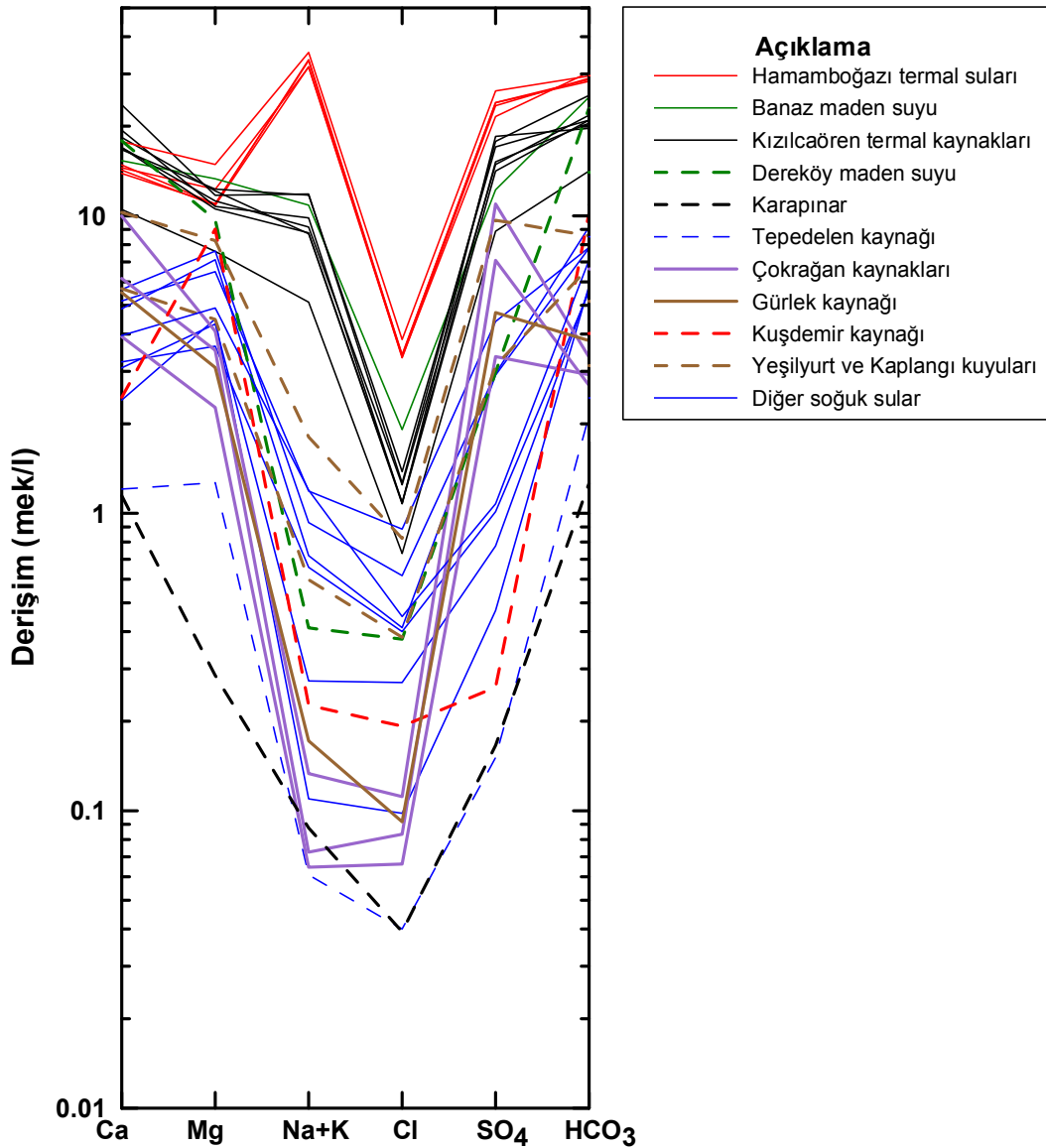


Şekil 3.46. Kızılcaören jeotermal sahasındaki termal suların lokasyonları.

3.7.2. Suların kökeni ve değerlendirme

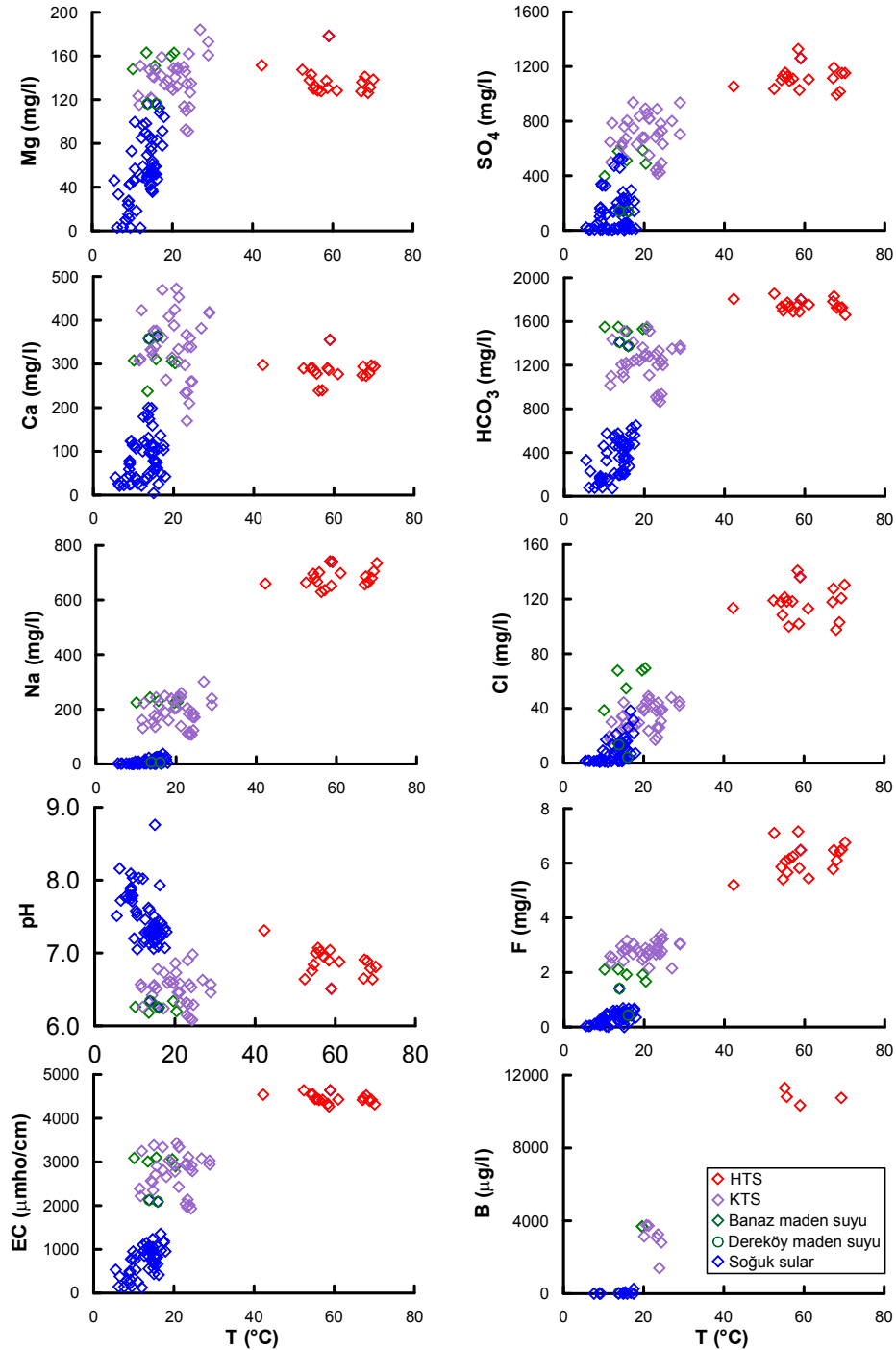
Hamamboğazı ve Kızılcaören sahaları sıcak ve soğuk sularında kökense benzerlik ve farklılıkların gösterilmesi amacıyla majör iyon değerleri kullanılarak yarı logaritmik diyagram hazırlanmıştır (Şekil 3.47).

Yarı logaritmik diyagramda Hamamboğazı termal kimyasal kompozisyonunun aynı olduğu görülmektedir. Bu durum termal suların aynı rezervuardan geldiklerini göstermektedir. Termal sularda egemen iyonlar Na ve HCO_3 ve su tipi $\text{Na-Ca-HCO}_3\text{-SO}_4$ şeklindedir. Kızılcaören suları da kendi içlerinde bir grup oluşturacak şekilde üst üste binmiş doğrular oluştururlar. Bu sular Hamamboğazı sularına oranla daha az miktarda anyon ve sodyum içerirler. Diyagramdan Banaz maden suyunun da Kızılcaören sularıyla aynı kimyasal kompozisyona sahip olduğu görülmektedir. Bu sular $\text{Ca-Mg-Na-HCO}_3\text{-SO}_4$ tipindedir. Soğuk suların büyük bölümü Ca-Mg-HCO_3 tipindedir.



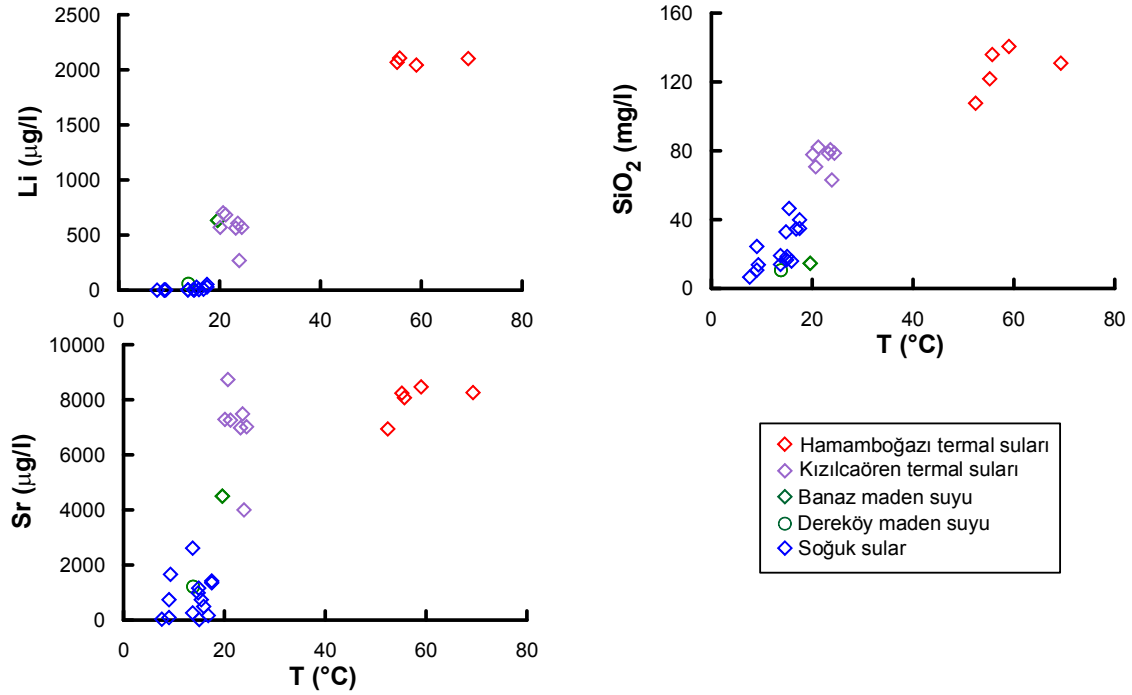
Şekil 3.47. Hamamboğazı ve Kızılcaören jeotermal sahaları sularının yarı logaritmik diyagramı.

İnceleme alanındaki sularda iyon ve bazı element miktarlarının sıcaklıkla ilişkisi Şekil 3.48'de incelenmiştir. Soğuk sularda suların sıcaklığı ile Na ve F değerleri arasında doğrusal bir ilişki yoktur. Kızılcaören suları ile soğuk sularda sıcaklıkla EC, Ca, Cl, HCO₃, SO₄ değerleri artarken Hamamboğazı sularında önemli bir değişiklik gözlenmemektedir. Tüm sularda sıcaklıktaki azalmayla pH değerleri yükselmektedir. Soğuk sularda sıcaklıkla Na, HCO₃, Cl ve F değerleri arasında bir ilişki yoktur. Sıcak sularda sıcaklık artışıyla Na, B ve F değerleri yükselmektedir. Genellikle, diyagramların tümünde Kızılcaören ve maden sularının Hamamboğazı sıcak suları ve soğuk sular arasında kaldığı ve kimyasal kompozisyonları nedeniyle soğuk sulara daha yakın oldukları görülmektedir (Şekil 3.48).



Şekil 3.48. Hamamboğazı ve Kızılcaören sahası sularının fiziko-kimyasal özelliklerinin sıcaklıkla değişimi.

Bu sahalardaki suların Li, Sr ve SiO₂ değerlerinin sıcaklıkla değişimleri incelendiğinde, soğuk sular için Li hariç olmak üzere, sıcaklık artışıyla Li, Sr ve SiO₂ değerleri artmaktadır (Şekil 3.49)

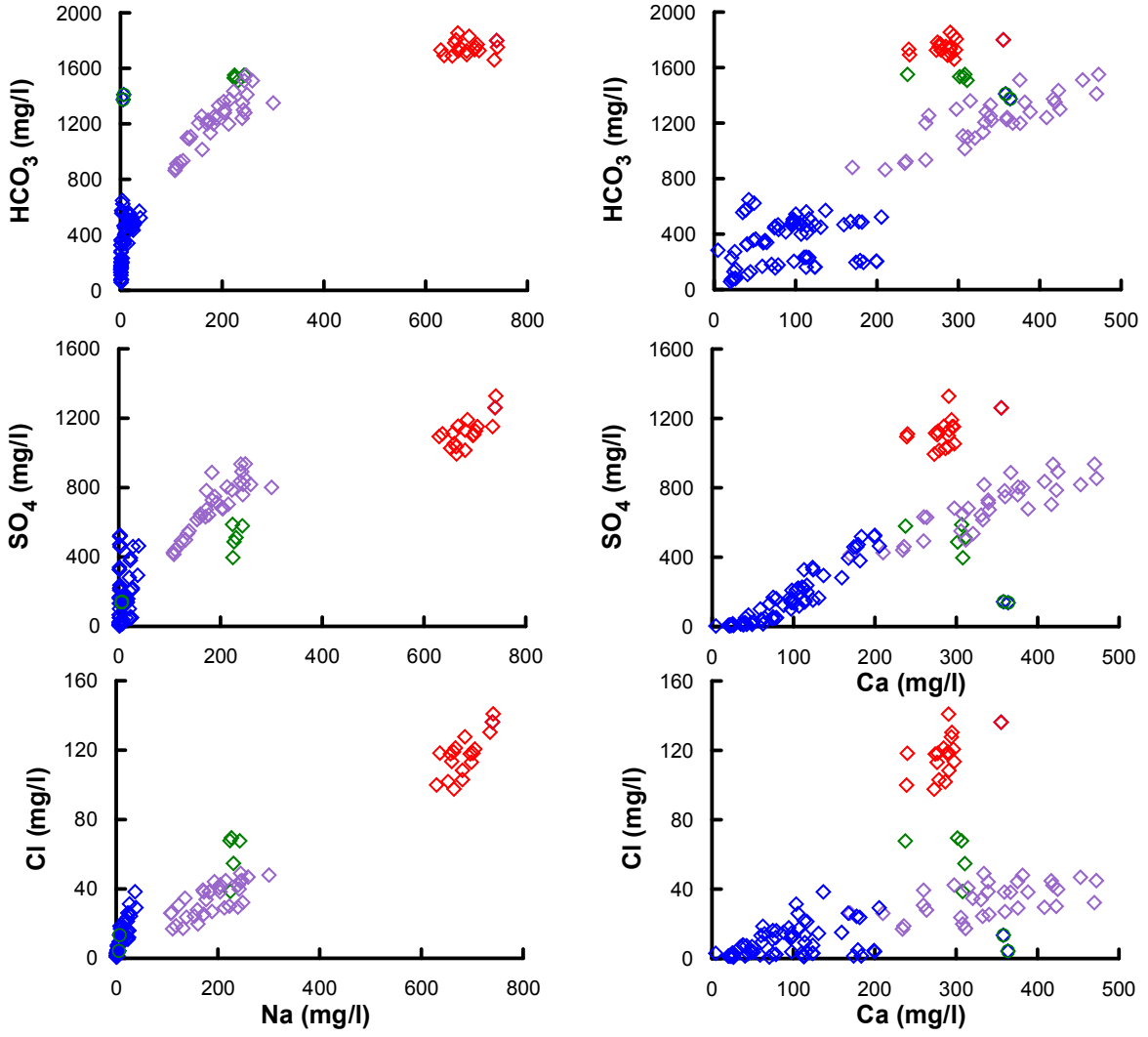


Şekil 3.49. Hamamboğazı ve Kızılcaören sahası sularının Li, Sr ve SiO₂ değerlerinin sıcaklıkla değişimi.

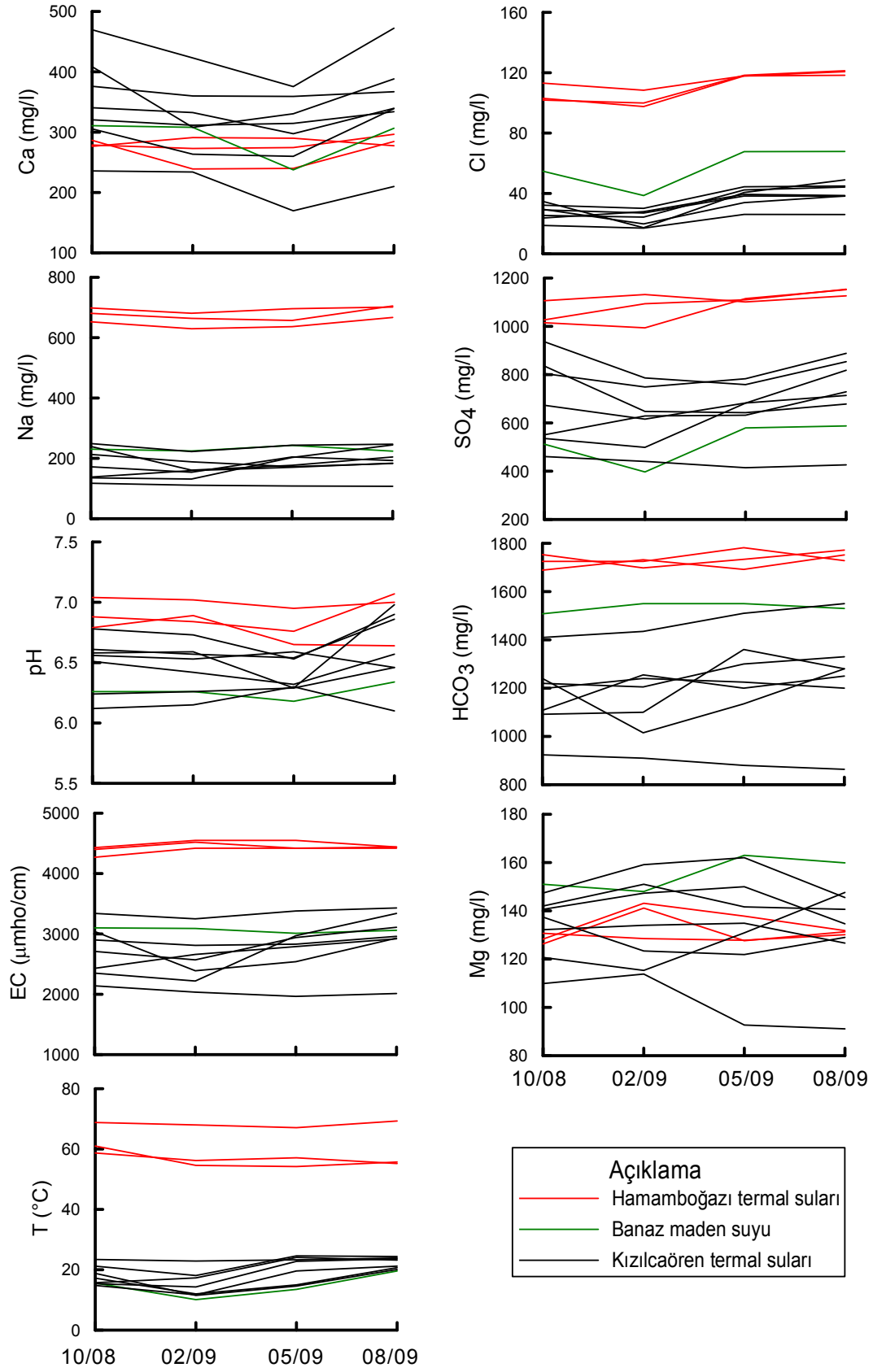
Sodyum ve kalsiyumun diğer anyonlarla değişim grafiğine bakıldığında (Şekil 3.50) tüm sularda Na-Cl, Na-HCO₃, Na-SO₄, Ca-Cl, Na-HCO₃, Ca-SO₄ arasında pozitif bir korelasyon görülmektedir.

Hamamboğazı ve Kızılcaören sahası sıcak sularının fizikokimyasal özelliklerinde Ekim-2008, Şubat-2009, Mayıs-2009 ve Ağustos-2009 dönemlerinde belirlenen zamansal değişimler Şekil 3.51'de, sayısal değerler Çizelge 3.20 ve 3.21'de verilmiştir. Grafiklerden de anlaşıldığı üzere Hamamboğazı sıcak sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde zamansal olarak önemli bir değişim gözlenmezken Kızılcaören sularında özellikle yağışlı dönemde soğuk sularla karışım etkisinde olduklarından kayda değer değişiklikler gözlenir (Şekil 3.51).

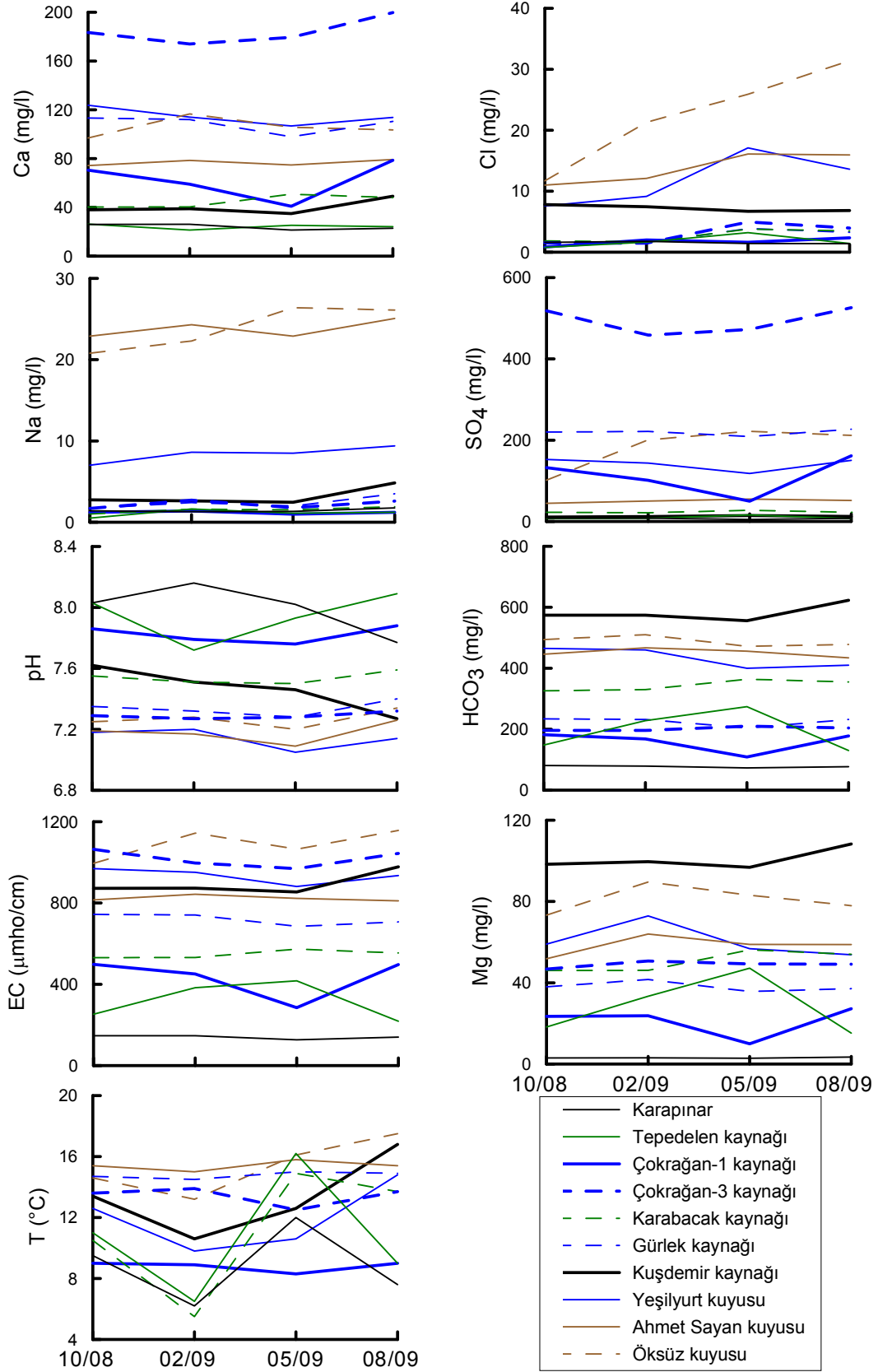
Aynı diyagramlar Hamamboğazı ve Kızılcaören sahası soğuk suları için de çizilmiştir. Bu diyagramlarda dikkat çeken, suların fizikokimyasal özelliklerinde mevsimsel değişimler en çok yüksek kotlarda bulunan trityum değeri yüksek genç sular, karstik kaynaklar ve sığ kuyu sularında gözlenmektedir (Şekil 3.52). Diğer soğuk sularda önemli bir değişim yoktur.



Şekil 3.50. Hamamboğazi ve Kızılcaören sahası sularındaki majör anyon-Na ve -Cl grafikleri.

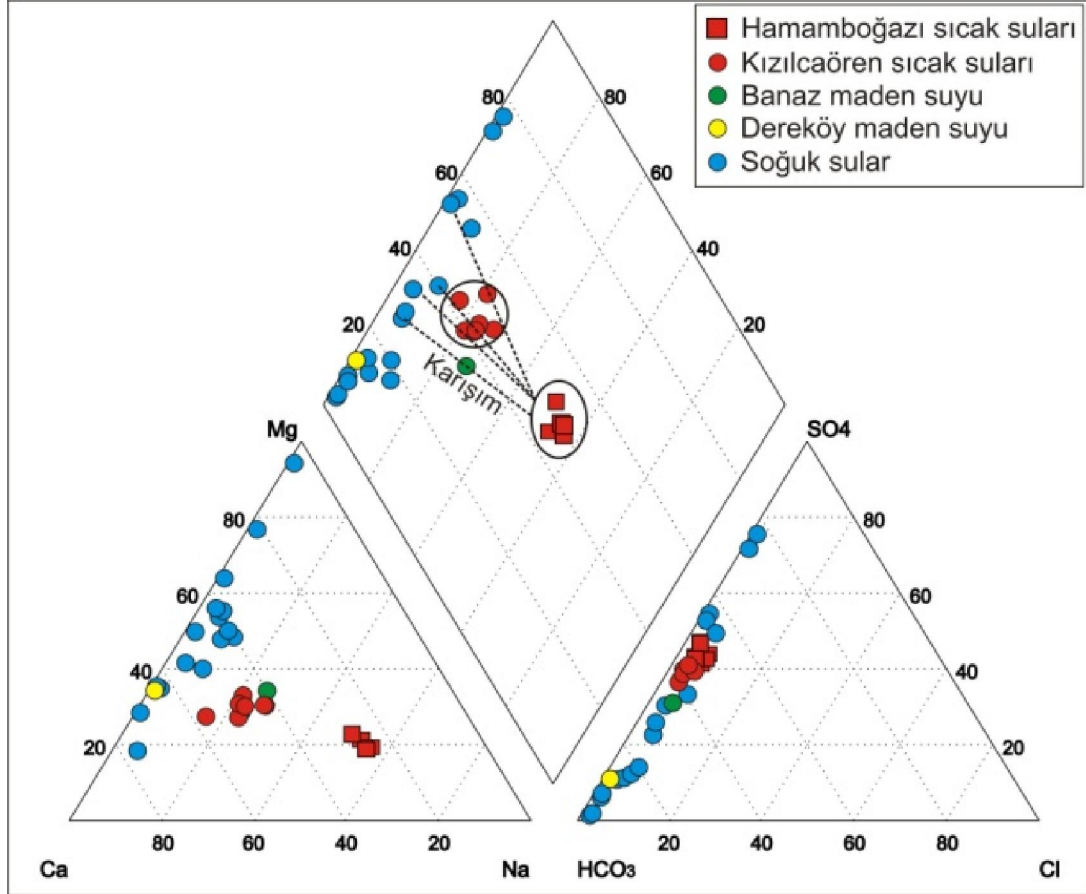


Şekil 3.51. Hamamboğazı ve Kızılcaören sahası sıcak sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde izlenen zamansal değişimler.



Şekil 3.52. Hamamboğazı ve Kızılcaören sahaları soğuk sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde izlenen zamansal değişimler.

Hamamboğazı ve Kızılcaören sahaları sularının Piper diyagramında, Hamamboğazı sıcak suları genellikle karbonat olmayan sertliği karbonat sertliğinden fazla ve karbonat olmayan alkalitesi karbonat alkalitesinden fazla sular kesimine düşerken Kızılcaören suları ve soğuk sular karbonat sertliğinin %50'den fazla olduğu kesimde yer alır (Şekil 3.53). Soğuk suların diyagramdaki dağılımında Na ve Cl dışındaki iyonlar rol oynar. Kızılcaören suları Hamamboğazı sıcak suları ve soğuk sular arasında yer almaktadır. Bu da yukarıda verilen yorumlarda olduğu gibi Kızılcaören sularının soğuk su karışım oranının yüksek olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.53. Hamamboğazı ve Kızılcaören sahaları sularının Piper diyagramındaki dağılımı.

Çizelge 3.20. Hamamboğazı sahası termal ve maden sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde zamansal değişimler (EC: $\mu\text{mho/cm}$, Eh: mV, iyon değerleri mg/l'dir)

Simge	Dönem	T°C	EC	pH	Eh	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₂	NO ₃	F	Na	K	Ca	Mg	Su Tipi
H-1	10/08	52,4	4640	6,64	26,7	1854	119,0	1036,0	0,89	1,5	7,10	663,3	107,7	290,0	147,4	Na-Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	02/09	42,3	4540	7,31	-11,7	1805	113,5	1054,0			5,20	659,5	105,2	297,5	151,4	Na-Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
H-2	10/08	61,0	4430	6,88	15,2	1753	113,1	1106,0	1,08	0,8	5,44	698,3	123,0	276,6	128,3	Na-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	02/09	54,6	4550	6,84	15,4	1698	108,4	1132,0			5,41	680,9	110,3	291,1	143,1	Na-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	54,2	4550	6,76	21,2	1734	117,9	1101,0		0	5,86	696,0	109,0	289,9	137,8	Na-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	55,7	4440	7,07	9,3	1772	118,3	1126,0	0	0	5,66	701,3	107,9	277,5	131,8	Na-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	08/10	67,3	4470	6,91	5,1	1830	127,7	1192,0	0	0	6,48	685,6	109,8	294,0	136,0	Na-Ca-HCO ₃ -SO ₄
H-3	10/08	58,7	4270	7,04	3,6	1689	101,9	1027,0	1,46	0,8	5,82	652,4	108,0	286,5	130,7	Na-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	02/09	56,2	4420	7,02	4,8	1732	99,9	1094,0	1,69	1,0	6,16	629,7	107,8	239,0	128,5	Na-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	57,1	4420	6,95	9,4	1692	118,3	1110,0		0	6,24	636,3	100,6	239,9	127,8	Na-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	55,2	4440	7,00	13,7	1752	121,2	1154,0	0	0	6,07	666,9	107,6	284,6	130,1	Na-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	08/10	58,4	4330	6,90	5,5	1752	140,9	1328,0	0	0	7,16	741,2	125,7	290,6	137,3	Na-Ca-HCO ₃ -SO ₄
H-4	08/10	59,0	4640	6,51	30,0	1800	136,2	1261,0	0	0	6,48	739,7	127,8	355,2	178,4	Na-Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
H-5	10/08		4400	6,79	18,6	1725	103,0	1015,0	0	0,8	6,44	680,7	113,7	278,8	126,3	Na-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	02/09	68,0	4520	6,89	12,5	1725	97,6	994,0	0	0	6,10	663,9	108,1	273,0	141,1	Na-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	67,1	4420	6,65	28,7	1782	117,9	1115,0		0	5,78	657,0	107,9	274,4	127,6	Na-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	69,3	4420	6,64	37,0	1728	120,7	1152,0	0	0	6,50	705,2	110,9	296,6	131,3	Na-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	08/10		4320	6,81	12,4	1660	130,4	1152,0	0	0	6,75	734,9	127,6	294,8	138,4	Na-Ca-HCO ₃ -SO ₄
H-6	10/08	15,6	3100	6,26	48,1	1508	54,7	511,8	0	0,7	1,92	230,4	46,1	310,7	151,0	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	02/09	10,1	3090	6,26	46,3	1550	38,6	396,6	0,65	0,6	2,10	224,4	45,3	308,0	148,0	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	13,5	3010	6,18	51,7	1550	67,7	579,5		0	2,11	243,0	49,3	237,5	163,0	Mg-Ca-Na-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	19,6	3060	6,34	51,3	1530	67,8	587,4	0	0	1,92	223,8	43,6	306,5	159,9	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	08/10	20,4	2900	6,20	44,5	1535	69,4	488,0	0	0	1,67	226,7	46,7	301,6	162,9	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
H-7	08/09	13,8	2129	6,34	50,8	1410	13,4	143,0	0	0	1,41	6,6	4,9	358,0	116,3	Ca-Mg-HCO ₃
	08/10	16,0	2091	6,25	40,7	1375	4,3	138,0	0	0	1,29	5,3	4,5	363,7	116,2	Ca-Mg-HCO ₃

Çizelge 3.21. Kızılcaören sahası termal ve maden sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde zamansal değişimler (EC: $\mu\text{mho/cm}$, Eh: mV, iyon değerleri mg/l'dir)

Simge	Dönem	T°C	EC	pH	Eh	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₂	NO ₃	F	Na	K	Ca	Mg	Su Tipi
K-1	10/08	15,4	2710	6,51	33,7	1220	25,4	673,4	0	0	2,86	172,0	30,4	340,4	140,6	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	02/09	14,3	2570	6,42	38,4	1205	24,3	615,6	0	0,4	2,96	153,8	29,3	332,6	147,3	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	22,8	2940	6,32	45,1	1300	42,3	682,4	0	0	3,17	204,6	35,4	297,5	150,0	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	23,6	3110	6,57	39,0	1330	44,2	713,6	0	0	3,10	193,0	30,1	339,4	134,6	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	08/10	28,9	3030	6,46	30,4	1375	44,8	704,3	0	0	3,03	215,3	34,7	416,8	160,8	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
K-2	10/08	15,7	2900	6,78	18,5	1198	29,1	804,4	0	1,3	3,17	212,8	36,6	375,9	147,4	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	02/09	17,3	2810	6,73	21,1	1240	27,0	748,6	0	1,2	3,05	188,4	33,7	360,1	159,1	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	24,1	2830	6,53	33,0	1225	38,3	783,0	0	0	3,20	172,3	29,4	359,3	162,0	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	23,2	2960	6,90	19,8	1200	38,2	888,0	0	0	2,85	183,0	28,7	366,9	145,5	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	08/10	28,9	2940	6,57	24,1	1350	42,2	935,0	0	0	3,07	239,9	40,7	418,8	173,0	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
K-3	10/08	21,2	2430	6,58	29,7	1108	23,7	550,7	0,47	0,7	2,65	138,0	25,0	305,6	132,2	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	02/09	18,1	2660	6,59	28,9	1255	27,9	629,0	0,50	2,3	2,85	159,6	29,0	263,6	134,0	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	24,6	2790	6,29	47,0	1200	39,4	632,0	0	0	3,23	170,5	30,0	259,9	134,9	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	24,4	2920	6,98	14,9	1250	38,6	729,0	0	0	2,78	183,8	29,8	339,1	126,6	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
K-4	10/08	23,4	2141	6,12	56,1	924	18,8	460,4	0,47	0,4	2,94	117,6	21,1	235,7	109,9	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	02/09	22,9	2036	6,15	53,6	910	17,0	440,6	0	0	2,66	110,8	20,6	234,1	113,8	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	23,3	1966	6,30	46,7	880	26,1	414,6	0	0	2,76	108,4	19,3	169,7	92,7	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	23,9	2013	6,10	65,4	864	26,0	426,0	0	0	2,67	107,3	17,9	210,0	91,1	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	08/10	24,3	1934	6,08	51,7	935	30,7	493,0	0	0	3,39	123,0	21,9	259,8	113,0	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄

Çizelge 3.21. Devam

Simge	Dönem	T°C	EC	pH	Eh	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₂	NO ₃	F	Na	K	Ca	Mg	Su Tipi
K-5	10/08	14,8	2350	6,56	30,7	1092	34,7	535,5	0,55	0,8	2,42	135,4	24,0	320,4	120,7	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	02/09	11,7	2220	6,53	32,0	1100	17,3	498,8	0,49	13,9	2,34	131,3	25,9	311,5	115,3	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	19,6	2970	6,59	29,4	1360	40,6	682,0	0	0	2,46	202,9	39,5	314,6	130,9	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	21,2	3340	6,46	44,7	1280	49,0	818,0	0	0	2,16	244,6	43,0	334,0	147,6	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	08/10	26,9	3080	6,63	20,9	1350	48,0	801,0	0	0	2,15	300,5	64,2	381,7	184,1	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
K-6	10/08	18,8	3040	6,61	28,2	1240	29,5	835,8	0,62	1,6	2,75	239,3	45,1	408,5	137,4	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	02/09	11,5	2390	6,57	30,9	1015	19,8	647,5	0,49	22,5	2,60	160,9	31,3	308,0	123,4	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	14,6	2540	6,54	31,7	1135	33,9	642,3	7,03	0	2,76	176,8	33,4	330,5	121,9	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	20,1	2930	6,86	21,7	1280	38,3	678,0	0	0	2,56	204,3	37,5	388,2	129,0	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	08/10	20,3	2780	6,73	14,6	1300	39,9	892,0	0	0	2,89	241,9	48,1	424,8	148,8	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
K-7	10/08	17,2	3340	6,24	49,1	1410	32,2	936,3	0,55	0,5	2,67	248,8	43,4	469,7	142,0	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	02/09	12,0	3250	6,26	47,5	1435	30,1	786,0	0	6,7	2,54	222,5	40,3	423,0	151,0	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	15,0	3380	6,29	45,9	1510	44,4	759,0	7,0	0	2,84	243,7	41,9	375,5	141,6	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	20,7	3430	6,46	44,8	1550	44,9	854,0	0	0	2,71	246,8	43,3	472,3	140,6	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄
	08/10	21,3	3340	6,32	37,9	1510	46,8	818,0	0	0	2,83	259,2	47,0	452,7	149,5	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄

Çizelge 3.22. Hamamboğazı ve Kızılcaören sahaları soğuk sularının fiziko-kimyasal özelliklerinde zamansal değişimler (EC: $\mu\text{mho/cm}$, Eh: mV, iyon değerleri mg/l'dir)

Simge	Dönem	T°C	EC	pH	Eh	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₂	NO ₃	F	Na	K	Ca	Mg	Su Tipi
HK-1	10/08	9,5	147	8,03	-51,7	81	1,6	8,1	0,06	0,3	0,10	1,4	0,5	26,0	3,0	Ca-HCO ₃
	02/09	6,2	147	8,16	-57,9	79	1,8	8,2	0,06	0,3	0,03	1,3	0,4	26,1	3,1	Ca-HCO ₃
	05/09	12,0	127	8,02	-50,9	73	1,4	4,8	0	0	0,11	1,3	0,4	21,4	2,8	Ca-HCO ₃
	08/09	7,6	141	7,77	-28,0	77	1,4	7,9	0	1,3	0,11	1,8	0,4	22,9	3,4	Ca-HCO ₃
	08/10		135	7,98	-55,6	72	1,6	8,1	0	0	0,10	1,0	0,3	22,3	2,6	Ca-HCO ₃
HK-2	10/08	11,0	253	8,03	-51,8	148	0,8	7,0	0,05	2,5	0,01	0,5	0,2	26,3	18,2	Mg-Ca-HCO ₃
	02/09	6,5	383	7,72	-33,7	228	1,6	8,0	0	3,1	0,05	1,6	0,6	21,4	33,4	Mg-Ca-HCO ₃
	05/09	16,2	417	7,93	-46,0	274	3,2	16,0	0	0	0,18	1,1	0,5	25,3	47,2	Mg-Ca-HCO ₃
	08/09	9,0	218	8,09	-45,3	130	1,4	7,2	0	3,2	0,08	1,2	0,3	24,1	15,2	Mg-Ca-HCO ₃
HK-3	08/09	15,0	439	8,76	-84,1	284	3,0	3,5	0	1,1	0,00	1,6	0,5	4,58	61,3	Mg-HCO ₃
HK-4	10/08	10,5	531	7,55	-24,7	326	1,9	22,5	0	0,1	0,16	1,0	0,7	40,2	46,0	Mg-Ca-HCO ₃
	02/09	5,5	532	7,51	-21,9	330	1,7	21,5	0	0	0,08	1,6	0,8	40,4	46,1	Mg-Ca-HCO ₃
	05/09	14,9	573	7,5	-21,8	364	3,8	27,6	0	0	0,18	1,5	0,9	50,8	56,2	Mg-Ca-HCO ₃
	08/09	13,7	554	7,59	-19,1	355	3,5	22,6	0	1,2	0,20	1,9	1,0	48,0	54,0	Mg-Ca-HCO ₃
HK-5	10/08	9,0	498	7,86	-42,5	182	0,9	132,3	0,11	0,5	0,23	1,2	0,4	70,5	23,5	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	02/09	8,9	451	7,79	-37,7	168	2,0	101,2	0	0,6	0,07	1,4	0,5	59,0	23,8	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	8,3	285	7,76	-35,8	109	1,6	50,0	0	1,0	0,11	1,0	0,5	40,9	9,9	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	9,0	497	7,88	-34,5	178	2,4	161,5	0	1,4	0,21	1,2	0,5	78,6	27,2	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	08/10	9,1	493	7,90	-49,0	156	2,6	169,0	0	0	0,19	1,2	0,4	74,9	27,6	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
HK-6	02/09	10,3	759	7,58	-26,1	162	1,1	327,0	0,18	0,2	0,24	1,5	0,6	112,9	46,1	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	05/09	9,2	301	7,75	-35,2	128	2,9	65,7	0	0	0,12	0,8	0,4	44,5	11,5	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	9,3	781	7,71	-24,9	164	3,0	340,0	0	0	0,32	1,3	0,6	123,3	42,4	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	08/10	9,5	768	7,79	-42,7	163	3,1	328,0	0	0	0,30	1,2	0,5	124,0	43,2	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃

Çizelge 3.22. Devam

Simge	Dönem	T°C	EC	pH	Eh	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₂	NO ₃	F	Na	K	Ca	Mg	Su Tipi
HK-7	10/08	13,6	1064	7,29	-10,1	196	1,5	518,3	0	0,7	0,48	1,7	0,7	183,4	46,7	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	02/09	13,9	997	7,27	-8,9	196	1,5	458,5	0	1,0	0,51	2,7	1,0	174,0	50,7	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	05/09	12,5	969	7,28	-9,5	210	4,9	472,4	0	0	0,53	1,8	0,7	179,4	49,3	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	08/09	13,7	1044	7,32	-3,5	204	4,0	526,0	0	0,6	0,46	2,6	0,8	199,7	49,1	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	08/10	14,5	1008	7,33	-18,3	206	4,5	520,0	0	0	0,40	2,1	0,7	199,0	52,4	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
HK-8	10/08	14,7	744	7,35	-13,8	234	1,4	220,0	0,18	0,7	0,36	1,7	0,7	113,3	38,0	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	02/09	14,5	741	7,32	-11,7	232	1,5	221,5	0	0,8	0,30	2,4	0,8	112,0	41,6	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	05/09	15,0	685	7,28	-9,5	204	3,9	209,0	0	0	0,36	2,0	0,8	97,9	35,7	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	08/09	14,9	707	7,4	-8,9	232	3,3	227,0	0	3,0	0,30	3,5	0,8	110,5	37,1	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	08/10	14,8	686	7,34	-19,0	231	4,1	237,7	0	0	0,31	2,4	0,7	116,4	37,5	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
HK-9	10/08	12,6	969	7,18	-4,2	465	7,6	152,8	0,28	2,9	0,44	7,0	7,5	123,8	59,0	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	02/09	9,8	951	7,20	-4,9	460	9,1	143,6	0	11,5	0,36	8,6	9,0	114,0	72,9	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	10,6	881	7,05	3,0	400	17,1	118,0	0	13,4	0,41	8,5	8,9	106,8	56,8	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	14,8	935	7,14	6,0	410	13,6	150,5	0	8,5	0,51	9,4	7,3	113,8	53,8	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	08/10	13,7	974	7,13	-7,4	450	14,5	165,6	0	7,1	0,38	8,5	8,2	131,0	69,3	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
HK-10	10/08	15,0	662	7,40	-16,5	338	13,2	41,0	0	27,1	0,36	7,7	1,8	60,2	50,9	Mg-Ca-HCO ₃
	02/09	15,3	683	7,36	-13,8	354	18,6	15,2	0,14	42,3	0,39	7,2	0,9	62,4	53,8	Mg-Ca-HCO ₃
	05/09	15,9	662	7,44	-19,1	346	9,6	37,3	0	22,9	0,38	5,7	0,9	61,6	51,9	Mg-Ca-HCO ₃
HK-11	10/08	14,6	995	7,25	-8,0	494	11,7	101,6	0,37	8,5	0,54	20,8	2,2	96,9	73,3	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	02/09	13,2	1144	7,28	-9,2	510	21,3	200,8	0,24	15,6	0,60	22,3	2,6	116,6	89,6	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	16,1	1065	7,20	-4,9	472	25,9	222,0	0	14,8	0,67	26,4	2,3	105,7	83,1	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	08/09	17,5	1157	7,34	-5,0	478	31,4	211,9	0	19,5	0,67	26,1	2,0	103,5	77,9	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	08/10	16,7	1353	7,41	-23,5	570	38,4	294,6	0	22,1	0,60	37,1	2,6	136,8	112,7	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄

Çizelge 3.22. Devam

Simge	Dönem	T °C	EC	pH	Eh	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₂	NO ₃	F	Na	K	Ca	Mg	Su Tipi
HK-12	10/08	14,0	1049	7,31	-11,1	480	12,3	144,0	0,30	4,6	0,45	15,5	2,2	97,5	87,5	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	02/09		1079	7,24	-7,3	490	12,8	159,1	0,20	5,6	0,51	17,8	2,4	98,4	93,3	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	05/09		940	7,55	-25,4	416	15,1	123,0	0	11,0	0,57	10,3	2,2	87,9	64,8	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	08/09		1011	7,70	-26,0	475	14,6	140,0	0	32,4	0,48	14,9	2,8	97,4	85,4	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	08/10		974	7,53	-30,2	470	17,7	161,4	0	13,4	0,48	13,0	2,3	94,2	90,7	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
HK-13	08/09		727	7,67	-24,2	340	14,2	48,6	0	44,5	0,65	14,7	0,7	64,6	43,7	Mg-Ca-HCO ₃
HK-14	10/08	15,4	815	7,19	-4,7	446	11,0	44,7	0,19	30,4	0,56	22,9	4,4	74,2	51,8	Mg-Ca-HCO ₃
	02/09	15,0	843	7,17	-3,4	467	12,1	50,2	0,20	37,8	0,56	24,3	4,7	78,5	64,0	Mg-Ca-HCO ₃
	05/09	15,8	823	7,09	0,7	456	16,1	55,0	0	32,2	0,46	22,9	4,5	74,7	58,9	Mg-Ca-HCO ₃
	08/09	15,4	811	7,26	-0,6	434	16,0	51,7	0	32,7	0,48	25,1	4,2	79,2	58,8	Mg-Ca-HCO ₃
HK-15	10/08	14,8	1051	7,14	-2,0	508	11,9	140,2	0,32	21,6	0,57	16,1	7,3	97,0	83,8	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	02/09	12,3	1104	7,15	-2,2	544	13,2	135,9	0,18	28,6	0,60	16,3	7,3	100,2	85,0	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
	05/09	17,5	1189	7,07	2,0	560	21,9	141,3	0	37,0	0,62	16,8	7,8	113,2	91,3	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
HK-16	10/08	14,7	1232	7,06	2,5	468	15,0	281,2	0,24	0,4	0,69	20,9	3,6	159,3	77,0	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	02/09		1430	7,03	4,1	490	24,3	459,7	0	0,2	0,66	28,1	3,8	177,8	97,9	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	05/09		1306	7,27	-9,3	490	26,1	394,3	0	0	0,73	22,8	3,6	167,4	86,5	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	08/09		1705	7,50	-14,4	523	29,2	464,0	0	0	1,12	38,8	4,5	205,4	99,0	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	08/10		1339	7,31	-17,9	487	23,7	379,7	0	0	0,61	22,7	3,7	181,5	89,4	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
HK-17	10/08	13,4	872	7,62	-28,9	574	7,8	10,9	0	0	0,40	2,7	0,5	38,0	98,3	Mg-HCO ₃
	02/09	10,6	873	7,51	-22,0	574	7,5	12,0	0	0	0,49	2,6	0,5	38,9	99,6	Mg-HCO ₃
	05/09	12,6	854	7,46	-19,7	556	6,7	14,5	0	0	0,40	2,5	0,5	34,9	96,8	Mg-HCO ₃
	08/09	16,8	978	7,27	-1,3	623	6,8	12,5	0	0	0,42	4,8	0,6	49,1	108,3	Mg-HCO ₃
	08/10	17,9	952	7,29	-16,8	648	7,4	13,0	0	0	0,35	3,9	0,6	42,4	104,2	Mg-HCO ₃

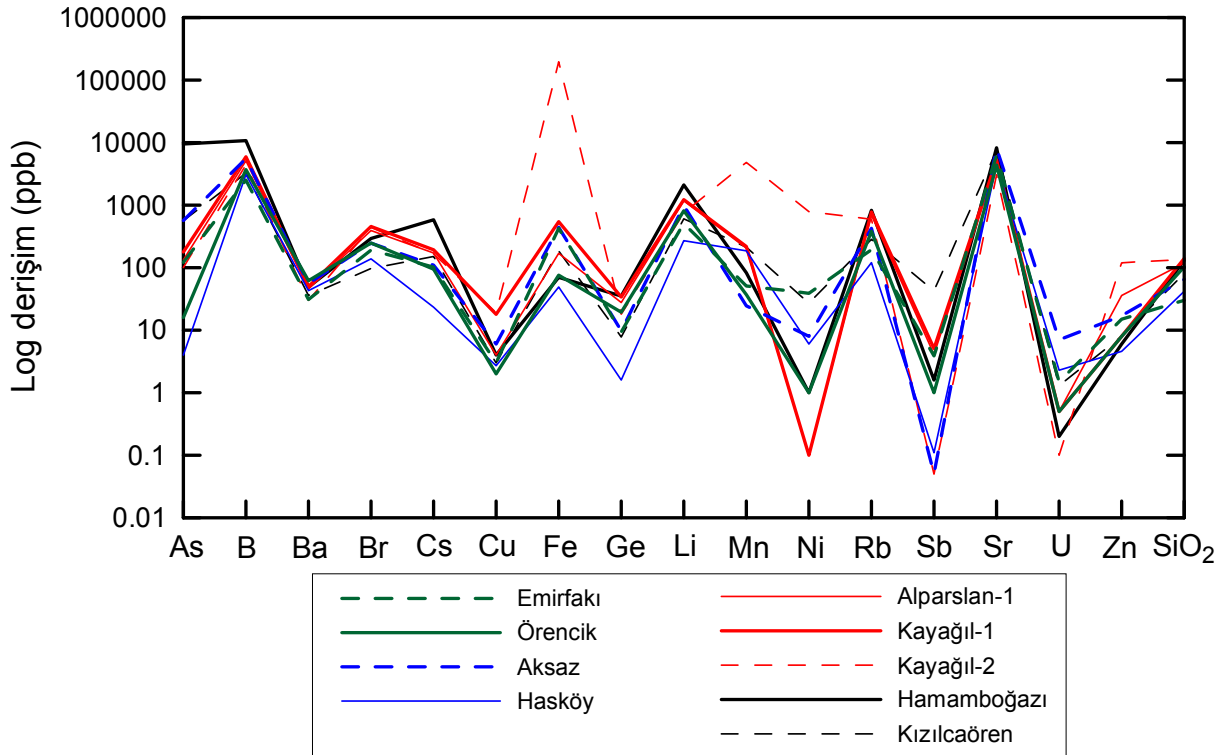
Çizelge 3.23. Hamamboğazı ve Kızılcaören sahaları sularında bazı iz element (ppb) ve SiO₂ (ppm) değerleri

Simge	Suyun Adı	Dönem	As	B	Ba	Br	Cs	Cu	Fe	Ge	Li	Mn	Mo	Ni	Rb	Sb	Sr	U	Zn	SiO ₂
H-1	HB-4	02/09															6942			107,6
H-2	HB-2	08/10	8930	10811	45	304	580	5,0	56	34,1	2107	161	<1	4,0	824	2,2	8076	-	6,0	135,9
H-3	Sarıköz	08/10	8399	11296	49	290	644	4,0	67	38,0	2068	88	<1	<2	865	1,7	8237	0,7	7,0	121,8
H-4	Kocagöz	08/10	8711	10339	45	306	563	5,0	333	34,3	2043	210	<1	7,0	826	1,6	8465	0,4	8,0	140,6
H-5	Sauna	08/10	95640	10750	49	293	585	4,0	70	35,2	2102	83	<1	<2	829	1,6	8260	0,2	6,0	130,9
H-6	Banaz Maden Suyu	08/10	2106	3685	27	246	104	2,0	2209	3,9	634	435	<1	25,0	318	<0,5	4497	2,0	10,0	14,6
H-7	Dereköy maden suyu	08/10	2	33	74	34	0	1,4	2109	0	58	373	0,1	27,4	21	<0,5	1214	2,1	7,0	10,6
K-1	Kızılcaören-1	08/10	567	3255	36	97	151	3,0	186	7,8	607	213	<1	27,0	285	42,7	7486	1,3	8,0	80,6
K-2	Kızılcaören-2	08/10	969	3080	39	97	157	3,0	39	7,4	564	280	<1	47,0	268	219,1	6982	1,9	7,0	78,5
K-3	Kızılcaören-3	08/09	761	2806	42	98	166	24,0	57	6,0	570	314	1,0	69,0	274	36,3	7018	2,7	10,0	78,6
K-4	Kızılcaören-4	08/10	732	1398	31	64	94	2,1	16	4,9	269	111	0,4	26,0	160	3,4	3998	0,9	2,5	63,0
K-5	Kızılcaören-5	08/10	240	3728	36	115	130	3,0	90	6,5	684	162	<1	279,0	326	4,0	7259	1,8	6,0	82,1
K-6	Kızılcaören-7	08/10	1547	3142	26	97	175	3,0	110	5,8	570	58	<1	101,0	317	<0,5	7286	2,3	5,0	77,8
K-7	Kızılcaören-8	08/10	369	3762	21	98	179	4,0	577	7,4	701	471	<1	153,0	343	<0,5	8736	2,0	11,0	70,7

Çizelge 3.23. Devam

Simge	Suyun Adı	Dönem	As	B	Ba	Br	Cs	Cu	Fe	Ge	Li	Mn	Mo	Ni	Rb	Sb	Sr	U	Zn	SiO ₂
HK-1	Karapınar	08/10	3	<5	1	7	0	0,4	21	0	0,2	1	0,3	0,3	0	0,1	33	0,2	4,3	6,6
HK-2	Tepedelen	08/10		0	0				0		0	0		0			93		0	24,4
HK-3	Çaloluk	08/10	7	24	3	12	1	11,3	45	0	4	3	<1	7,5	1	0,2	20	0,0	1,4	18,6
HK-4	Karabacak	08/10	24	19	85	15	1	13,7	43	0	3	2	0,6	22,6	2	0,4	262	1,4	1,6	19,1
HK-5	Çokran-1	08/10	2	13	7	8	0	0,7	3	0	1	0	1,1	<2	1	0,9	738	0,8	1,4	10,7
HK-6	Çokran-2	08/10	3	5	9	8	0	1,3	8	0	1	0	1,5	<2	1	3,5	1662	0,9	1,7	13,8
HK-7	Çokran Acısu	08/10	1	12	19	11	1	2,0	6	0	2	0	1,0	<2	2	0,6	2612	0,9	3,0	14,0
HK-8	Gürlek	08/10	2	6	27	11	0	1,0	3	0	2	0	0,5	1,2	1	10,0	1162	0,8	2,1	16,6
HK-9	Yeşilyurt	08/10	2	34	114	31	0	1,9	64	0	5	1	0,5	5,8	1	0,8	987	1,9	3,7	32,9
HK-10	Muratlı	05/09	?	0	435				0		5	0		0			494		1,0	15,9
HK-11	Öksüz	08/10	19	259	112	113	2	1,2	6	0	51	1	0,8	14,3	4	0,6	1351	3,7	1,5	39,9
HK-12	Hasanköy	08/10	2	54	69	79	0	2,2	15	0	19	2	0,4	2,6	1	0,1	824	4,0	163,1	17,4
HK-13	Vişne	08/09	2	41	76	87	0	15,2	7	0	8	7	0,4	1,7	2	0,1	660	3,8	7,9	19,7
HK-14	Ahmet Sayan	08/09	8	76	107	70	0	4,3	54	0,1	27	3	1,5	0,5	2	0,1	738	2,9	7,5	46,5
HK-15	Ahmet Binbay	05/09		0	152				22		28	0		0			1417		455,0	34,9
HK-16	Kaplangı	08/10	25	50	59	75	1	5,1	7	0	39	29	1,2	4,6	4	0,2	1746	11,4	17,6	27,0
HK-17	Kuşdemir	08/10	1	47	33	32	0	0,5	19	0	8	3	0,3	21,1	2	0,1	169	0,7	0,8	34,6

İnceleme alanı jeotermal sularının iz element ve SiO₂ dağılımına bakıldığında Şekil 3.54'de verilen iz elementler açısından Ni hariç en düşük derişimlere sahip olan su Hasköy termal kaynağından boşalır. Ba ve Sr tüm termal sularda birbirine yakın değerlerdedir. As, B, Cs ve Li Hamamboğazı termal sularında maksimum derişimlerde. Cs, Li ve Rb, termal sularda sıcaklık artışına uyumlu şekilde sıralanmışlardır. Karağaç sahasında Kayağıl-2 sığ jeotermal sondaj kuyusundan alınan suda Fe (200000 ppb), Mn (483 ppb), Ni (790 ppb) ve Zn (120 ppb) ekstrem değerlere ulaşır. Kızılcaören sularında da Sb, diğer tüm sulardan hemen hemen 10 kat fazla derişimde bulunur. Her iki sahada da ortak özellik, Kızılcaören termal kaynak alanında ve sığ derinlikteki Kayağıl-2 kuyusunun bulunduğu kokasyon ve çevresinde, yüzeyde aşırı ölçüde hidrotermal alterasyon gözlenmesidir. Burada anılan elementlerin suda aşırı miktarda bulunuşu olasılıkla hidrotermal alterasyon zonu ile ilişkilidir. Hidrotermal alterasyon ürünlerinin kimyasal analizi yaptırılmamakla birlikte gözlemsel olarak Kızılcaören'de Fe ve Sb, Karağaç sahasında kükürt ve su analizlerinden hareketle Fe, Mn, Ni ve Zn'ce zengin bir alterasyon zonundan sözedilebilir.



Şekil 3.54. Uşak ili jeotermal sularında iz element dağılımı.

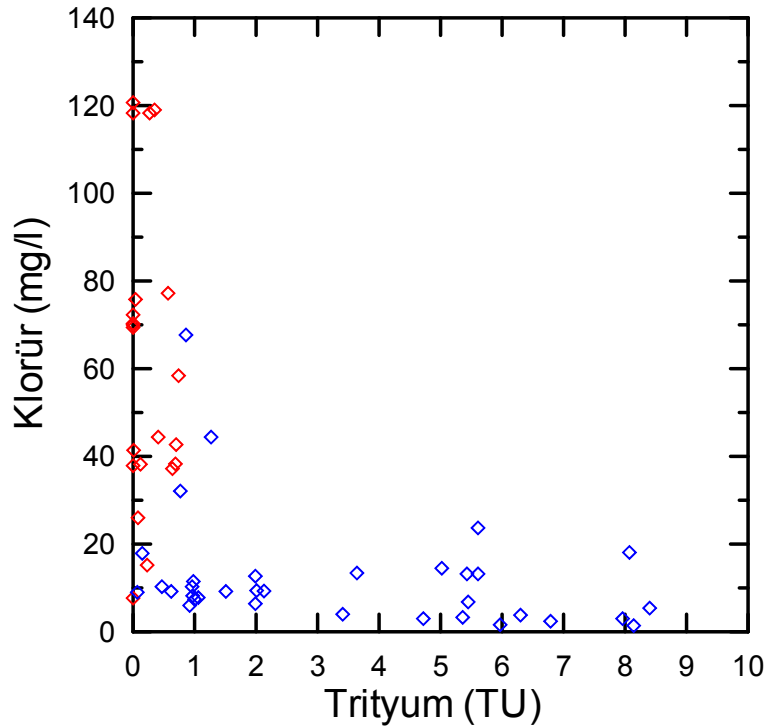
4. İZOTOP SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

İnceleme alanlarından değişik dönemlerde (bkz. Yöntemler) toplanan suların $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$, trityum, $\delta^{13}\text{C}$, $^{34}\text{S}(\text{SO}_4)$ ve $^{18}\text{O}(\text{SO}_4)$ analizleri yaptırılmıştır. Suların ilk üç izotop içerikleri ile ilgili kısa değerlendirmeler aşağıda verilmiştir:

4.1. Trityum

Trityum içeriklerine bakıldığında, termal suların tümü sıfır ya da sıfıra yakın trityum değerlerine sahiptir (Çizelge 4.1). O nedenle bu sular yaşlı sulardır ve yeraltında kalış süreleri en az 50 yıldır. Emirfakı sahasında Emirfakı köy sondajı 2.01 TU değeriyle nispeten daha genç yeraltısularını temsil eder. Akbulak soğuk kaynak ve Gediz Çayı sularının trityum değerleri yüksek ve hemen hemen aynıdır. Genç suları temsil ederler. Örencik sahasında maden suyu, Elmalık sondajı ve Reyyan kaynağının trityum değerleri sıfıra yakındır ve termal sular gibi yaşlı sulardır. Bu sahada Tepe Mahallesi sondaj suyu en yüksek trityum değerine sahip olan genç suları temsil eder. Aksaz ve Hasköy sahalarındaki soğuk kaynak ve sondaj sularının trityum değerleri düşüktür (maksimum 2.13 TU). Tersine Hamamboğazı ve Kızılcaören sahalarındaki soğuk sular yüksek trityum değerleri nedeniyle genç sulardır. Bu suların çoğunluğu yüksek kotlarda olup beslenmesi genellikle kar suyundandır. O nedenle bu suların trityum değerleri beklendiği gibi yüksek çıkmıştır. Çokrağan mağarası içinde çıkan kaynaklardan en düşük iyon derişimine sahip olan Çokrağan-1 kaynağının trityum değeri 6.79 TU iken en yüksek derişime sahip olan Çokrağan-3 kaynağının trityum değeri 3.71 TU'dur. Bu durumda Çokrağan-3 kaynak suyunun daha derin dolaşım yaptığı söylenebilir.

İnceleme alanı sularının trityum-klorür grafiğine bakıldığında (Şekil 4.1), derin dolaşım yapan sıcak suların trityum değerlerinin hemen hemen 0 TU ve Cl değerlerinin yüksek, sıg dolaşım yapan soğuk suların ise trityum değerlerinin yüksek ve Cl değerlerinin düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 4.1. İnceleme alanı sularının Cl-trityum grafiği (kırmızı simgeler sıcak, maviler soğuk suları temsil etmektedir).

Çizelge 4.1. İnceleme alanı sularının izotop analiz sonuçları.

Suyun Adı	$\delta^{18}\text{O}$ VSMOW ‰	$\delta^2\text{H}$ VSMOW ‰	$\delta^{13}\text{C}$ VPDB ‰	Tritiyum (TU)	Hata ± 1 Sigma
Emirfakı Termal Kaynağı	-8,82	-66,8	2.24	0,01	0,25
Emirfakı Hamamı	-8,74	-64,5	0.29	0,70	0,26
Zekeriya Mıdık kuyusu	-8,43	-62,1	4.55	-	-
Cemalettin Yıldırım kuyusu	-9,96	-63,9	-	-	-
Emirfakı Adem Mıdık Kuyusu	-9,60	-62,1	-	-	-
Emirfakı Şevket Mıdık Kuyusu	-9,65	-60,8	0.06	0,64	0,28
Emirfakı Mustafa Atak Kuyusu	-7,34	-51,9	-0.91	-	-
Emirfakı soğuk sondaj	-8,01	-52,0	-5.97	2,01	0,30
Akbulak soğuk kaynak	-7,79	-48,7	-5.44	8,40	0,40
Gediz Çayı	-8,54	-53,6	-	8,35	0,41
Örencik termal sondajı	-9,32	-71,1	3.11	0,57	0,27
Örencik maden suyu kaynağı	-9,32	-71,9	1.41	-	-
Reyyan kaynağı	-7,93	-61,0	-4.86	0,74	0,27
Elmalık sondajı	-9,81	-73,2	1.94	-0,18	0,27
Çamyazı sondajı	-7,58	-58,0	-7.20	5,89	0,37
Örencik adi kuyu	-7,51	-53,3	-9.77	-	-
Örencik köyü sondajı	-7,66	-54,5	5.65	1,27	0,30
Tepe mahallesi sondajı	-7,82	-54,0	-6.76	8,07	0,39
Fakılı köyü sondajı	-7,94	-55,2	2.08	-	-
Aksaz hamamı kaynağı	-8,68	-63,8	2.10	-0,08	0,50
Uyuz hamamı kaynağı	-8,95	-73,7	1.41	-0,14	0,48
Hanyeri kaynağı	-7,08	-53,4	-3.08		
Kıranyer-Böceli sondajı	-7,65	-53,2	-5.57	0,96	0,51
Ulubey içme suyu sondajı	-7,57	-52,3	-5.65		
Aksaz İçme Suyu	-6,50	-48,9	-6.14	0,15	0,49
Narlı köyü sondajı	-7,25	-51,6	-	1,46	0,54
Yedioluk kaynağı	-7,87	-54,5	-6.14	1,99	0,57
İnay Acısu kaynağı	-7,46	-52,6	-0.58	0,77	0,53
Katrancılar köyü sondajı	-8,29	-56,4	-0.79		
Sazak-Kışla sondajları	-8,08	-55,3	-9.20	0,92	0,53
Aksaz Deresi	-6,44	-50,8	5.35	1,24	0,53
Hasköy Kaplıcası	-8,30	-65,6	4.20	-0,05	0,47
Hasköy-Acısu	-8,16	-64,1	0.53	0,69	0,29
Avgan İçme Suyu	-7,38	-54,4	-2.22	1,99	0,32
Hasköy İçme Suyu	-7,75	-53,7	0.33	1,00	0,31
Karahallı İçme Suyu	-8,48	-58,3	1.24	-	-
Cemal Deresi Kaynağı	-8,89	-62,0	2.43	2,13	0,32
Karayakuplu İçme Suyu	-7,85	-54,3	-3.37	0,47	0,30
İshaklar İçme Suyu	-6,04	-48,9	-5.34	-	-

Çizelge 4.1. Devam

Suyun Adı	$\delta^{18}\text{O}$ VSMOW ‰	$\delta^2\text{H}$ VSMOW ‰	$\delta^{13}\text{C}$ VPDB ‰	Trityum (TU)	Hata ± 1 Sigma
Hamamboğazı-1	-9,79	-76,6	4.18	0,35	0,30
Hamamboğazı-2	-9,57	-81,2	4.51	0,27	0,29
Hamamboğazı-Karakız	-9,58	-81,1	8.65	-0,02	0,27
Hamamboğazı Sauna	-9,69	-81,8	5.64	-0,08	0,27
Banaz Maden Suyu	-8,72	-67,4	3.13	0,86	0,29
Kızılcaören-1	-8,51	-62,7	12.01		
Kızılcaören-2	-8,50	-65,8	-9.52	0,12	0,28
Kızılcaören-3	-8,48	-62,1	6.75		
Kızılcaören-4	-9,16	-64,9	7.26	0,08	0,28
Kızılcaören-5	-8,29	-60,8	7.30		
Kızılcaören-7	-9,17	-68,8	5.59		
Kızılcaören-8	-9,32	-71,1	-6.56		
Y. Karacahisar Karapın.	-10,60	-68,1	-10.97		
Bahadır Tepedelen pn.	-10,48	-66,9	-3.32	5,97	0,39
Y.Karacahisar Ekinlik pn	-10,59	-67,3	-5.92		
Çokrağan-1 Kaynağı	-10,38	-66	-1.98	6,79	0,41
Çokrağan-2 Kaynağı			-1.69		
Çokrağan-3 Kaynağı	-9,88	-65	-6.50	3,41	0,32
Hallaçlar	-9,95	-63,3	-5.17	6,30	0,38
Gürlek	-9,78	-63,5	-1.93	5,36	0,37
Kuşdemir Köyü	-8,79	-57,6	-5.81	5,45	0,36
Muratlı Köyü	-8,55	-57,7	-	5,61	0,38
Yeşilyurt Köyü	-8,85	-61,1	-9.95	5,02	0,36
Öksüz İçme Suyu	-7,43	-53,9	-4.92		
Hatıpler Ahmet Sayan	-8,02	-55,5	-8.94		
Alaba Ahmet Binbay	-7,84	-55,0	-	5,43	0,37
Kaplangı İçme Suyu	-8,44	-57,8	-	5,61	0,38
Hasanköy İçme Suyu	-9,10	-61,2	-5.23		
Kayaağıl termal-1	-7.74	-56.0	1.03		
Kayaağıl termal-2	-7.46	-53.5	1.91		
Yağmur suyu	-11.85	-82.0	-	4.95	0.35

4.2. ^{18}O ve ^2H

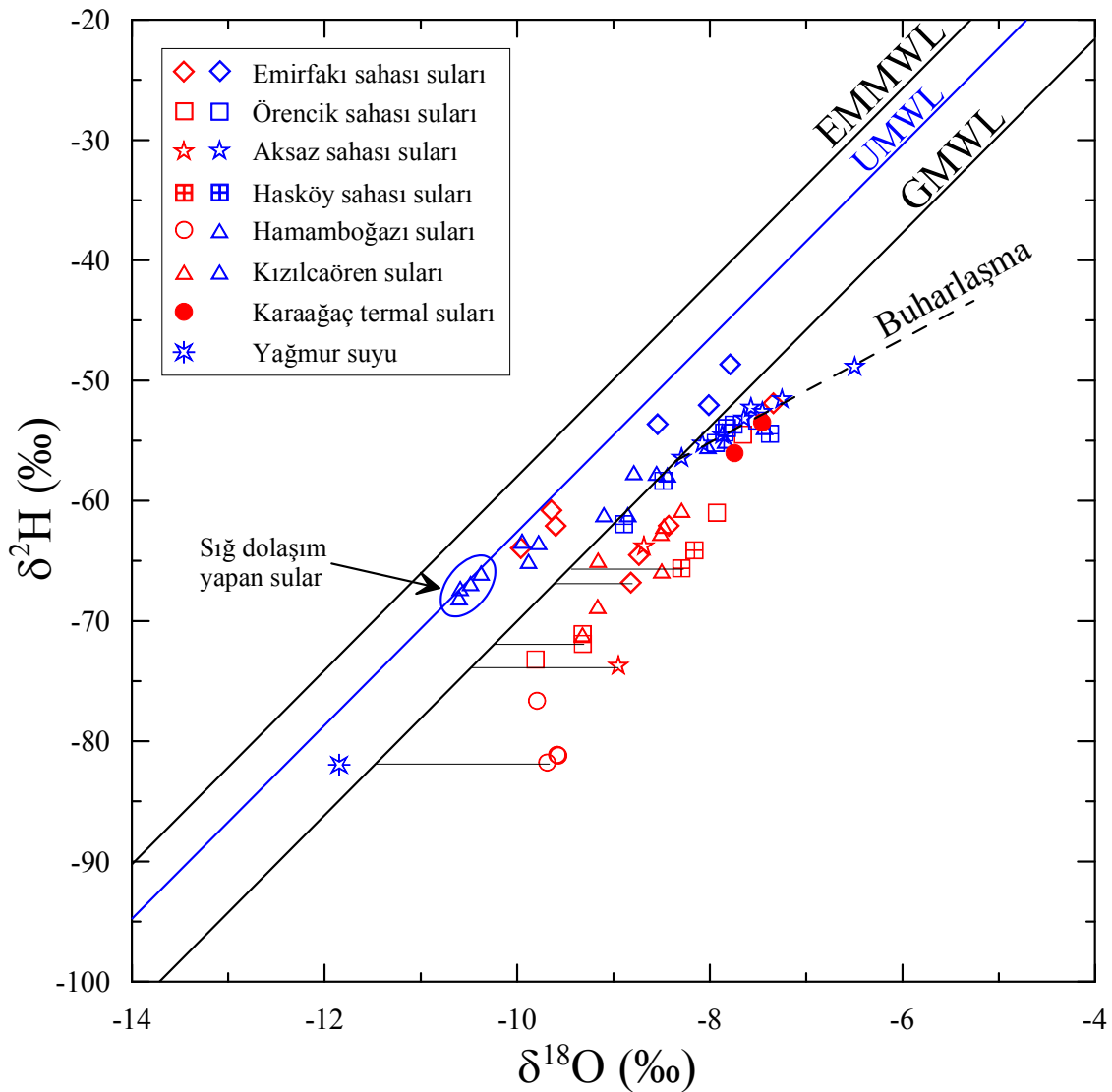
Suların $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ grafiği incelendiğinde, soğuk suların çoğunun “Dünya Meteorik Su Çizgisi” ile “Doğu Akdeniz Meteorik Su Çizgisi” arasında olduğu görülmektedir (Şekil 4.2). Bu çalışmada veri sayısı çok yetersiz olmasına karşın, suların EC ve trityum değerleri göz önüne alınarak Uşak yöresi için döteryum fazlası ‰17 olarak önerilmiştir. Bu durumda önerilen su Uşak Meteorik Su Çizgisi (UMWL) GMWL ile MMWL arasında kalmaktadır.

GMWL: $\delta^2\text{H} = 8 \cdot \delta^{18}\text{O} + 10$ (Craig, 1961)

MMWL: $\delta^2\text{H} = 8 \cdot \delta^{18}\text{O} + 22$ (Gatt and Carmi, 1970)

UMWL: $\delta^2\text{H} = 8 \cdot \delta^{18}\text{O} + 17$ (Bu çalışma)

$\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ grafiğinde inceleme alanı termal sularının (Emirfakı sahasındaki iki su hariç) tamamının $\delta^{18}\text{O}$ zenginleşmesi gösterdiği görülmektedir. En fazla zenginleşme, inceleme alanında en sıcaklığı yüksek olan Hamamboğazı sularında olmuştur. Aksaz ve nispeten de Hasköy soğuk suları meteorik su çizgisinde bir buharlaşma doğrusu oluşturacak şekilde ayrılmıştır.



Şekil 4.2. İnceleme alanı sularının $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ grafiği

Çalışma alanlarındaki suların dönemsel izotop analiz sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

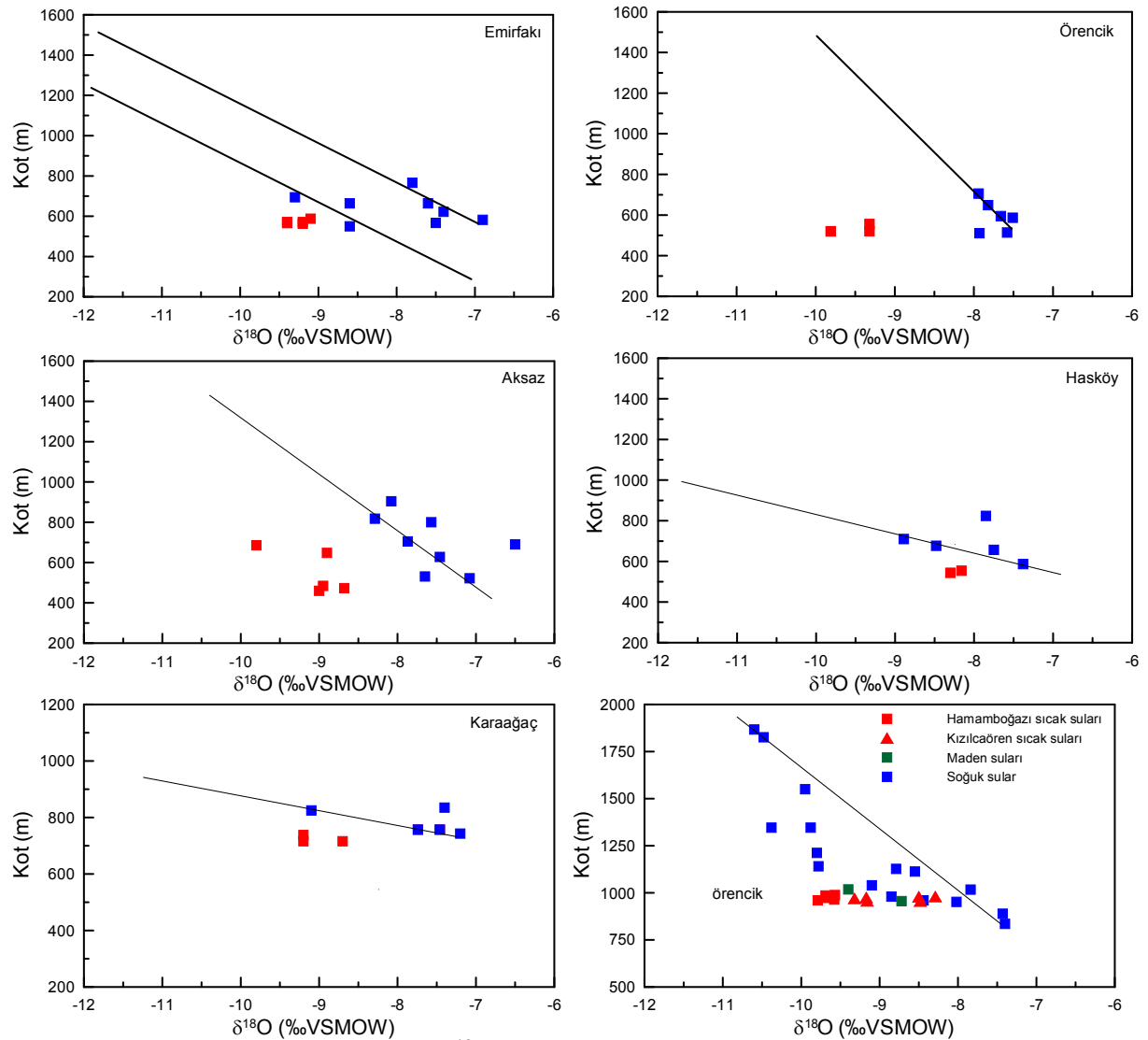
Çizelge 4.2. Uşak jeotermal sahalarının dönemsel izotop analiz sonuçları.

Suyun Adı	$\delta^{18}\text{O}$ (‰ vs			$\delta^2\text{H}$ (‰ vs VSMOW)			Tritiyum (TU)		$\delta^{13}\text{C}$
	10/08	05/0	08/10	10/08	05/09	08/10			
Termal Kaynak	-8,82	-9,1	-9.0	-66,8	-61,0	-60.0	0.01	0.98	2.24
Hamam	-8,74	-9,2	-9.2	-64,5	-61,0	-60.0	0.70	1.12	0.29
Zekeriya Mıdık	-8,43	-9,2	-9.4	-62,1	-64,0	-61.0			4.55
Cemalettin Yıldırım	-9,96	-9,4		-63,9	-61.0				
Adem Mıdık	-9,60	-9,4		-62,1	-61.0				
Şevket Mıdık	-9,65	-9.4		-60,8	-60.0		0.64		0.06
Mustafa Yılmaz									-0.05
Mustafa Atak	-7,34	-6.9		-51,9	-48.0				-0.91
Emirfakı İçme suyu	-8,01	-8.6	-8.4	-52,0	-52.0	-52.0	2.01		-5.97
Akbulak kaynağı	-7,79	-7.5	-7.5	-48,7	-51.0	-49.0	8.40	3.88	-5.44
Yıldızoğlu eski		-8.6			-60.0			1.86	-0.17
Yıldızoğlu yeni			-7.6			-54.0		0.09	
Beylerhan			-7.4			-49.0			-5.31
UMPAŞ-1			-9.3			-61.0		0.05	
Zahman içme suyu			-7.8			-48.0		1,85	-13.39
Gediz Çayı	-8,54	-9.0	-8.1	-53,6	-57.0	-51.0	8.35		
Termal Sondaj	-9,32	-9.3	-9.5	-71,1	-66.0	-65.0	0.57	0	3.11
Maden Suyu	-9,32	-9.8	-9.9	-71,9	-70.0	-66.0			1.41
Reyyan Çeşmesi	-7,93	-4.9	-7.9	-61,0	-48.0	-53.0	0.74	1.78	-4.86
Elmalık	-9,81	-10.0		-73,2	-70.0		0	0.05	1.94
Çamyazı	-7,58	-7.7		-58,0	-52.0		5.89		-7.20
Adi Kuyu	-7,51	-7.7	-7.1	-53,3	-47.0	-46.0			-9.77
Örencik içme suyu	-7,66	-7.9	-8.1	-54,5	-53.0	-53.0	1.27	0.75	5.65
Tepe Mah. İçme	-7,82	-7.8	-8.0	-54,0	-52.0	-52.0	8.07	2.00	-6.76
Fakılı Köyü İçme	-7,94		-7.9	-55,2		-52.0			2.08
Aksaz Kaplıcası	-8,68	-9.2	-9.4	-63,8	-67.0	-63.0	0	0	2.10
Uyuz Hamamı	-8,95	-9.3	-9.1	-73,7	-65.0	-64.0	0	0.16	1.41
Hanyeri Köyü İçme	-7,08	-6.6	-7.2	-53,4	-47.0	-46.0			-3.08
Kıranköy-Böceli İçme	-7,65		-7.40	-53,2		-50.0	0.96	0.07	-5.57
Ulubey İçme Suyu	-7,57	-6.8	-7.30	-52,3	-47.0	-49.0			-5.65
Aksaz Köyü İçme	-6,50	-6.0	-6.4	-48,9	-46.0	-44.0	0.15	0	-6.14
Yedioluk kaynağı	-7,87	-7.6	-7.9	-54,5	-49.0	-51.0	1.99	3.32	-6.14
İnay Acısu	-7,46	-6.4	-7.7	-52,6	-50.0	-52.0	0.77	1.09	-0.58
Katrancılar İçme	-8,29	-7.8	-8.3	-56,4	-54.0	-53.0			-0.79
Sazak-Kışla İçme	-8,08	-7.5	-8.1	-55,3	-53.0	-52.0	0.92	0.23	-9.20
Aksaz Deresi	-6,44	-6.2		-50,8	-42.0		1.24		5.35
Hasköy Kaplıcası	-8,30	-8.7	-8.9	-65,6	-59.0	-59.0	0	0.42	4.20
Hasköy Acısu	-8,16	-8.7	-9.0	-64,1	-61.0	-59.0	0.69		0.53
Avgan İçme Suyu	-7,38	-7.0	-7.4	-54,4	-50.0	-50.0	1.99	1.83	-2.22
Hasköy İçme Suyu	-7,75	-7.2	-7.6	-53,7	-51.0	-51.0	1.00	0.92	0.33
Karahallı İçme Suyu	-8,48	-8.2		-58,3	-54.0				1.24
Cemal Deresi	-8,89	-8.7		-62,0	-58.0		2.13		2.43
Karayakuplu İçme	-7,85	-5.9		-54,3	-45.0			0.98	-3.37
İshaklar Köyü İçme	-6,04	-5.5	-5.4	-48,9	-42.0	-43.0	0.47		-5.34
Aşağı Sondaj	-9,79			-76,6			0.35		4.18
Yukarı Sondaj	-9,57	-10.2	-10.4	-81,2	-75.0	-74.0	0.27		4.51

Karakız	-9,58	-10.2	-10.1	-81,1	75.0	-73.0	0	1.30	8.65
Hamamboğazı Sauna	-9,69	-10.3	-10.3	-81,8	-74.0	-73.0	0	0.20	5.64
Banaz Maden Suyu	-8,72	-9.1	-9.2	-67,4	-62.0	-62.0	0.86	0.56	3.13
Kızılcaören 1 (batı)	-8,51	-9.0	-9.0	-62,7	-64.0	-61.0			12.01
Kızılcaören 2 (doğu)	-8,50	-9.3	-9.3	-65,8	-62.0	-63.0	0.12	0	-9.52
Kızılcaören 3	-8,48	-8.9		-62,1	-60.0				6,75
Kızılcaören 4	-9,16	-9.1	-9.3	-64,9	-62.0	-60.0	0.08	0.72	7.26
Kızılcaören 5	-8,29	-8.3	-7.2	-60,8	-60	-54.0			7.30
Kızılcaören 7	-9,17	-9.3	-9.6	-68,8	-60.0	-63.0			5.59
Kızılcaören 8	-9,32	-9.8	-9.8	-71,1	-67.0	-66.0		0.41	6.56
Karapınar	-10,60			-68,1				8.14	-10.97
Tepedelen Pn	-10,48	-9.1		-66,9	-59.0		5.97	6.97	-3.32
Kurudere Mevkii	-10,59			-67,3					
Çokran Memba Suyu	-10,38	-9.5	-10.3	-66,0	-62.0	-63.0	6.79	6.36	-1.98
Çokran Acısı	-9,88	-9.9	-10.2	-65,0	-65.0	-62.0	3.41		-6.50
Hallaçlar	-9,95	-9.4		-63,3	-60.0		6.30	6.58	
Gürlek Köyü Pınarı	-9,78	-9.8	-10.0	-63,5	-64.0	-63.0	5.36	5.01	-1.93
Kuşdemir Köyü) Kyn.	-8,79	-8.7	-9.1	-57,6	-55.0	-56.0	5.45	6.08	-5.81
Muratlı Köyü	-8,55	-8.4		-57,7	-54.0		5.61		
Yeşilyurt İçme Suyu	-8,85	-8.6	-9.1	-61,1	-58.0	-55.0	5.02		-9.95
Öksüz Köyü İçme	-7,43	-7.5	-8.2	-53,9	-53.0	-54.0			-4.92
Ahmet Sayan Kuyusu	-8,02	-8.2		-55,5	-54.0				-8.94
Alaba Ahmet Binbay	-7,84	-8.1		-55,0	-54.0		5.43		
Kaplangı İçme Suyu	-8,44	-8.6		-57,8		-55.0	5.61		
Hasanköy İçme Suyu	-9,10	-9.1		-61,2	-59.0	-57.0			-5.23
Karaağaç Sıcaksu	-7,74	-7.3		-56,0	-52.0		1.06		
Karaağaç Soğuksu	-7,46	-6.9		-53,5	-50.0		0.97		
Yağmur suyu	-11,85			-82,0			4.95	4.61	
Dereköy maden suyu			-9.4			-55.0		3.64	9.69
Hamam aşağı kaynak			-10.2			-75.0			
Karabol kaynağı			-7.4			-49.0		1.51	
Sülümenli içme suyu			-6.8			-46.0			
Sülümenli termal su		-9.8	-10.3		-70.0	-70.0		0	2.03
Çamlıbel termal su		-8.9	-9.0		-63.0	-62.0		0	9.92
Alparslan-1			-9.2			-64.0		0.71	
Christophe yanı			-7.2			-49.0		0.07	-7.82
Gerdeme çanak			-9.0			-63.0		0.04	1.23
Karabacak kaynağı			-9.8			-72.0			-5.17
Kayaağıl-1		-8.8	-9.2		-62.0	-65.0		0	1.03
Kayaağıl-2		-8.4	-8.7		-58.0	-62.0			1.91
Kar suyu			-15.8			-112		5.10	
Çaloluk			-9.9			-63.0		7.96	-1.83
Aynalı kaynağı			-9.1			-58.0		0.62	
Aksaz Acısı sondajı			-5.9			-46.0		0.23	
Çokran-2								4,72	-1.69
Kayaağıl kaynak									-12.63

Bu bölümde ayrıca inceleme alanı sularının ^{18}O -su kotu diyagramları çizilerek (Şekil 4.3). jeotermal sahaların beslenme alanı yüksekliklerine yorum getirilmeye çalışılmış ve sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Emirfakı sahasında soğuk sular iki doğru oluşturacak şekilde dizilmiştir. Her iki doğru için de 100 m yüksekliğe karşılık belirlenen ^{18}O farkı ‰0,51'dir. Bu sahada beslenme alanı yükseklikleri üstteki doğru için 980-1040m, alttaki doğru için ise 685-750 m aralığındadır. Örencik sahası için 100 m yüksekliğe karşılık belirlenen ^{18}O farkı ‰0,28 ve beslenme alanı yüksekliği 1225m civarındadır. Aksaz sahasında 100 m yüksekliğe karşılık belirlenen ^{18}O farkı ‰0,37 ve beslenme alanı yükseklikleri 960-1260m aralığındadır. Hasköy sahasında 100 m yüksekliğe karşılık belirlenen ^{18}O farkı ‰1,05 ve beslenme alanı yükseklikleri 660-675m aralığındadır. Karaağaç sahasında 100 m yüksekliğe karşılık belirlenen ^{18}O farkı ‰1,87 ve beslenme alanı yükseklikleri 800-840m aralığındadır. Hamamboğazı ve Kızılcaören sahaslarında 100 m yüksekliğe karşılık belirlenen ^{18}O farkı ‰0,31 ve Hamamboğazı termal suları için beslenme alanı yüksekliği 1600m civarındadır. Kızılcaören suları soğuk yeraltısuları ile devamlı ve değişik oranda karışıma maruz kaldığından bu diyagramda saçınımlı olarak görünmektedir. Buna karşın Kızılcaören-1 kaynağı baz alınarak beslenme alanı yüksekliklerinin Hamamboğazı termal suları ile aynı olduğu söylenebilir.



Şekil 4.3. İnceleme alanı sularının ^{18}O -kot grafikleri (kırmızı simgeler sıcak, maviler soğuk suları temsil etmektedir).

5. GAZ VE GAZ İZOTOPU ANALİZLERİ

İnceleme alanındaki termal suların Floransa Üniversitesi'nde yapılan gaz ve gaz izotopu analizlerine ait sonuçlar Çizelge 5.1'de sunulmuştur. Bu sonuçlarda ilk göze çarpan, beklendiği gibi tüm termal sularda CO₂ gazının majör gaz olduğudur.

Çizelge 5.1. İnceleme alanı termal sularının gaz kompozisyonları.

	CO ₂	H ₂ S	H ₂ O	N ₂	CH ₄	Ar	O ₂	Ne	H ₂	He	CO
Kayaağıl	917724	222,5	78430	3544	10	30,83	34,90	0,0159	3,14	0,191	0,054
Emirkafı	934577	133,0	45338	18099	49,3	265,588	1514,21	0,1392	20,675	0,736	0,095
Örencik	925098	109,2	67332	7317	23	45,435	73,767	0,0268	0,669	0,528	0,066
Hasköy	962693	152,4	30707	5635	80	106,42	620,8	0,0535	3,930	0,283	0,048
Kızılcaören	920550	174,5	76409	2497	11,2	35,819	321,599	0,0188	1,598	0,157	0,115
Sauna	949280	151,5	49489	536,7	487,6	12,006	43,40	0,0064	0,248	0,101	0,178
Aksaz	944070	145,5	52173	2560	14	46,962	988,508	0,0248	0,539	0,194	0,164

Çizelge 5.1. Devam

	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	n-C ₄ H ₁₀	i-C ₄ H ₈	n-C ₅ H ₁₂	n-C ₆ H ₁₄
Kayaağıl	0,4151	0,0152	0,0065	0,0022	0,0209	0,0011	0,0022
Emirkafı	1,8687	0,0497	0,0159	0,0109	0,1173	0,0052	0,0141
Örencik	0,5652	0,0223	0,0074	0,0030	0,0513	0,0016	0,0030
Hasköy	0,7344	0,0232	0,0090	0,0033	0,0457	0,0024	0,0039
Kızılcaören	0,0656	0,0054	0,0014	0,0007	0,0106	0,0004	0,0007
Sauna	0,1792	0,0041	0,0017	0,0006	0,0063	0,0003	0,0004
Aksaz	0,0683	0,0036	0,0014	0,0006	0,0111	0,0004	0,0010

Çizelge 5.1. Devam

	Dimetil-S	C ₆ H ₆	C ₄ H ₄ S	C ₇ H ₈	etil-C ₆ H ₆	C ₅ H ₆ S	m-p-C ₈ H ₁₀
Emirkafı	0,0004	0,3340	0,0179	0,0193	0,0004	0,0059	0,0015
Örencik	0,0007	0,0885	0,0052	0,0049	0,0011	0,0055	0,0013
Aksaz	0,0004	0,0457	0,0007	0,0027	0,0004	0,0026	0,0012
Hasköy	0,0003	0,0960	0,0026	0,0036	0,0006	0,0035	0,0026
Sauna	0,0002	0,0178	0,0010	0,0007	0,0006	0,0024	0,0011
Kızılcaören	0,0005	0,0325	0,0023	0,0017	0,0008	0,0026	0,0013
Kayaağıl	0,0006	0,0502	0,0022	0,0016	0,0005	0,0026	0,0026

Termal sularda, CO₂ gazındaki δ¹³C değerleri ile R/Ra oranları Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Termal sularda δ¹³C-CO₂ ve R/Ra değerleri

	δ ¹³ C-CO ₂	R/Ra
Emirkafı	-6,28	n.d.
Örencik	-5,05	0,560
Aksaz	-4,28	0,664
Hasköy	-5,23	n.d.
Sauna	-3,06	0,642
Kızılcaören	-3,41	n.d.
Kayaağıl	-3,27	n.d.

6. JEOTERMOMETRİ

Jeotermometrelerin genel amacı yeraltındaki akışkan sıcaklığının (yani suların akifer sıcaklığının, ya da hazne sıcaklığının) tahmin edilmesidir. Bilindiği üzere sıcak sular yüzeye çıkış sıcaklıklarına göre çok değişik kullanım alanlarına sahiptirler. Derinlerde haznedeki bulunan sıcak sular yüzeye erişinceye değin önemli ölçüde soğuyarak ve soğuk yeraltı sularıyla değişik oranlarda karışarak yüzeylerler. Derinlerde bulunan akışkanın sıcaklığının yüzeydeki sıcaklıklarına göre çok daha fazla olacağı açıktır. Derinlere yapılacak olan sondajlar da oldukça yüksek maliyete ve zamana gereksinim göstermektedir. Bu nedenle suların kullanım alanlarının saptanabilmesi için yapılacak derin sondajlardan önce uygulanacak çeşitli jeotermometre yöntemleri ile haznedeki sıcaklıklarının tahmin edilmesi yapılan jeotermal araştırmaların önemli bir parçasını oluşturur.

Suların yeraltında katettikleri yol, ne denli kısa ve debisi yüksekse sıcaklıkları o oranda hazne kaya sıcaklığına yakındır. Suların yeraltında aldığı yolun kısa olmadığı ve ağır bir hidrolojik çevrimde olduğu izotopik incelemelerle anlaşılabilir. Sıcak suların akifer sıcaklıkları, verimleri ve kimyasal özellikleri ekonomik yönden çok önem taşır. Hazne sıcaklığının saptanmasında çok değişik yöntemler önerilmiştir. Bunlardan bazıları çevresel izotoplarla kalitatif değerlendirme, sığ ve derin kuyularda ölçülen sıcaklıklardan yararlanarak hazne kaya sıcaklığının tahmini, jeotermal alanlarda izlenen hidrotermal alterasyon sonucu oluşan kil minerallerinin incelenmesi ve kimyasal jeotermometreler gibi yöntemlerdir. Hazne kayadaki suların gerçek sıcaklığı, verimleri ve diğer gerçek bilgiler, hazne kayaya değin inen kuyuların incelenmesinden elde edilir. Ancak, sondajların çok pahalı ve bazı durumlarda ekonomik olmaması, her zaman hazne kayaya inilememesi, uzun zaman alması gibi nedenlerle diğer bilimsel incelemelerin olumlu sonuç verdiği yerlerde açılmalıdır.

Bu bölümde çözünürlüğe bağlı silis jeotermometreleri, iyon değişimine bağlı jeotermometreler, mineral denge-sıcaklık jeotermometresi, entalpi-klorür ve entalpi-silis karışım jeotermometreleri ve $^{18}\text{O}(\text{SO}_4)$ - $^{18}\text{O}(\text{H}_2\text{O})$ izotop jeotermometreleri kullanılarak sıcak suların rezervuar sıcaklıklarına yaklaşım sağlanmaya çalışılmıştır.

6.1. Silis Jeotermometreleri

Kuvars çözünürlüğüne bağlı jeotermometreler, akifer (hazne) sıcaklığının saptanmasında geniş ölçüde kullanılmaktadır. Bu jeotermometreler 150–225°C sıcaklıklar arasında iyi sonuç vermektedirler. Daha yüksek sıcaklıklarda akiferden yüzeye doğru hareket eden sıcak akışkanda hızlı silis çökelişi gözlenir. Bu nedenle sıcaklığı 225°C nin üzerindeki hazne kayalardan gelen sularda gerçek sıcaklığı yansıtmaz. Silis jeotermometreleri, kimyasal tepkimeyi etkileyen akifer sıcaklığına veya sıcak suyun yükselirken soğumasına dayanılarak hazırlanmıştır. Silisyumun sıcaklıkla çözünürlüğü artmaktadır. Silisin bu özelliğinden yola çıkılarak çeşitli sıcaklıklar için jeotermometre bağıntıları hazırlanmıştır.

Silis jeotermometrelerine göre yapılan hesaplamalarda elde edilen sonuçlar Çizelge 6.1'de verilmiştir.

Silis jeotermometrelerinden kalseduan (iletim ile soğuma) jeotermometresi dikkate alındığında belirlenen rezervuar sıcaklık aralıkları Emirfakı sahası için 44-81°C, Örencik sahası için 79-110°C, Aksaz sahası için 79-111°C, Hasköy sahası için 59-64°C, Karaağaç sahası için 118-126°C, Hamamboğazı sahası için 120-129°C ve Kızılcaören sahası için 83-97°C sıcaklıklar elde edilmiştir.

Çizelge 6.1. Silis jeotermometre bağıntıları ile hesaplanan rezervuar sıcaklıkları (°C), (Jeotermometre bağıntıları için Çizelge 6.3'e bakınız)

	Suyun Adı	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Emirfakı	Emirfakı Termal Kaynak	-	60	90	93	62	66	56	78	91	60
	Emirfakı Hamamı	46	65	96	97	67	71	62	84	96	66
	Zekeriya Mıdık	-	54	85	88	56	62	50	73	87	55
	Cemalettin Yıldırım	-	50	81	85	53	58	47	69	83	52
	Adem Mıdık	-	46	78	82	49	55	43	65	80	48
	Şevket Mıdık	-	42	74	78	45	52	39	61	77	44
	Mustafa Atak	60	82	111	110	82	85	78	100	109	81
Örencik	Örencik Termal Sondaj	89	113	139	134	111	110	109	130	133	110
	Örencik Maden Suyu	62	83	112	111	84	86	79	101	110	83
	Reyyan Çeşmesi	58	79	109	109	80	83	76	98	107	79
Aksaz	Aksaz Hamam	64	86	114	113	86	88	82	104	112	85
	Uyuz Kaynağı	76	99	127	124	99	100	95	117	123	98
	Gerdeme-1	58	79	108	108	80	83	75	97	107	79
	Gerdeme-2	69	91	120	118	91	93	88	110	117	90
	Çamlıbel Termal	58	79	108	108	79	82	75	97	107	78
	Sülümenli Termal	90	114	141	136	112	112	110	132	135	111
	Aksaz Acısu	39	58	89	92	60	65	55	77	90	59
Has	Hasköy Kaplıcası	44	63	94	96	65	70	60	82	94	64
	Hasköy Acısu	39	58	89	91	60	65	55	77	90	59
Karaağaç	Alparslan-1 Kuyusu	96	121	147	141	119	117	117	139	140	118
	Karaağıl-1 Kuyusu	107	133	157	149	129	126	128	150	148	129
	Karaağıl-2 Kuyusu	104	130	155	148	127	125	126	147	147	126
	Karaağaç-1 Kuyusu	49	69	99	100	70	74	65	88	99	69
Hamamboğaz	HB-2	105	130	155	148	127	125	126	148	147	126
	Kocagöz	107	133	157	149	129	127	128	150	149	129
	Sauna	102	128	153	146	125	123	124	145	145	124
	Sarıköz	98	123	149	142	121	119	119	140	141	120
Kızılcaören	Kızılcaören-1	75	98	125	123	97	98	94	116	122	96
	Kızılcaören-2	73	96	124	122	96	97	92	114	121	95
	Kızılcaören-3	74	96	124	122	96	97	92	114	121	95
	Kızılcaören-4	62	84	113	112	84	87	80	102	111	83
	Kızılcaören-5	76	99	127	124	98	99	95	117	123	97
	Kızılcaören-7	73	96	124	121	95	97	92	114	120	94
	Kızılcaören-8	68	90	119	117	90	92	86	108	116	89

6.2. İyon Değişimine Bağlı Jeotermometreler

İnceleme alanı sıcak sularının rezervuar sıcaklıkları Na/K, Li, Na/Li, K/Mg, Mg/Li ve Li/Mg jeotermometre bağıntıları ile hesaplanmış ve değerler Çizelge 6.2'de verilmiştir.

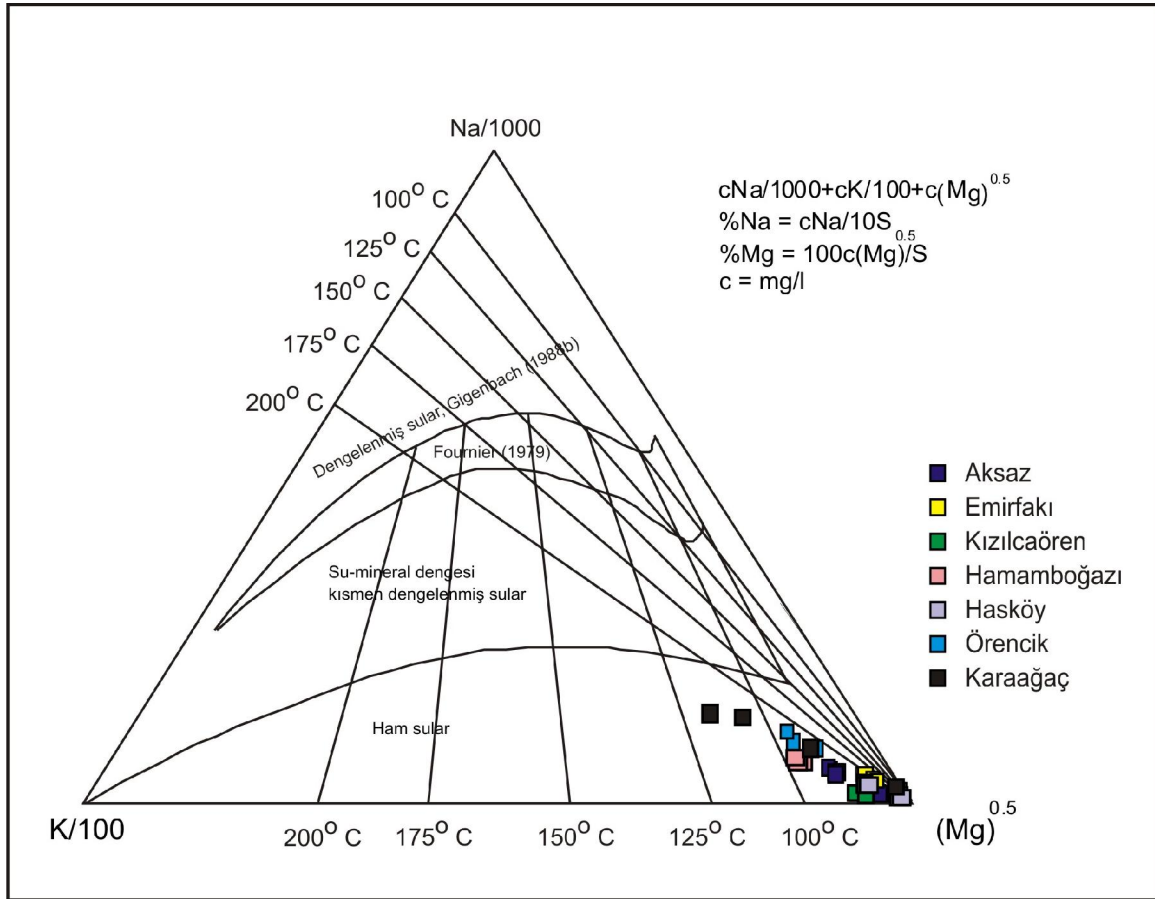
Çizelge 6.2. Katyon jeotermometre bağıntıları ile hesaplanan rezervuar sıcaklıkları (°C), (Jeotermometre bağıntıları için Çizelge 6.3'e bakınız)

	Suyun Adı	14	15	18	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29
Emirfakı	Emirfakı Termal Kaynak	236	215	300	263	225	226	253	125	267	177	69	43	259
	Emirfakı Hamamı	231	207	291	257	217	220	248	132	282	184	71	50	244
	Zekeriya Mıdık	234	212	296	260	222	223	251	125	256	172	71	44	257
	Cemalettin Yıldırım	232	209	293	258	219	222	249	124	241	166	72	43	259
	Adem Mıdık	236	214	300	262	225	225	253	126	254	171	72	44	257
	Şevket Mıdık	236	216	301	263	226	226	253	129	292	188	68	46	252
	Mustafa Atak	279	286	384	317	293	272	296	119	452	247	43	30	295
Örencik	Örencik Termal Sondaj	217	186	266	240	197	206	234	147	198	145	100	64	215
	Örencik Maden Suyu	205	168	246	225	180	193	222	153	206	149	101	71	204
	Reyyan Çeşmesi	205	169	246	225	180	193	222	137	201	147	92	61	221
Aksaz	Aksaz Hamam	242	224	311	270	234	232	259	154	260	174	91	63	218
	Uyuz Hamamı	240	221	307	268	231	230	257	159	275	181	92	66	211
	Gerdeme-1	243	226	313	272	236	233	260	152	269	178	89	62	219
	Gerdeme-2	238	218	304	265	228	228	255	152	271	179	87	62	219
	Çamlıbel Termal	253	241	331	283	251	244	270	149	254	171	90	57	229
	Sülümenli Termal	458	692	866	561	668	475	476	114	674	308	62	37	275
	Aksaz Acısu	251	240	329	282	249	242	269	47	203	148	-	-	457
Has	Hasköy Kaplıcası	250	238	327	281	247	241	268	113	240	165	67	-	287
	Hasköy Acısu	249	235	325	279	245	240	266	111	238	164	66	-	290
Karaağaç	Alparslan-1 Kuyusu	243	227	314	272	236	234	261	160	226	159	114	77	194
	Kayaagıl-1 Kuyusu	229	204	287	254	215	218	246	162	256	172	106	81	188
	Kayaagıl-2 Kuyusu	233	210	295	259	221	222	250	145	232	162	89	57	228
	Karaağaç-1 Kuyusu	335	392	509	390	394	334	353	54	247	168	42		440
Hamamboğaz	HB-2	252	240	330	283	250	243	269	182	343	208	94	78	192
	Kocaöz	263	258	351	296	267	255	280	181	330	203	95	73	200
	Sauna	254	243	334	285	253	245	271	182	342	208	95	78	192
	Sarıköz	256	247	339	288	257	248	274	182	349	210	94	78	192
Kızılcaören	Kızılcaören-1	253	242	333	284	252	244	270	138	351	211	63	46	252
	Kızılcaören-2	254	243	334	285	253	245	271	135	348	210	61	44	258
	Kızılcaören-3	257	248	339	289	257	248	274	136	349	211	63	45	254
	Kızılcaören-4	259	253	345	292	262	251	277	113	315	197	56	32	288
	Kızılcaören-5	264	261	354	298	269	256	282	141	332	204	70	48	248
	Kızılcaören-7	268	268	363	304	276	261	286	136	331	204	68	45	254
	Kızılcaören-8	264	261	354	298	269	256	282	142	334	205	71	49	246

Çizelge 6.3. Jeotermometre bağıntılarına ilişkin referanslar

JEOTERMOMETRE ADI	REFERANS
2-SiO ₂ (alfa Kristobalit)	Fournier 1977
4-SiO ₂ (Kalsedon)	Fournier 1977
5-SiO ₂ (Kuars)	Fournier 1977
6-SiO ₂ (buhar kaybı)	Fournier 1977
7-SiO ₂ (Kalsedon, kondaktif soğuma)	Arnorsson vd. , 1983
8-SiO ₂ (Kuars, buhar kaybı)	Arnorsson vd. , 1983
9-SiO ₂ (Kuars, buhar kaybı)	Arnorsson vd. , 1983
10-SiO ₂ (Kuars, buhar kaybı)	Arnorsson vd. , 1983
11-SiO ₂ (Kuars, buhar kaybı)	Arnorsson vd. , 1983
12-SiO ₂ (Kalsedon)*	Arnorsson vd. , 1983
14-Na/K	Arnorsson, 1983
15-Na/K	Fournier & Truesdell 1973
18-Na/K*	Arnorsson vd. , 1983
19-Na/K	Fournier & Potter 1979
20-Na/K	Tonani, 1980
21- Na/K	Nieva ve Nieva, 1987
22-Na/K	Giggenbach 1988
23-Li *	Fouillac and Michard, 1981
24-Na/Li * (Cl<11000 ppm)	Fouillac and Michard, 1981
26-Na/Li	Kharaka and Mariner, 1989
27-K/Mg	Giggenbach vd., 1983
28-Mg/Li	Kharaka and Mariner, 1989
29-Li/Mg	Kharaka and Mariner, 1989

Kasyon jeotermometre bağıntılarının kullanılabilmesi için sıcak suların rezervuar kaya ile kimyasal dengeye erişmiş olması gerekmektedir. Giggenbach diyagramına sular düşürüldüğünde tüm sıcak suların ham sular bölgesinde kaldığı görülmektedir (Şekil 6.1). Bu nedenle kasyon jeotermometre sonuçları inceleme alanı suları için gerçekçi sonuçlar vermeyecektir. Giggenbach diyagramında Hamamboğazı ve Örencik sularının 90°C, Karaağaç sularının 105-120°C, diğer suların ise 70°C'ye kadar rezervuar sıcaklıklarına sahip olabileceği görülmektedir.



Şekil 6.1. Termal suların Gigenbach (1988) diyagramında dağılımı.

6.3. Mineral Denge-Sıcaklık Diyagramı Jeotermometresi

REED ve SPYCHER (1984) jeotermal alanlardaki hazne sıcaklığının tahmin edilmesinde sıcaklıkla mineral doygunluklarının değişmesi esasına dayalı yöntem önermişlerdir. Minerallerin denge sabitleri hem sıcaklıkla hem de basınçla ilişkilidir. Ancak alterasyon minerallerinin denge sabitlerinin değişiminde basıncın etkisi (0-200 bar arası) oldukça sınırlıdır (**ARNORSSON ve diğ., 1983**). Buradan hareketle, her bir su için sıcaklığın bir fonksiyonu olan pek çok hidrotermal mineral ile denge durumları arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesiyle oluşturulan sıcaklık-mineral denge diyagramı geliştirilmiştir (Reed ve Spycher, 1984).

Bu yöntem, çeşitli mineraller ile bu minerallerin her bir sıcaklık değerinde ayrı ayrı doygunluk indislerinin ($SI = \log AP/Kt$) hesaplanması ve bu sıcaklık değerleri ile doygunluk indeksi değerlerinin bire bir doğrularını içeren mineral denge diyagramlarının çizilerek yorumlanması ilişkisine dayanır. Bu yorumlamada, minerallerin çözünürlük denge sabitleri sıcaklıkla yakın ilişkili olduğundan, bir grup mineral doğrusu denge doğrusunu ($SI=0$ doğrusunu) belirli bir sıcaklık değeri civarında kesiyorsa, bu doğruların kesişim yerine karşılık gelen sıcaklık değeri en iyi akifer (hazne) sıcaklığını vermektedir. Denge doğrusunun aşağısında (negatif kısımda) olabilecek kesişimler farklı sıcaklıktaki akışkanların karışımını ve dolayısıyla bu akışkanların sıcaklıklarını belirtebilir. Denge doğrusunun yukarısında gerçekleşen kesişimler sudan buhar ayrılması ile farklı sıcaklık karışımlarını gösterebilir.

Uşak ili jeotermal sularına uygulanan bu yöntemde, yapılan doygunluk indisi hesaplamalarında WATCH programı (**ARNORSSON ve diğ., 1982; BJARNASON, 1994**) kullanılmıştır. Hesaplamalarda referans sıcaklığı olarak kalseduan kondüktif soğuma

jeotermometre bağıntısı ile elde edilen değer kullanılmış ve 20°C aralıklarla arttırılan sıcaklıklar için mineral doygunlukları saha bazında hesaplanmıştır. Grafiklerin çiziminde denge doğrusunu kesen mineraller dikkate alınmıştır (kalseduan, adularya, laumontit, Ca montmorillonit, Mg montmorillonit, Na montmorillonit, K montmorillonit, krizotil, albit (düşük), fluorit, mikroklin, muskovit, talk).

Uşak ili jeotermal suları için çizilen mineral denge-sıcaklık diyagramları Şekil 6.2'de verilmiştir. Emirfakı sahası için bazı mineral doygunluk eğrileri denge doğrusunun iki farklı noktasında kesişmiştir (Şekil 6.2a). Buradan, Emirfakı sahası için 63°C ve 93-104°C aralığında olmak üzere iki ayrı rezervuar sıcaklığı elde edilmiştir. Örencik sahası sularında da benzer durum söz konusudur. Bu sahadaki rezervuar sıcaklıkları 51-63°C aralığında ve 88°C olarak bulunmuştur (Şekil 6.2b). Rezervuar sıcaklıkları Aksaz sahası için 82-110°C (Şekil 6.2c) ve Hasköy sahası için 77-87°C'dir (Şekil 6.2d). Örencik sahası için birbirinden oldukça farklı iki sıcaklık değeri (56°C ve 127°C) elde edilmiştir (Şekil 6.2e). Kızılcaören sahası suları için belirlenen rezervuar sıcaklıkları 87-109°C aralığındadır (Şekil 6.2f). Hamamboğazı sahası sularının rezervuar sıcaklığı hesaplamalarında iki farklı kabul yapılmış, kondüktif soğuma kabulüne göre 87-102°C (Şekil 6.2g), adyabatik kaynama kabulüne göre ise benzer şekilde 84-98°C (Şekil 6.2h) sıcaklık aralıkları bulunmuştur.

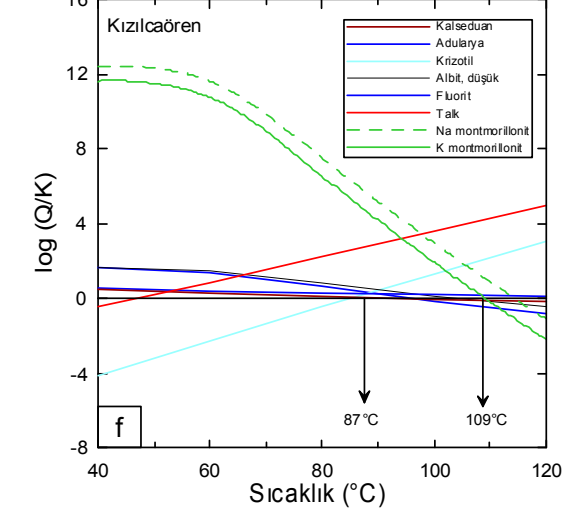
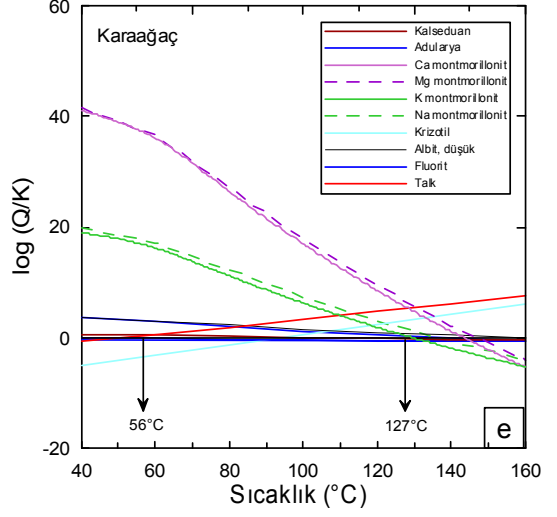
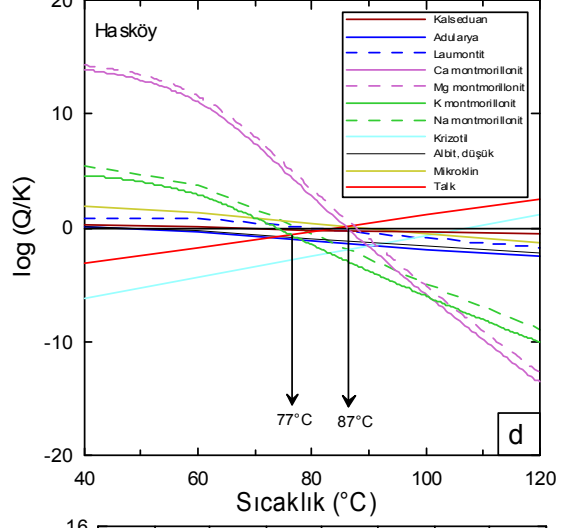
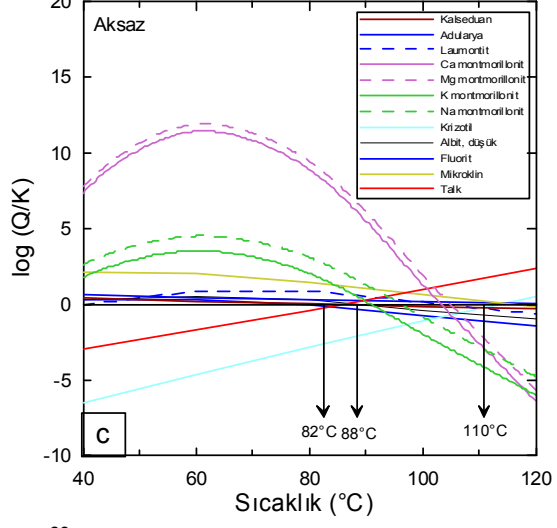
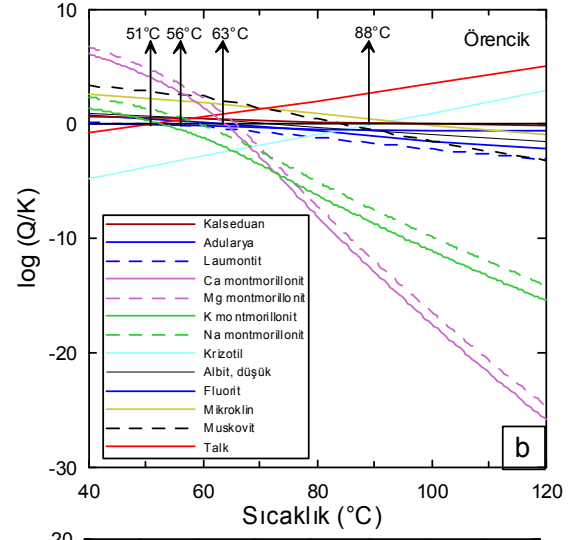
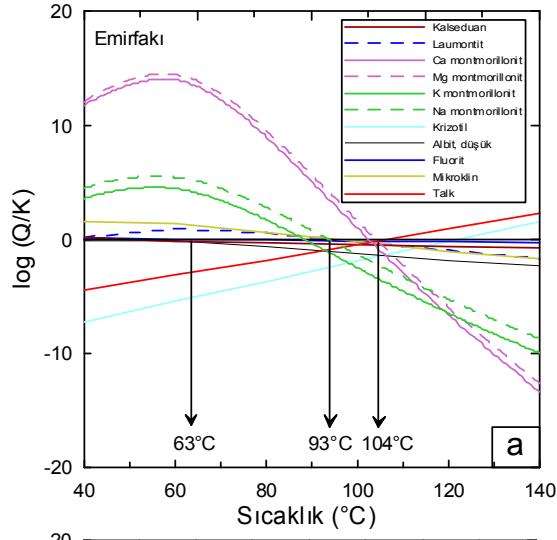
6.4. Karışım Modelleri

Bir çok alandaki jeotermal sular yüzeye erişirken belli oranlarda soğuk sularla karışarak, sıcaklıkları yeraltı sıcaklıklarından daha düşük değerlerle yüzeyler. Bu karışım ayrıca sıcak suyun kimyasal yapısında da değişiklikler oluşturur. Karışım sonucu sıcak suyun kimyasal özelliklerindeki ve sıcaklığındaki değişiklikler kullanılarak, jeotermal sistemin hazne kaya sıcaklığının ve karışım oranlarının saptandığı çeşitli karışım modelleri geliştirilmiştir.

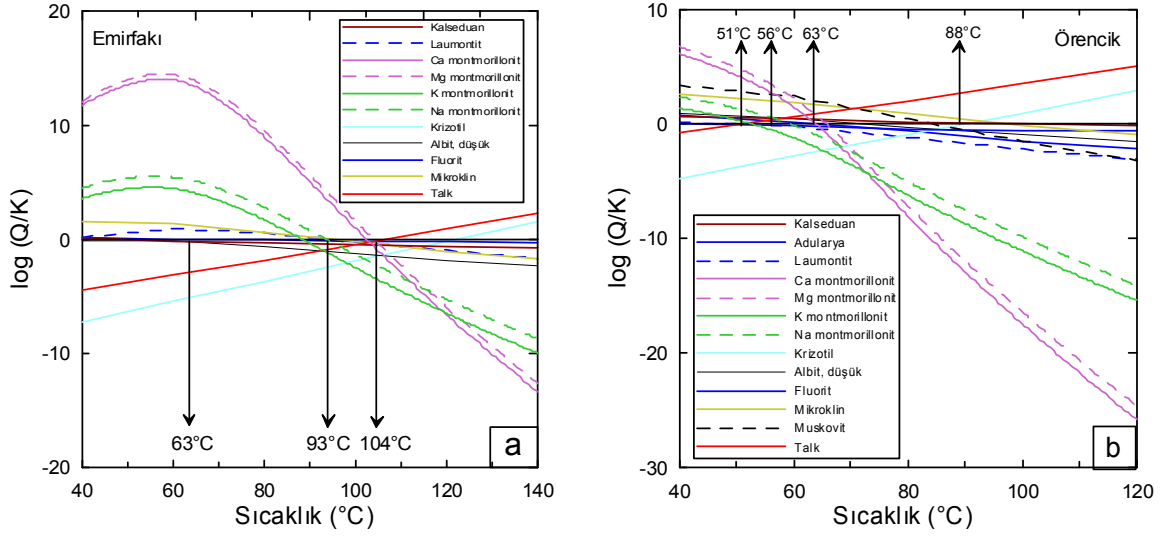
6.4.1. Entalpi-Klorür Karışım Modeli

Fournier (1977b) hazne kaya sıcaklığını ve sıcak-soğuk su karışım oranlarını bulmak için klorür karışım modelini önermiştir. Diyagramda düşey ekseninde entalpi (cal/g veya kj/kg), yatay ekseninde ise klorür (mg/l) değerleri yer almaktadır. Ayrıca, buharın sıcak sudan ayrılma entalpisi olan 639 cal/g (2775 kJ/kg) değeri de düşey ekseninde buhar noktası olarak işaretlenmiştir.

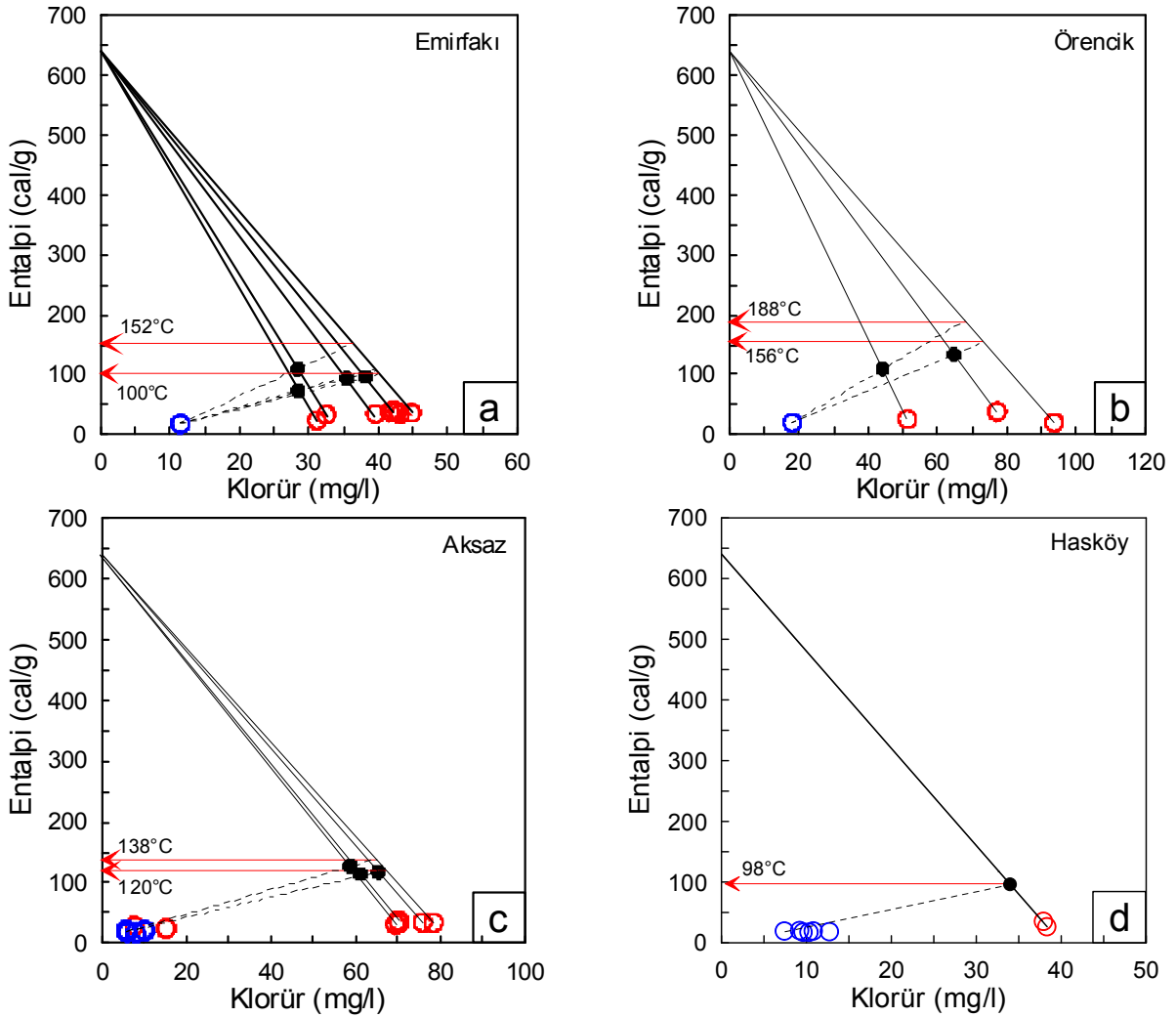
Bu yöntemle elde edilen hazne kaya sıcaklıkları mineral denge-sıcaklık jeotermometresi ile bulunan değerlerden bir miktar daha yüksektir. Entalpi-klorür karışım modeli ile Emirfakı sahası için 100-152°C (Şekil 6.3a), Örencik sahası için 156-188°C (Şekil 6.3b), Aksaz sahası için 120-138°C (Şekil 6.3c), Hasköy sahası için 98°C (Şekil 6.3d), Karaağaç sahası için 148-180°C (Şekil 6.3e), Hamamboğazı sahası için 146-158°C (Şekil 6.3f) ve Kızılcaören sahası için 120-157°C (Şekil 6.3g) aralığında rezervuar sıcaklıkları elde edilmiştir.



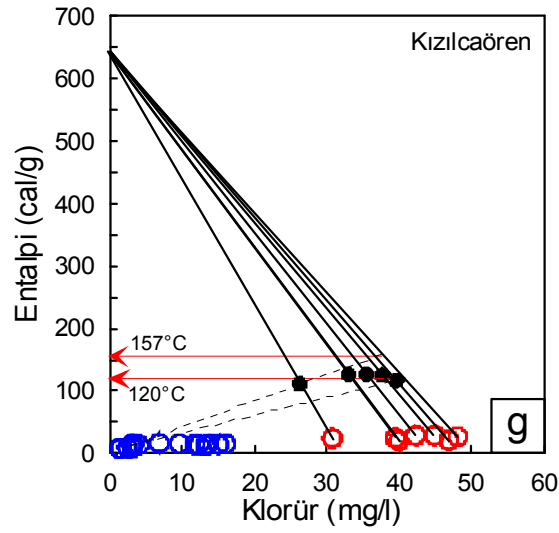
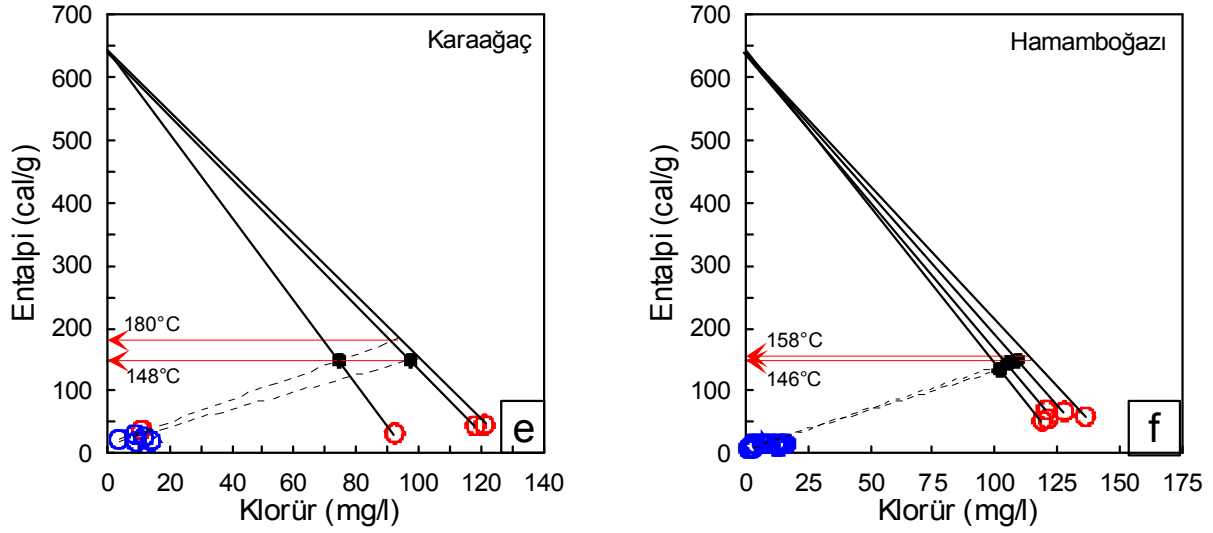
Şekil 6.2. Uşak ili jeotermal sularının mineral denge-sıcaklık diyagramları



Şekil 6.2. Devam



Şekil 6.3. Uşak ili jeotermal suları için entalpi-klorür karışım modeli diyagramları (kırmızı daireler sıcak, mavi daireler soğuk suları; siyah daireler her su için kuvars jeotermometresi ile hesaplanan rezervuar sıcaklıklarını gösterir).

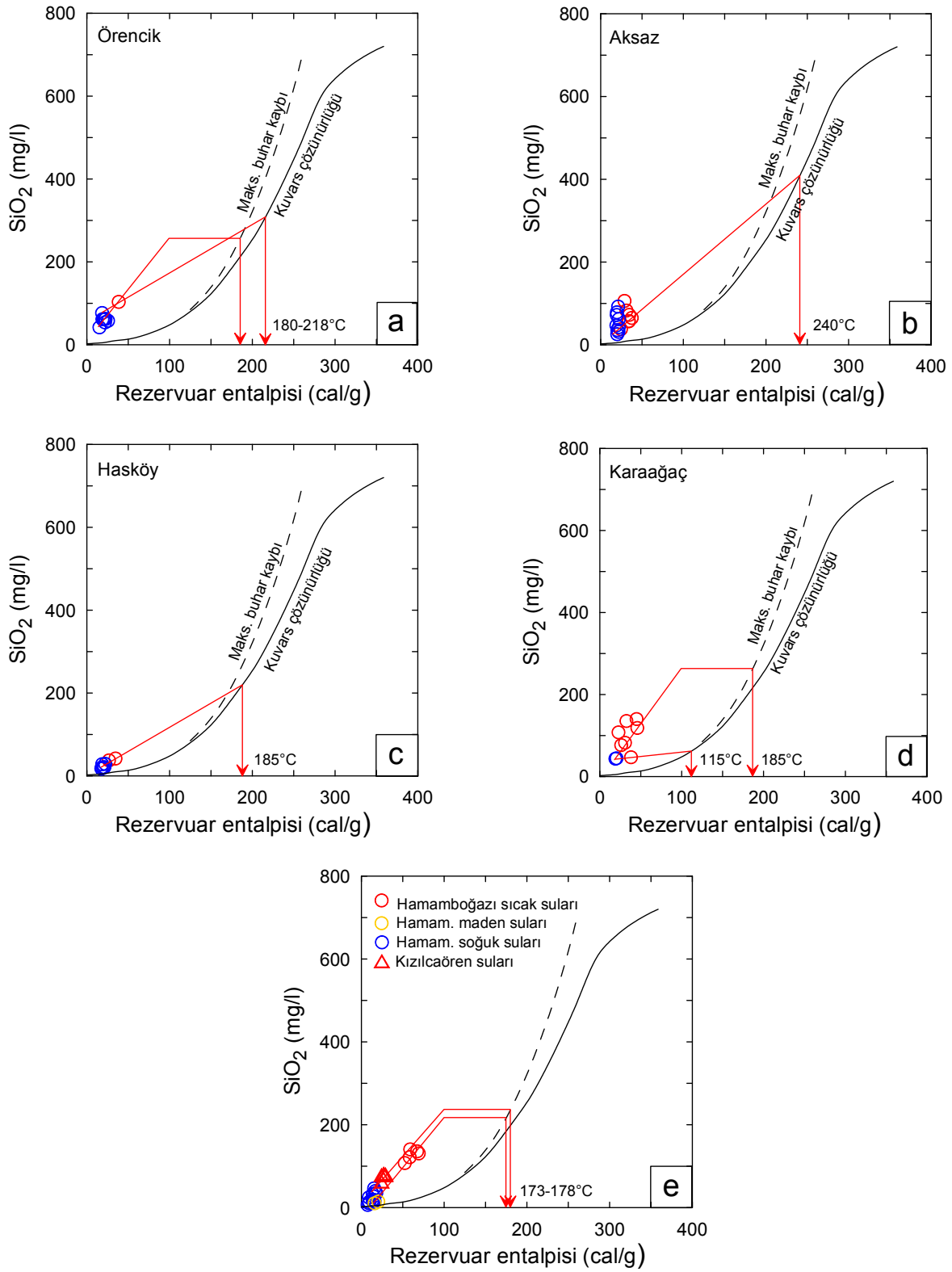


Şekil 6.3. Devam

6.4.2. Entalpi-Silis Karışım Modeli

Sıcaklık ve silis dengesine dayalı olarak geliştirilmiş olan silis-entalpi karışım modeli (entalpi-silis diyagramı kullanarak) karışım öncesi sıcaklık-buhar kaybının olduğu ve olmadığı her iki durumda da uygulanabilmektedir (FOURNIER, 1977b).

Bu modelle elde edilen sıcaklıklar bir hayli yüksektir ve gerçekçi olmaktan uzaktır. Entalpi-silis karışım modeli ile Örencik sahası için 180-218°C (Şekil 6.4a), Aksaz sahası için 240°C (Şekil 6.4b), Hasköy sahası için 185°C (Şekil 6.4c), Karaağaç sahası için 115-185°C (Şekil 6.4d), Hamamboğazı ve Kızılcaören sahaları için 173-178°C (Şekil 6.4e) aralığında rezervuar sıcaklıkları elde edilmiştir.



Şekil 6.4. Uşak ili jeotermal suları için entalpi-silis karışım modeli diyagramları (kırmızı daireler sıcak, mavi daireler soğuk suları; gösterir).

6.5. Kükürt İzotop Jeotermometreleri

Suyun ve çözülmüş kükürt bileşenlerinin duraylı izotopları hem suyun kökeninin belirlenmesinde hem de izotop jeotermometresi olarak kullanılır ve bu yönüyle jeotermal araştırmalarda uygulama alanı bulur.

LLOYD, R.M. (1968) ve MIZUTANI, Y. ve RAFTER, T.A. (1969) SO₄-H₂O çiftini temel alarak aşağıda verilen ve en gerçekçi izotop jeotermometrelerinden olan (GIGGENBACH ve diğ., 1983) iki izotop jeotermometre bağıntısı geliştirdiler.

$$0-500^{\circ}\text{C} \text{ arasındaki sıcaklıklar için} \quad 1000\ln\alpha = 3.251 \times 106/(T2) - 5.6$$

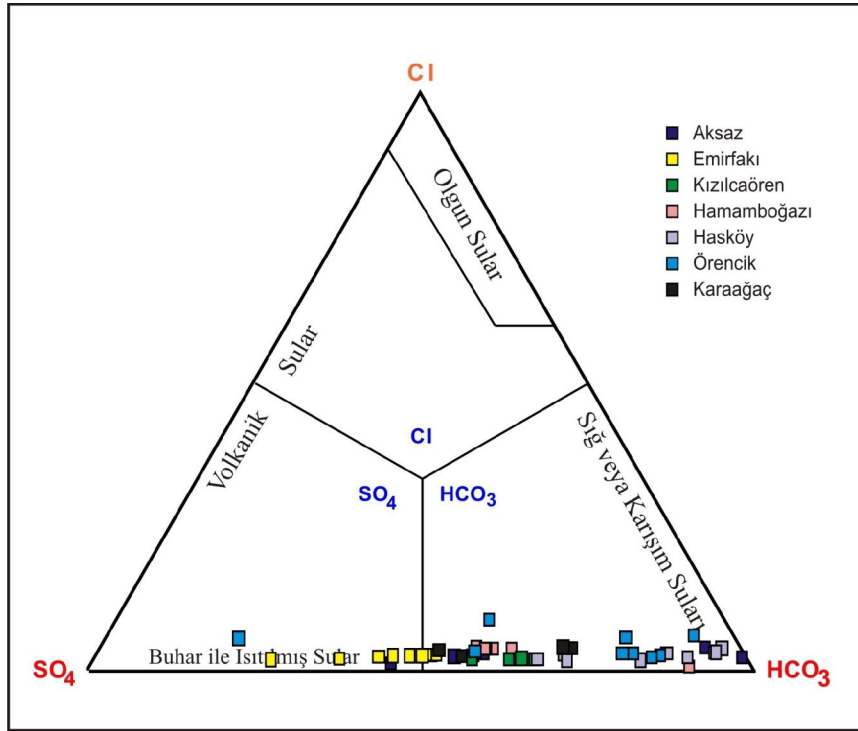
$$110-200^{\circ}\text{C} \text{ arasındaki sıcaklıklar için} \quad 1000\ln\alpha = 2.88 \times 106/(T2) - 4.1$$

Uşak ili jeotermal sularının bazılarında yapılan $\delta^{18}\text{O}$ (SO₄)(‰VSMOW) ve $\delta^{18}\text{O}$ (H₂O)(‰VSMOW) analizlerinden elde edilen değerler yukarıda verilen bağıntılardan ikincisinde yerlerine konarak rezervuar sıcaklıkları belirlenmiştir (Çizelge 6.4). Bu jeotermometre ile hesaplanan sıcaklıklar saha bazında fazla dağılım göstermemektedir. Bu yöntemle elde edilen rezervuar sıcaklıkları Emirfakı sahası için 77,4°C, Örencik sahası için 94,2-96,8°C, Aksaz sahası için 54,3-61,2°C, Hasköy sahası için 62,3°C, Karaağaç sahası için 71,4-77,7°C, Hamamboğazı sahası için 80,8°C ve Kızılcaören sahası için 70,6°C'dir.

Çizelge 6.4. Uşak jeotermal suları için $\delta^{18}\text{O}$ (SO₄)- $\delta^{18}\text{O}$ (H₂O) izotop jeotermometresi ile hesaplanan rezervuar sıcaklıkları

Saha	Suyun Adı	$\delta^{18}\text{O}$ (SO ₄) (‰VSMOW)	$\delta^{34}\text{S}$ (SO ₄) (‰VCDT)	$\delta^{18}\text{O}$ (H ₂ O) (‰VSMOW)	Trez.(°C)
Emirfakı	Termal kaynağı	10,33	14,80	-9,00	77,4
Örencik	Termal kuyu	7,44	22,09	-9,50	96,8
	Elmalık maden suyu	7,25	23,66	-10,00	94,2
Aksaz	Uyuz termal kaynağı	13,59	19,59	-9,10	54,7
	Gerdeme termal kay.	13,76	20,78	-9,00	54,3
	Sülümenli termal kuy.	11,36	15,95	-10,30	61,2
	Çamlıbel termal kuy.	13,31	19,85	-9,00	57,1
Hasköy	Hasköy termal kay.ı	12,60	18,19	-8,90	62,3
Karaağaç	Alparslan-I termal kuy.	10,10	22,62	-9,20	77,7
	Kayağıl termal kuyusu	10,96	22,93	-9,20	71,4
Hamamboğazı	Sauna	8,59	17,77	-10,30	80,8
Kızılcaören	Kızılcaören-2 kaynağı	10,97	16,62	-9,30	70,6

Suların Cl-SO₄-HCO₃ grafiği Şekil 6.5'de verilmiştir. Bu grafikten inceleme alanı sıcak sularının büyük bölümünün sığ veya karışım suyu bölgesine, Emirfakı ile bazı Karaağaç ve Örencik sularının buhar ile ısıtılmış sular bölgesine düştüğü görülmektedir.



Şekil 6.5. İnceleme alanı sularının Cl-SO₄-HCO₃ grafiği

Uşak ili jeotermal sahaları için hesaplanan rezervuar sıcaklıkları arasında gerçekçi sonuç vermeyen Na/K, Na/Li ve Li/Mg jeotermometreleri dışındaki jeotermometre sonuçları karşılaştırmalı olarak Çizelge 6.5'de verilmiştir. Bu sonuçlar, diğer çalışmalar ile birlikte değerlendirildiğinde, öngörülen rezervuar sıcaklıkları Emirfakı sahası için 44-66°C, Örencik sahası için 80-110°C, Aksaz sahası için 60-110°C, Hasköy sahası için 64°C, Karaağaç sahası için 118-126°C, Hamamboğazı sahası için 85-130°C ve Kızılcaören sahası için 90-95°C civarındadır.

Çizelge 6.5. Uşak ili jeotermal sahalarına uygulanan çeşitli jeotermometrelerle hesaplanan rezervuar sıcaklıkları.

Saha	Silis	Li	K/Mg	Mg/Li	Mineral denge	Entalpi-klorür	Entalpi-silis	SO ₄ -H ₂ O izotop
Emirfakı	46-109	119-129	43-72	30-50	63-104	100-152	-	77
Örencik	58-139	137-153	92-101	61-71	51-88	156-188	180-218	94-97
Aksaz	39-141	47-159	62-92	57-63	82-88	120-138	240	54-61
Hasköy	39-94	111-113	66-67	-	77-87	98	185	62
Karaağaç	49-157	54-160	42-114	57-81	56-127	148-180	115-185	72-78
Hamamboğazı	98-157	182	94-95	73-78	84-102	146-158	173-178	81
Kızılcaören	62-127	113-142	56-71	44-49	87-109	120-157	173-178	71

7. SULARIN MİNERAL DOYGUNLUKLARI VE ÇÖKELTME EĞİLİMDE OLDUKLAR MİNERAL TÜRLERİ

Suların mineral doygunlukları su içindeki iyonların ve minerallerin Gibbs serbest enerjileri (ΔG°) ile iyon etkinliklerinin bilinmesi ile ilişkilidir. Su içindeki kimyasal bir tepkimenin Gibbs serbest enerjisi (ΔG°) ile tepkimedeki iyon veya bileşiklerin derişimleri arasındaki ilişki aşağıdaki global denklemle yazılabilir.

$$\Delta G^\circ = - RT \ln K$$

Bağıntıdaki; R: gazların sabiti (0,001987 kcal/mol), T: sıcaklık derecesi (Kelvin), ln: doğal logaritma ve K: tepkimenin denge sabitidir. Kimyasal tepkimelerin serbest enerjileri bilinirse kimyasal denge sabitleri, çözünmüş iyonların çökebilme özellikleri, iyon değişimi ve kimyasal bozunum şekilleri önceden tahmin edilebilir.

Minerallerin doygunluk indisleri ($Dİ=SI=\log(Q/K)$) veya $\log(AP/K)$ şeklinde de gösterilebilen logaritmik bir kavramdan oluşur. Her mineral için özellikle sıcaklık ve kısmen de basınçla değişen değerler içerir. Termodinamik yöntemlerle hesaplanan mineral doygunluk indeksi sonuçları aşağıdaki gibi yorumlanır.

- $Dİ(\log Q/K) = 0$ ise Su ilgili mineral ile dengededir (doygundur).
- $Dİ(\log Q/K) > 0$ ise Su ilgili mineralle aşırı doygundur (mineral çökeltici özelliindedir).
- $Dİ(\log Q/K) < 0$ ise Su ilgili mineralle doygun değildir (minerali çözüdürücü özelliindedir).

Mineral doygunluk indekslerinin hesaplanması suların üretim ve iletimi aşamasında olabilecek olası çökellerin önceden tahmin edilmesi üretim ve malzeme kaybı olmadan önce alınabilecek önlemler açısından çok önemlidir.

Bu bölümde Uşak ili jeotermal sahalarındaki sıcak ve soğuk suların kabuklaşma ve korozyon özelliklerinin tahmini için suların çeşitli minerallere göre doygunlukları PhreeqC (Parkhurst ve Appelo, 1999) programı ile hesaplanmıştır. Doğal ya da sondajdan artezyen veya pompaj yoluyla boşalım koşullarında alınan su örneklerinin kimyasal analizi sonucunda suların aşağıdaki minerallere göre doyma indisleri belirlenmiştir:

Al(OH)₃, albit (NaAlSi₃O₈), alünit (KAl₃(SO₄)₂(OH)₆), anhidrit (CaSO₄), anortit (CaAl₂Si₂O₈), aragonit (CaCO₃), barit (BaSO₄), Ca-montmorillonit (Ca_{0.165}Al_{2.33}Si_{3.67}O₁₀(OH)₂), kalsit (CaCO₃), sölestin (SrSO₄), kalseduan (SiO₂), klorit (Mg₅Al₂Si₃O₁₀(OH)₈), krizotil (Mg₃Si₂O₅(OH)₄), dolomit (CaMg(CO₃)₂), Fe(OH)₃, fluorit (CaF₂), gipsit (Al(OH)₃), götit (FeOOH), jips (CaSO₄·2H₂O), halit (NaCl), Hausmannit (Mn₃O₄), hematit (Fe₂O₃), illit (K_{0.6}Mg_{0.25}Al_{2.3}Si_{3.5}O₁₀(OH)₂), Jarosit-K (KFe₃(SO₄)₂(OH)₆), K-feldispat (KAlSi₃O₈), K-mika (KAl₃Si₃O₁₀(OH)₂), kaolinit (Al₂Si₂O₅(OH)₄), manganit (MnOOH), melanterit (FeSO₄·7H₂O), pirokroit (Mn(OH)₂), pirolusit (MnO₂), kuvars (SiO₂), rodokrosit (MnCO₃), sepiyolit (Mg₂Si₃O₇·5OH·3H₂O), siderit (FeCO₃), smitsonit (ZnCO₃), stronsiyanit (SrCO₃), talk (Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂), willemit (Zn₂SiO₄), witherit (BaCO₃) ve Zn(OH)₂.

Yukarıda sıralanan minerallere göre hesaplanan mineral doygunlukları **Çizelge 7.1-7.7'de** verilmiştir. Yukarıda verilen ve ancak inceleme alanı sularında doygun olmayan mineraller bu çizelgelerde gösterilmemiştir.

Emirfakı sahası suları alünit, aragonit ve fluoritçe doygun değilken Ca montmorillonit, kalseduan, gipsit, götit, hematit, illit, K-mika, kaolinit ve kuvars mineralleri çökeltme eğilimindedir. Barit, kalsit, dolomit, K-feldispat ve Fe(OH)₃ sıcak sularda doygunluk sınırı civarında olduğu halde bu mineraller soğuk sularda çökeltme eğilimindedir (**Çizelge 7.1**).

Örencik sahası suları barit, Ca montmorillonit, kalseduan, götit, hematit, illit, K-feldispat, K-mika, kaolinit ve kuvars çöktürme kapasitesine sahiptir. Ayrıca, Örencik termal sondaj suyu (ÖR-1) baritçe doygunken, albit, gipsit ve talk minerallerini çözme ve Çizelge 7.2'de yer alan diğer tüm mineralleri çöktürme özelliğine sahiptir.

Diğer sahalar için soğuk suların mineral doygunluk değerleri aşağıdaki çizelgelarda görülebilir.

Aksaz sahasında sıcak suların hemen hemen tümü aragonit, barit, Ca montmorillonit, kalsit, kalseduan, dolomit, fluorit, K-mika, kaolinit ve kuvars çöktürme, gipsit ve talk çözme eğilimindedir. Sıcak suların bazıları illit ve K-feldispat minerallerini çözme, bazıları da bu mineralleri çöktürme özelliğindedir (Çizelge 7.3).

Hasköy termal kaynağı K-Feldispat ve $Fe(OH)_3$ minerallerini çözme, aragonit, barit, Ca montmorillonit, kalsit, kalseduan, dolomit, gipsit, götit, hematit, K-mika, kaolinit ve kuvars minerallerini ise çöktürme eğilimindedir (Çizelge 7.4).

Karaağaç sahası termal suları rodokrosit mineralini çözücü, albit, alünit, aragonit, barit, Ca montmorillonit, kalsit, kalseduan, dolomit, gipsit, götit, hematit, illit, K-mika, kaolinit ve kuvars minerallerini ise çöktürme özelliğindedir. Talk mineraline göre doygunluk sınırındadırlar. Alparslan-1 kuyusu (KAR-1) anortit çöktürme, $Fe(OH)_3$ ve siderit çözme eğiliminde iken, derinlikleri az olan Kayağıl-1 ve diğer termal kuyu suları bunun tersi özellik gösterir (Çizelge 7.5). Bunun nedeni sığ derinliklerde yüksek derecede ayrılmış ve demirce zengin bir zonun bulunmasıdır. Kayağıl-2 kuyusunda 200 mg/l civarında demir bulunması bunun bir göstergesidir.

Hamamboğazı termal suları barit mineralince doygundur. Bu sular albit, aragonit, Ca montmorillonit, kalsit, kalseduan, dolomit, fluorit, gipsit, götit, hematit, illit, K-mika, kaolinit, talk ve kuvars minerallerini çöktürme, rodokrosit, $Fe(OH)_3$ ve siderit minerallerini çözme özelliğindedir. Klorite göre ise doygun veya çöktürme özelliğindedir (Çizelge 7.6).

Kızılcaören suları (Kızılcaören-4, K-4) hariç olmak üzere aragonit, Ca montmorillonit, kalsit, dolomit, illit ve kaolinit çöktürme, $Fe(OH)_3$, rodokrosit, siderit ve talk çözüldürme eğilimindedir. K-4 kaynağında tam tersi durum söz konusudur. Tüm sular klorit çözüldürme özelliğindedir. Diğer minerallerce suların doyma indisleri negatif veya pozitif değerlerdedir (Çizelge 7.7).

Çizelge 7.1 . Emirfakı sahası sularının çeşitli minerallere göre doyma indisleri (Arag: Aragonit, Ca-M: Ca montmorillonit, Kalse: Kalseduan, Dolo: Dolomit, Hem: Hematit, K-Feld: K Feldispat)

No	Alünit	Arag.	Barit	Ca-M.	Kalsit	Kalse	Dolo.	Fe(OH) ₃	Fluorit	Gibsit	Götit	Hem.	İllit	K-Feld	K-mika	Kaolinit	Kuvars
EM-1	-3,12	-0,04	0,10	0,04	0,10	0,27	0,04	-1,78	-0,13	-0,33	4,41	10,88	-0,99	-0,95	4,05	1,53	0,67
EM-2	-2,28	0,36	0,02	1,93	0,49	0,27	0,87	0,54	-0,25	0,40	6,89	15,85	1,21	0,24	6,73	3,00	0,66
EM-3	-3,92	-0,14	-0,08	-1,02	0,00	0,20	-0,14	-1,96	-0,15	-0,68	4,28	10,62	-2,08	-1,55	2,77	0,71	0,60
EM-4	0,39	-0,21	-0,06	1,77	-0,08	0,11	-0,27	-0,23	-0,32	0,66	6,17	14,41	0,65	-0,52	6,51	3,20	0,49
EM-5	-0,78	-0,27	-0,03	0,52	-0,13	0,09	-0,43	-0,31	-0,19	0,17	6,03	14,14	-0,66	-1,15	4,87	2,17	0,48
EM-6	-0,06	-0,26	0,18	1,24	-0,12	0,09	-0,42	-1,21	-0,22	0,47	4,99	12,02	0,06	-0,85	5,76	2,80	0,50
EM-7		-0,11			0,03	0,11	-0,26		0,10								0,52
EM-8	0,71	-0,08	0,02	4,60	0,07	0,57	0,19	-0,11	-0,20	1,13	5,74	13,48	3,53	1,34	9,21	5,09	1,01
EM-9	-3,23	0,16	0,43	3,04	0,31	0,17	0,56	1,67	-1,27	1,03	7,32	16,61	2,29	0,31	7,95	4,11	0,62
EM-10	-5,12	-0,13	0,33	4,07	0,02	0,59	0,04	0,59	-1,70	0,85	6,21	14,39	3,00	0,97	8,24	4,58	1,04
EM-11	-1,43	0,11	0,20	5,45	0,25	0,48	0,49	0,29	-0,45	1,58	6,11	14,22	4,66	1,87	10,63	5,80	0,92
EM-12	-5,44	-0,01	0,39	2,82	0,14	0,62	0,35	0,04	-1,05	0,25	5,78	13,56	2,04	0,92	7,01	3,43	1,06
EM-13	-5,39	0,09	0,32	3,31	0,24	0,53	0,30	0,10	-1,33	0,62	5,77	13,62	2,35	0,81	7,62	3,99	0,98
EM-14	-10,95	-0,10	0,02	0,46	0,05	0,54	0,35	0,43	-1,33	-0,66	6,28	14,56	-0,19	-0,16	4,12	1,44	0,97
EM-15	-9,61	-0,02	-0,51	2,42	0,13	0,55	0,11	0,77	-2,01	0,19	6,37	14,71	1,62	0,58	6,52	3,16	1,00

Çizelge 7.2 . Örencik sahası sularının çeşitli minerallere göre doyma indisleri (Arag: Aragonit, Ca-M: Ca montmorillonit, Kalse: Kalseduan, Dolo: Dolomit, Hem: Hematit, K-Feld: K Feldispat)

No	Albit	Arag.	Barit	Ca-M.	Kalsit	Kalse.	Dolo.	Gibsit	Götit	Hem.	İllit	K-Feld.	K-mika	Kaolinit	Kuvars	Talk
ÖR-1	-0,44	0,37	-0,01	1,13	0,50	0,65	1,06	-0,50	5,09	12,2	0,53	0,76	5,46	1,96	1,04	-0,64
ÖR-2	-1,25	-0,17	0,26	0,09	-0,03	0,63	-0,12	-0,81	4,16	10,3	-0,74	0,09	4,05	1,34	1,08	-4,72
ÖR-3	0,10	0,06	0,31	2,12	0,21	0,54	0,81	0,10	4,54	11,1	1,89	1,39	7,20	2,97	0,97	0,37
ÖR-4	0,26	0,11	0,16	3,46	0,25	0,60	0,39	0,65	3,92	9,8	2,58	1,42	8,32	4,20	1,04	-3,86
ÖR-5	0,19	0,21	0,73	5,00	0,36	0,52	0,68	1,36	3,90	9,7	4,25	1,78	10,05	5,45	0,98	0,61
ÖR-6	0,65	0,25	0,96	5,23	0,39	0,75	0,52	1,09	4,69	11,4	4,51	2,42	10,16	5,36	1,20	0,94
ÖR-7	-0,39	-0,32	0,20	3,45	-0,17	0,62	-0,41	0,60	4,02	10,0	2,50	1,25	8,04	4,14	1,07	-2,84
ÖR-8	-0,74	-0,75	-0,38	3,65	-0,60	0,56	-1,21	0,77	3,97	9,9	2,56	0,93	8,06	4,36	1,01	-2,31
ÖR-9	-0,18	-0,53	0,08	4,88	-0,39	0,63	-0,75	1,20	3,64	9,3	3,77	1,56	9,53	5,35	1,08	-2,12

Çizelge 7.3 . Aksaz sahası sularının çeşitli minerallere göre doyma indisleri (Arag: Aragonit, Ca-M: Ca montmorillonit, Kalse: Kalseduan, Dolo: Dolomit, Hem: Hematit, K-Feld: K Feldispat)

No	Arag.	Barit	Ca-M.	Kalsit	Kalse	Dolo.	Fe(OH) ₃	Fluorit	Gibsite	Götit	Hem.	İllit	K-Feld.	K-mika	Kaolinit	Kuvars	Talk
A-1	0,21	0,34	0,97	0,35	0,45	0,55		0,11	-0,24			0,13	0,11	5,31	2,08	0,85	-2,79
A-2	0,03	0,28	0,52	0,16	0,63	0,16		0,17	-0,68			-0,40	0,12	4,40	1,57	1,04	-3,29
A-3	0,38		-0,28	0,51	0,44	0,73		0,53	-0,76			-1,11	-0,46	3,69	1,03	0,84	-2,99
A-4	0,34	0,19	0,32	0,48	0,53	0,67		0,32	-0,65			-0,60	-0,15	4,23	1,44	0,94	-2,91
A-5	0,17	0,12	0,91	0,31	0,43	0,54		0,18	-0,22			0,10	0,07	5,28	2,08	0,84	-3,02
A-6	0,08	0,07	3,25	0,22	0,76	0,62		-1,38	0,18			2,79	1,79	7,79	3,55	1,17	3,17
A-7	-0,19	0,03	3,15	-0,05	0,36	-0,78	-1,38	-0,97	0,90	4,50	11,0	1,25	-0,59	6,81	4,19	0,79	
A-8	-0,79	0,28	-0,05	-0,65	0,79	-1,42	-0,93	-1,09				-1,51	-0,63	2,78	1,10	1,24	-5,80
A-9	0,02	-0,09	3,22	0,17	0,54	-0,27		-1,80	0,56			2,07	0,59	7,28	3,89	0,99	-1,01
A-10	-0,20	-0,17	3,45	-0,05	0,72	-1,07		-1,93	0,38			2,28	1,13	7,47	3,90	1,17	-1,68
A-11	-0,07	-0,47	2,91	0,08	0,73	0,34		-1,99	0,10			2,05	0,91	6,69	3,36	1,18	2,62
A-12	-0,06	0,00	0,25	0,09	0,24	0,17		-1,12	-0,28			-0,62	-1,07	3,95	1,61	0,69	0,74
A-13	0,06	0,13	4,74	0,21	0,38	0,49	1,79	-1,16	1,42	7,51	17,0	3,90	1,17	9,60	5,30	0,82	1,72
A-14	-0,01	0,14	2,76	0,14	0,31	-0,20		-1,90	0,69			1,45	-0,33	6,65	3,69	0,75	-0,78
A-15	-0,02	-0,02	1,74	0,12	0,44	-0,03		-1,60	0,05			0,93	0,16	5,84	2,66	0,88	0,47
A-16	0,34	0,50	2,07	0,48	0,62	0,95		-1,58	-0,13			1,37	0,58	5,91	2,68	1,06	3,38

Çizelge 7.4. Hasköy sahası sularının çeşitli minerallere göre doyma indisleri (Arag: Aragonit, Ca-M: Ca montmorillonit, Kalse: Kalseduan, Dolo: Dolomit, Hem: Hematit, K-Feld: K Feldispat)

No	Arag.	Barit	Ca-M.	Kalsit	Kalse.	Dolo.	Fe(OH) ₃	Gibsite	Götit	Hem.	İllit	K-Feld.	K-mika	Kaolinit	Kuvars
HS-1	0,26	0,03	1,22	0,40	0,28	0,67	-0,76	0,13	5,49	13,03	0,20	-0,41	5,52	2,49	0,68
HS-2	0,05	0,07	0,16	0,19	0,33	0,16	-0,61	-0,37	5,34	12,69	-0,96	-0,87	4,01	1,61	0,76
HS-3	-0,18	0,33	1,63	-0,04	0,30	-0,35	0,77	0,28	6,42	14,81	0,40	-0,65	5,48	2,86	0,75
HS-4	-0,13	0,16	2,38	0,01	0,30	-0,06	1,38	0,57	7,07	16,12	1,22	-0,38	6,33	3,43	0,75
HS-5	0,03	0,22	1,81	0,18	0,14	0,17	1,10	0,57	6,86	15,71	0,64	-0,85	5,87	3,11	0,58
HS-6	-0,11	0,29	4,18	0,04	0,17	-0,16	0,93	1,58	6,57	15,11	2,86	0,09	8,81	5,19	0,62
HS-7	0,00	0,04	3,48	0,14	0,15	-0,16	1,43	1,27	7,12	16,23	2,26	-0,13	7,98	4,52	0,59
HS-8	0,17	-0,55	3,49	0,32	0,11	-0,01	1,69	1,32	7,31	16,58	2,24	-0,21	8,00	4,56	0,56

Çizelge 7.7. Hamamboğazı ve Kızılcaören sahaları soğuk sularının çeşitli minerallere göre doyma indisleri (Arag: Aragonit, Ca-M: Ca montmorillonit, Kalse: Kalseduan, Dolo: Dolomit, Hem: Hematit, K-Feld: K Feldispat)

No	Arag.	Barit	Ca-M.	Kalsit	Kalse.	Klorit	Dolo.	Fe(OH) ₃	Gibsit	Götit	Hem.	İllit	K-feld.	K-mika	Kaolinit	Kuvars	Talk
HK-1	-0,77	-2,15	-0,33	-0,61	-0,20	-10,46	-1,98	1,66	0,22	6,89	15,70	-1,59	-2,38	3,58	1,78	0,29	-4,58
HK-2	-0,21		3,55	-0,06	0,35	-0,53	-0,21		0,97			2,51	0,21	7,67	4,36	0,83	1,66
HK-3	0,05	-2,36	1,23	0,20	0,14	8,72	1,74	2,05	0,24	7,57	17,11	1,19	-0,24	5,80	2,46	0,60	7,50
HK-4	0,01	-0,14	3,48	0,16	0,19	-1,59	0,56	1,42	1,23	6,90	15,75	2,49	0,02	8,02	4,54	0,66	0,27
HK-5	0,11	-0,35	-0,09	0,27	0,00	-4,91	0,18	0,87	-0,03	6,15	14,24	-1,11	-1,86	3,60	1,65	0,48	-0,55
HK-6	0,03	-0,07	0,72	0,19	0,10	-5,13	0,03	0,96	0,16	6,26	14,45	-0,40	-1,45	4,39	2,25	0,59	-0,68
HK-7	-0,04	0,22	1,50	0,11	0,06	-6,85	-0,19	0,08	0,59	5,56	13,07	0,15	-1,40	5,33	3,00	0,52	-2,41
HK-8	-0,05	0,18	0,74	0,10	0,11	-6,59	-0,06	-0,03	0,16	5,49	12,94	-0,52	-1,55	4,33	2,26	0,58	-1,64
HK-9	-0,06	0,63	2,97	0,10	0,41	-6,46	0,07	0,71	0,69	6,23	14,42	2,06	0,57	7,50	3,91	0,88	-1,53
HK-10	-0,02	0,71	3,98	0,13	0,08	-2,11	0,40		1,61			2,84	-0,09	8,68	5,09	0,54	-0,77
HK-11	0,18	0,65	1,83	0,32	0,46	-4,04	0,77	0,07	0,08	5,68	13,34	0,80	-0,23	5,49	2,78	0,92	0,72
HK-12	0,46	0,37	1,46	0,62	0,15	-1,57	1,37	1,08	0,39	6,56	15,08	0,84	-0,40	5,93	2,78	0,61	1,19
HK-13	0,34	-0,12	1,99	0,49	0,07	0,66	1,15	0,62	0,70	6,51	15,03	1,02	-0,86	6,15	3,22	0,49	1,78
HK-14	-0,03	0,20	6,55	0,12	0,56	-1,73	0,32	0,90	1,99	6,44	14,84	5,57	2,19	11,72	6,79	1,02	0,05
HK-15	0,02	0,61	5,74	0,16	0,41	-2,92	0,49	-0,04	1,88	5,57	13,12	4,82	1,72	11,05	6,28	0,86	-0,91
HK-16	0,55	0,61	2,04	0,70	0,33	-2,93	1,29	0,38	0,36	5,89	13,75	1,32	0,12	6,40	3,08	0,79	0,80
HK-17	-0,06	-0,98	1,80	0,09	0,41	-3,95	0,75	0,45	0,18	6,04	14,05	0,51	-0,88	5,05	2,89	0,87	0,54

8. TERMAL KÜR ANALİZLERİ

Termal küre uygunluğun belirlenmesi için Emirfakı termal kaynak, Örencik termal sondaj, Aksaz termal kaynağı, Hasköy termal kaynağı, Kızılcaören-2 kaynağı ve Hamamboğazı Sauna kaynağından alınan numuneler Gülhane Askeri Tıp Akademisi'nde analiz edilmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 8.1'de verilmiştir.

Çizelge 8.1. Termal küre uygunluk analizleri

	Emirfakı	Örencik	Aksaz	Hasköy	Kızılcaören	Sauna
FİZİKSEL VE FİZİKO-KİMYASAL ANALİZLER						
Koku	Kokusuz	Kokusuz	Kokusuz	Kokusuz	Kokusuz	Kokusuz
Tat	Tatsız	Tatsız	Tatsız	Tatsız	Tatsız	Tatsız
Renk (Pt/Co)	0	1,7	0,1	0	1,4	4,7
Bulanıklık (JTU)	0,18	15,96	3,81	0,01	16,46	63,66
Çökelti (24 saat içinde %)	0	0	0	0	0	0
pH Değeri(25,0 °C)	6,08	6,31	6,15	6,16	6,52	7,02
EC (µS/cm-25°C)	2380	3490	3630	2500	2580	3690
Yoğunluk (gr/cm ³)	<1,000	1,001	1,001	<1,000	<1,000	<1,000
KİMYASAL ANALİZLER						
Amonyum (mg/l)	0	0	0	0	0	0
Bikarbonat (mg/l)	152,5	98,82	140,3	111,1	91,51	90,28
Bor (mg/l)	2,34	4,07	6,7	2,93	2,81	11,7
Bromür (mg/l)	0	0,06	0	0	0	0,06
Demir (mg/l)	0	0,14	0,06	0	0,51	1,16
Fluorür (mg/l)	2,13	1,48	2,67	1,32	2,46	4,08
Fosfat (mg/l)	0	0	0	0	0	0
İyodür (mg/l)	0	0,01	0	0	0,16	0
Kalsiyum (mg/l)	320,6	169,6	386,5	424,9	391,2	232,2
Klorür (mg/l)	35,66	57,41	53,64	29,01	28,35	92,37
Magnezyum (mg/l)	85,67	61,65	106,9	96,89	158,9	137,9
Mangan (mg/l)	0,31	0,3	0,24	0,46	0,54	0,29
Potasyum (mg/l)	40,56	94,34	106,1	32,81	37,81	115,3
Silikat (mg/l)	15,7	42,3	27,1	17,8	28,7	45,3
Sodyum (mg/l)	300,5	895,8	674,1	218,7	215,6	708,8
Sülfat (mg/l)	832,8	322,4	1277,5	458,2	715,2	1271,8
Sülfür (mg/l)	0	0	0	0	0	0
Nitrat (mg/l)	4,79	6,11	0,92	6,62	0,45	5,79
Nitrit (mg/l)	0	0	0	0	0	0
Siyanid (mg/l)	0	0	0	0	0	0
TDS (mg/l)	1793,5	1754,5	2782,7	1400,7	1674,2	2717,1
KOİ (mg/l)	14	9	12	10	9	8
BOİ (mg/l)	24	48	45	32	7	8
ESER ELEMENTLER						
Alüminyum (mg/l)	20	0	0,02	0,02	0,03	0,03
Arsenik(mg/l)	62	11	110	4	110	140
Bakır (mg/l)	0	0	0	0	0	0
Cıva (mg/l)	6	0,3	0,1	0	0,1	0
Çinko (mg/l)	18	110	160	150	260	200
Kadmiyum (mg/l)	0,03	0,001	0,007	0,001	0,008	0,009
Krom (mg/l)	10	20	20	30	20	30
Kurşun (mg/l)	870	360	560	910	1100	700
Nikel (mg/l)	690	270	420	440	420	270
Antimon (mg/l)	8,1	16	11	3,1	81	22
Baryum (mg/l)						
Selenyum (mg/l)	1,2	0,5	1,4	1,3	1,4	2,4
MİKROBİYOLOJİK ANALİZLER						
F. Koliform CFU/100 mL	0	0	0	0	0	0
TKB - CFU/100 mL	0	0	0	0	0	0
TKS (20 ± 2°C)-CFU/1 mL	5	0	310	290	86	2
TKS (35 ± 2°C)-CFU/1 mL	1	0	200	420	44	0

Bu analizlerde, analiz edilen iyon ve element değerleri, termal suların önceki dönemlerde PAÜ'de yapılan analizde elde edilen değerler ile hemen hemen uyumlu çıkmıştır.

GATA'da yapılan mikrobiyolojik analizlerde Aksaz, Hasköy ve Kızılcaören sularında kirlilik (koliform) belirlenmiştir.

DSİ TAKK laboratuvarlarında yapılan radyoaktivite analiz sonuçları Çizelge 8.2'de ve sularda izin verilen radyoaktivite değerleri Çizelge 8.3'de verilmiştir.

Çizelge 8.2. Uşak termal sularının toplam alfa/toplam beta analiz sonuçları

Numunenin Adı	Alınma Tarihi	Alfa* (Bq/L)	Alfa Belirsizlik ±(Bq/L)	Beta* (Bq/L)	Beta Belirsizlik ±(Bq/L)
Emirfakı	15.11.2009	0.544	0.114	1.44	0.14
Örencik	15.11.2009	0.871	0.175	2.52	0.25
Aksaz	14.11.2009	0.826	0.131	2.72	0.17
Hasköy	15.11.2009	0.316	0.107	1.52	0.15
Kızılcaören	15.11.2009	0.421	0.109	1.23	0.13
Sauna	15.11.2009	1.256	0.187	3.50	0.19
Deney Yöntemi: EPA 900.0					

Çizelge 8.3. Sularda izin verilen radyoaktivite parametreleri.

	Alfa Yayınlayıcılar (Bq/L)	Beta Yayınlayıcılar (Bq/L)	Trityum (Bq/L)
İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (17.02.2005 tarih ve 25730 sayı, 31.07.2009 tarih ve 27305 sayılı değişiklik)	-	-	100
Doğal Mineralli Sular Hakkında Yönetmelik (01.12.2004 tarih 25657 sayı, 31.07.2009 tarih ve 27305 sayılı değişiklik)	1,5	2,0	-

Bu analiz sonuçlarına göre kimyasal olarak ve radyoaktivite yönünden Uşak jeotermal suları soluma ve içme dışında her türlü yardımcı tedavi amacıyla kullanılabilirler. Ancak, Aksaz, Hasköy ve Kızılcaören termal sularının kirlilik analizlerinin tekrarlanması gerekmektedir.

9. SICAK SU ÇÖKELLERİ

Uşak jeotermal sahalarının çoğunda traverten oluşumları gözlenir. Bunlar Hamamboğazı, Kızılcaören, Örencik ve Aksaz traverten sahalarıdır. Adı geçen sahalarda arazi çalışmalarının yanı sıra jeokimya, izotop, SEM ve yaşlandırma için örnekler alınmıştır.

9.1. Hamamboğazı Traverten Sahası

Bu saha, çalışma alanının doğu-kuzeydoğusunda, Uşak-Afyon karayolunun 37.km'sinde yer alır (EK-3.1). Deniz seviyesinden 960 m yüksekte bulunan saha, Hamamboğazı vadisinin GD yamacına yaslanmıştır. Sahanın Banaz ilçesine uzaklığı 7 km kadardır. Eski (fosil) travertenlerin yanı sıra, günümüzde de traverten çökelişi devam etmektedir.

a) Güncel travertenler

Gerek kaynak, gerekse sondaj kuyularından çıkan termal sular Hamamboğazı sahasının başlıca 2 kesiminde traverten çökeltmektedir. Bunlardan ilki, sırtın tepesinde tahrip olmuş durumdaki sondaj kuyusundan çıkan suların güney-güneybatıya aktığı, yapay olarak açılmış kanal ve akış yönünde yer alan dere yatağıdır (Şekil 9.1a, b). İkincisi ise sırt ile karayolu arasında kalan ve buradaki sondajdan (Şekil 9.1c) çıkan sıcak suların kuzey-kuzeybatıya (karayoluna doğru) yayıldığı alandır (Şekil 9.1d). GGB'daki dere yatağında traverten çökeltten termal suların tepedeki çıkış noktasında 07 Temmuz 2009 tarihinde sıcaklığı 67.8 °C, pH= 6.58 olarak ölçülmüştür. Bu sıcaklık (T) ve pH değerleri akış aşağı ölçüm yapılan en son noktada sırasıyla 36.3°C ve 8.16 olmuştur.

b) Eski fosil travertenler

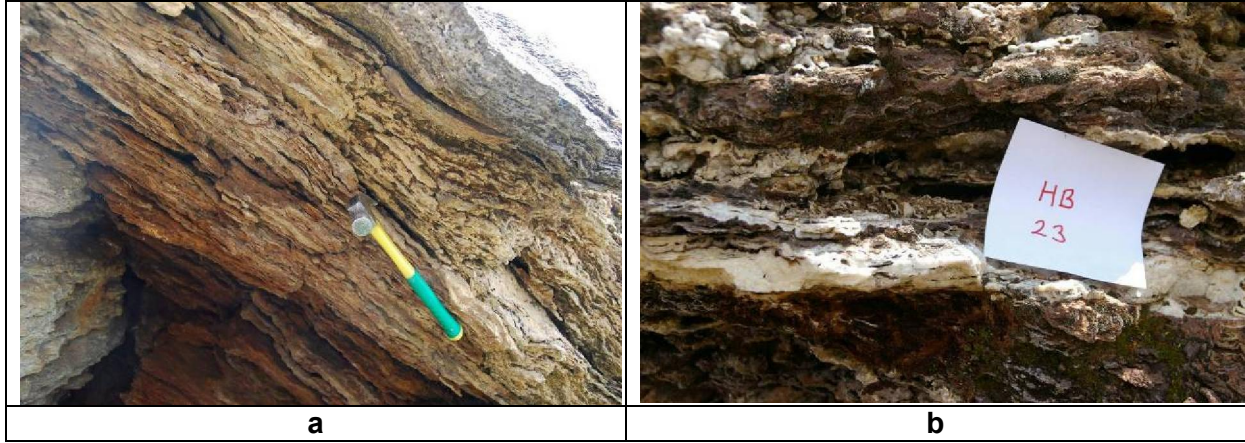
Eski travertenlerin altında Miyosen tabakaları uyumsuz olarak yer alır (Şekil 9.1e). Miyosen tortulları sarı-pas renkli, genellikle ince-orta tabakalıdır. Çalışma alanında Miyosen tabakalarının duruşları K42°B, 26°KD; K35°B, 10°KD; K20°B, 5°KD olarak ölçülmüştür. Eski traverten çökelleri, çalışma alanında yer alan sırtın kuzeybatı, batı ve güneybatı kesimlerinde gözlenir. Genellikle ince tabakalı ve sarı-kahverengi tonlar egemendir (Şekil 9.2a). Sırt yamaçlarında çökelmiş olan tabaka takımları yamaç aşağı farklı yönlerde eğimlenmişlerdir. Bu görünüşleri ile çapraz tabakalı kumtaşlarını andırırlar. Pasvanoğlu vd. (2005) daha önce yaptıkları bir çalışmada 75–80 metrelik traverten kalınlığından söz etmişlerdir. Ancak arazi gözlemlerimiz sırasında bahsedildiği kadar kalın bir travertene rastlanmamıştır (Şekil 9.1a). Kahverengi traverten tabakaları boşluklu olup, boşluklar yer yer açık renkli ikincil kaba kristaller ile doldurulmuştur. SEM görüntülerinde seyrek de olsa, bazan mikrobiyal filamentlere rastlanmaktadır (Şekil 9. 3b).



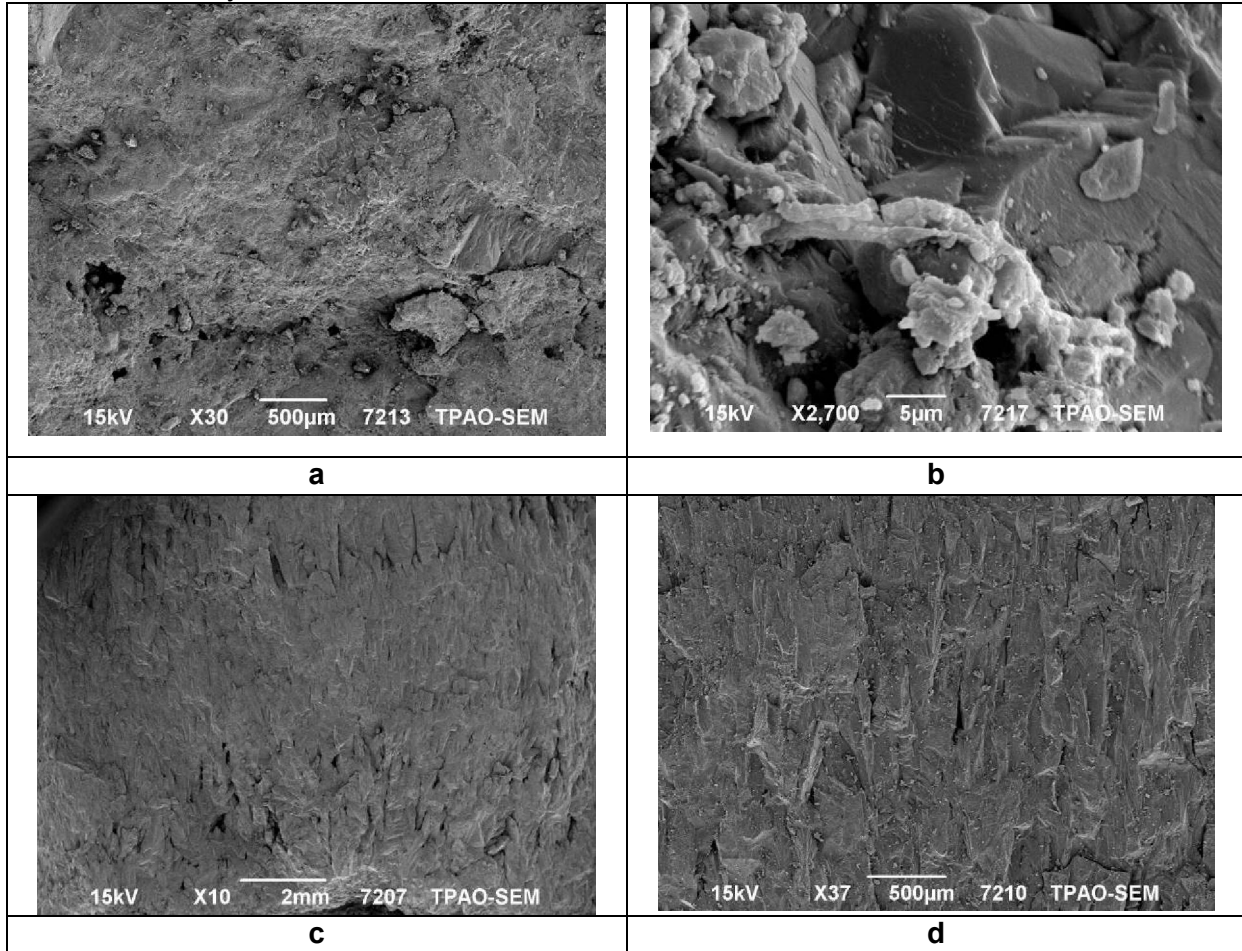
Şekil 9.1. Hamamboğazi jeotermal sahasındaki traverten oluşumlarının arazi görünümüleri. a) Üstte ince tabakalı eski (=fosil) travertenler (Trv), alttaki sarı-pas renkli Miyosen tortulları (Mio) üzerinde uyumsuz olarak durmaktadır. b) Hamamboğazi sahasında sırt üzerinde açılmış bir kanalda güney-güneybatıya (ok yönünde) akan sıcak sular. c) Kanaldan dereye boşalan sıcak suların kaynağa yakın (proksimal) yamaç üzerinde oluşturduğu traverten terasları (kuzeye bakış).d) Sırt ile karayolu arasında kalan alanda, jeotermal sondajdan çıkan sıcak suların kuzey-kuzeybatıya (karayoluna doğru) yayıldığı alanda oluşturduğu güncel travertenler (kuzeye bakış).

Kahverengi tabakalar arasında birkaç santimetre kalınlığında seyrek olarak gözlenen beyaz renkli kristalin kabuk türü traverten ara seviyeleri yer alır (Şekil 9.2b). Beyaz kristalin traverten ara düzeyleri tabakalanma düzlemine dik, yukarı doğru genişleyen kristal

dendritleri şeklinde gelişmişlerdir (Şekil 9.3c,d). Bu ara düzeylerin göreceli olarak kaynak ağzlarına yakın konumda çökdikleri düşünülmektedir.



Şekil 9.2. Sırtın kuzeybatı, batı ve güneybatı kesimlerinde yer alan eski travertenler. a) Yamaç üzerinde çökelmiş ince tabakalı ve eğimli travertenler (ölçek: çekiç= 30 cm). b) Sırtın güneybatısında, ince traverten tabakaları arasında, ~3 cm kalınlığında beyaz renkli kristalin kabuk ara düzeyleri.



Şekil 9.3. Hamamboğazı traverten örneklerinin bazı SEM görüntüleri. a) Kahverengi traverten örneğinin SEM görüntüsü, b) Kahverengi traverten örneğinde mikrobiyal bileşenler, c) Kahverengi tabakalar arasında birkaç santimetre kalınlığında seyrek olarak gözlenen beyaz renkli kristalin kabuk türü traverten ara seviyelerinin SEM görüntüsü. Beyaz kristalin

traverten ara düzeyleri tabakalanma düzlemine dik, yukarı doğru genişleyen kristal dendritleri şeklinde gelişmişlerdir. d) Kristal dendritlerinin yakın görünümü.

Mineralojik bileşim

Bazı seçilmiş örneklerin XRD sonuçlarına göre, Hamamboğazı sahasında sırt üzerinde açılmış kanalın kuzey ucunda yer alan 67.8 °C sıcaklığındaki kaynak ağızlarında oluşmuş traverten kabuklar %18 ile % 85 arasında aragonite, %18 ile % 75 arasında kalsitten oluşmaktadır. Bu iki ana mineral dışında %5 kadar kuvars, %2-5 mika, %1-2 klorit ve/veya kaolinit gibi tali mineraller saptanmıştır.

Element bileşimi

Lokalite ve örnek No	Ca	Si	Al	Fe	Mg	P	Mn	As	Ba	Ni	Sr	Zr
U-362-H.Boğazı	389214	2053,33	529,412	1750	6391,56		619,7184	1977,6	32	<20	1968,7	12,3

9.2. Kızılcaören Traverten Sahası

Bu traverten sahası çalışma alanının doğu-kuzeydoğusunda, Kızılcaören köyü yakınlarında, köyün batı, güneybatısında İcmeler mevkiinde yer alır (EK 3.1). Sahaya Uşak-Afyon karayolu üzerinden ulaşılır. Sahanın deniz seviyesinden yüksekliği 950–960 m'dir. Bu saha, Uşak Seramik Fabrikası'nın kuzeyinde, genellikle bir hat üzerinde dizilmiş, çevresine göre hafifçe yüksek, dairesel ya da elipsoidal şekilli çok sayıda traverten tümseklerinden meydana gelmiştir (Şekil 3.37 ve Şekil 9.4a). Bazı tümseklerin tepe kısımlarında çapları 25 metreye kadar çıkan krater şeklinde çukurluklar gözlenir (Şekil 9. 4b). Çukurları çevreleyen duvar görünümündeki travertenlerin kalınlıkları 4–5 m'ye kadar çıkmaktadır (Şekil 9.4bc). Aktif kaynaklar genellikle çukurların ortasında yer alır. Bazen eski kaynak ağızlarına rastlanır (Şekil 9.4d). Kaynak sularının sıcaklıkları 14,8°C ile 23,4°C arasında değişir. Bu yöredeki travertenler, yaygın hidrotermal demir oluşumları ile bir arada bulduklarından, travertenlerin rengi genellikle kirli ve kahverengi görünümündedirler.

Mineralojik bileşim:

Seçilmiş 5 örneğin XRD sonuçları aşağıdaki gibidir.

KZ 3 %80-91 Kalsit, % 9-20 Aragonit,

KZ 7 %100 Kalsit,

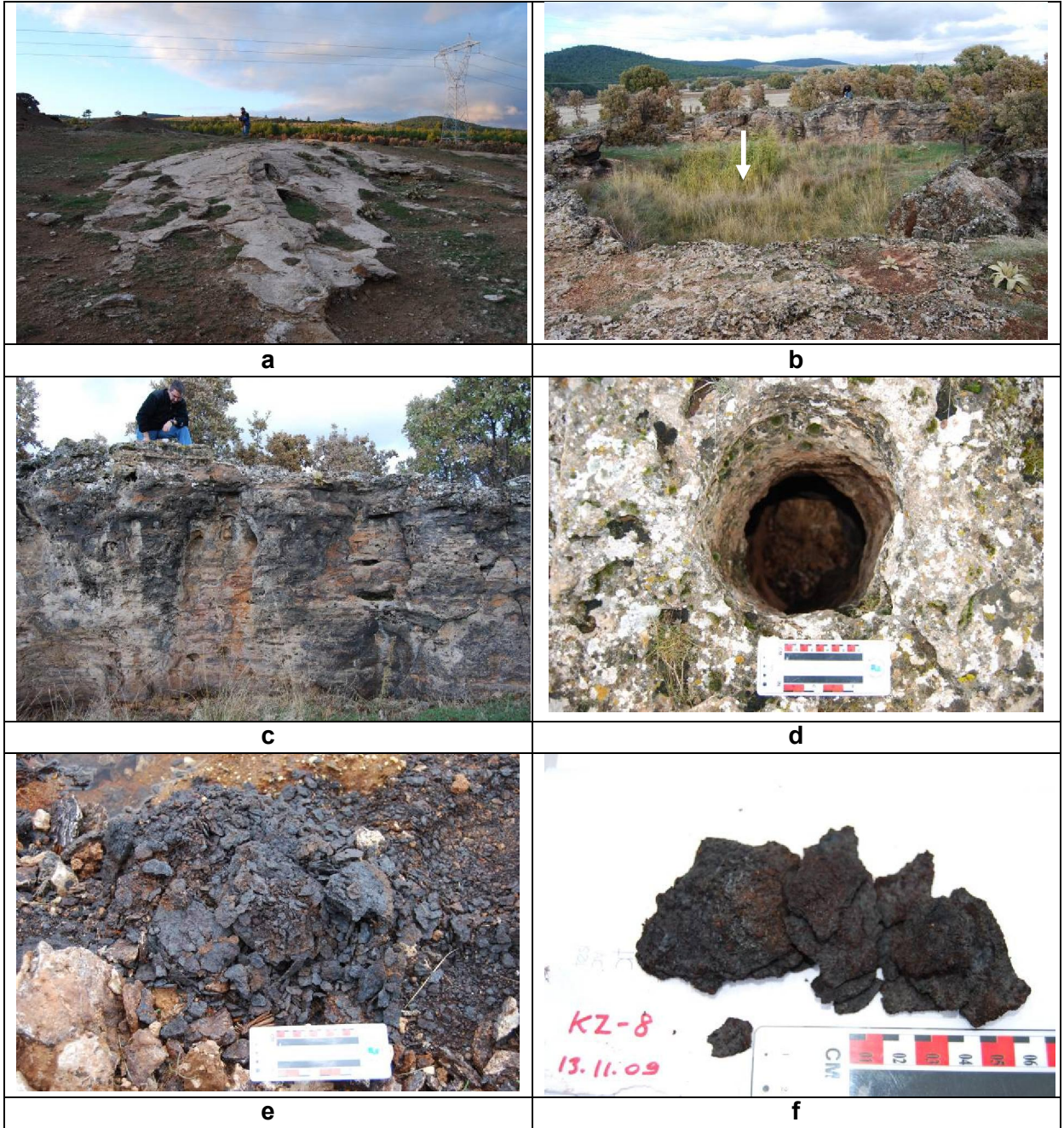
KZ 9 %100 Kalsit,

KZ 10 %100 Kalsit,

KZ 13 % 97 Kalsit, % 3 Kuvars.

Element bileşimi

Kızılcaören sahasından alınan traverten örneklerinin element oranları Çizelge 9.1'de verilmiştir. Buna göre, kahve rengi tonlardaki traverten örneklerinde Kalsit: 210100–385800 ppm arasında, Si: 12.7-16130 ppm'dir (Çizelge 9.1). Demir oranları ise traverten örneklerinde 26050 ppm'e kadar çıkmaktadır. Hatta traverten tabakaları ile yer yer bir arada bulunan koyu kahve, siyah renkli hidrotermal oluşumlarda (Şekil 9.4e, f) demir oranı çok daha yüksektir (233500–447400 ppm). Aynı örneklerde, Arsenik (As) de diğer örneklerle göre oldukça yüksektir (36990–85390 ppm). Yüksek oranda demir içeren bu hidrotermal oluşuklar son zamanlara kadar demir cevheri elde etmek amacıyla işletilmiştir. Sr oranları en az 107 ppm, en fazla 2856 ppm'dir. Sr içeriği 2650 ppm olan KZ-3 nolu traverten örneği mineralojik olarak % 9-20 aragonit'ten oluşmaktadır. Daha önce bazı çalışmalarda da belirtildiği gibi Sr içeriği ile aragonit arasında pozitif bir korelasyon vardır (Folk, 1984, Fouke, 2000, Kele vd., 2008).



Şekil 9.4. Kızılcaören sahasından arazi görünümleri. a) Elipsodal şekilli traverten tümseği, b) tümseklerin merkezi kısmında yer alan krater şeklinde bir çukurluk. Çukurluğun çapı yönlere göre 20-25 metre arasında değişmektedir. Şekil üzerindeki ok kaynağı işaret eder. Uşak c) Çukurluğu çevreleyen dik traverten duvarı, kalınlık: 4-5 m. Seramik Fabrikası'nın ~500 m kuzeyi, Sürmeşik hamamı.

Çizelge 9.1. Kızılcaören traverten örneklerinin element bileşimleri

Lokalite ve örnek No	Ca	Si	Al	Fe	Mg	P	Mn	As	Ba	Ni	Sr	Zr
KZ-3	381300	150,8	< 20	2303	4889	640,4	374,8	233,5	< 2,0	64,9	2650	< 1,0
KZ-4	366000	12,7	< 20	8965	4386	321,8	860,8	1349	< 2,0	41	1114	< 1,0
KZ-5	277800	2844	233,5	28960	4962	239,4	89280	2213	1435	4939	2611	< 1,0
KZ-6	328500	6435	78,9	20750	5381	205,3	44360	2430	528	2966	1871	< 1,0
KZ-7	210100	4450	152	233500	2260	368,1	3678	36990	47,3	217,7	563,3	< 1,0
KZ-8	23200	10370	937,6	447400	2581	496,4	8785	85390	256	286	589,6	< 1,0
KZ-9	373900	2151	273,1	5353	4442	351,5	2166	852	56,1	181	699,2	< 1,0
KZ-10	380500	1279	57	4645	1269	334,9	473,2	419	4	188	300,2	< 1,0
KZ-12	385800	1117	< 20	1412	955	304,5	1432	144,1	29,4	301,8	107	0,8
KZ-13	367800	4552	1051	16500	5376	324,1	965,8	2272	23,7	193,8	628	< 1,0
KZ-13 b	361100	4762	992,8	26050	2706	342,5	563,4	3567	5,4	167	565,4	< 1,0
KZ-14	364700	7114	1670	5496	3833	308,6	1085	266,6	26,6	259,5	503,8	< 1,0
KZ-15	351500	16130	2490	6238	6577	421,2	441,6	218,8	4,6	194,4	1489	< 1,0
KZ-16	361600	8084	1603	4944	5093	49,6	633,3	711,4	15,4	108,4	2631	< 1,0
KZ-17	371500	3442	466,7	1950	4729	320,3	379,8	362,5	< 2,0	73,4	2856	< 1,0

Folk'a göre (1994), sıcaklığı 40°C'nin üzerinde olan hemen hemen tüm kaynaklar aragonit, 40°C'nin altındakiler ise kalsit çökeltir. Hatta aynı yazara göre, Mg/Ca oranı 1:1'den yüksek soğuk kaynaklar da aragonit çökeltir. Fouke vd. (2000) Angel Terrace'ta (A.B.D., Mammoth Sıcak Kaynakları, Yellowstone Ulusal Parkı) yaptığı çalışmada, aragonitin, sıcaklığın 30°C ile 60 °C arasında değiştiği kaynak sularından çökeltildiğini ortaya koymuştur. Diğer taraftan Macaristan'ın Egerszalók traverten sahasında sıcaklığın 70°C'ye yakın olduğu termal kuyu çevresinde hemen hemen tamamen kalsit çökelerken, aragonit, kuyu ağzından daha uzaktaki proksimal yamaç üzerinde 45–50 °C lik sulardan çökelmiştir (Kele et al., 2008). Aynı şekilde Kenya'da ve Yeni Zelanda'da yapılan çalışmalarda, kalsitin 90°C'den daha sıcak sulardan çökeldiği belirtilmiştir (Jones ve Renaut, 1995; Jones vd., 1996).

9.3. Örencik Traverten Sahası

Örencik sahası Uşak il merkezinin batısında, Örencik köyü yakınında bulunur (Şekil 9.5). Uşak-İzmir karayolunun 9 km güneyindedir. Yöredeki temel birimleri gnays, mikaşist ve Neojen yaşlı yeşil çamurtaşı, kumtaşı ve çakıltaşından kuruludur. Örencik'te travertenler, 3 adet küçük boyutlu traverten kütlesi ile temsil edilir. Bunlardan ilki kaplıca tesislerinin yanibaşında yola bitişik olanıdır (Şekil 9.5a). Morfolojik olarak KB gidişli bir sırt görünümündedir. Sırtın uzunluğu ~15m, genişliği 6–7 m'dir. Doruk ekseninin her iki yanında kalan tabakalı travertenlerin duruşları: K45°B, 32°GB; K45°B, 27°GB; K35°B, 30°KD'dur. Travertenler krem renkli olup, yaklaşık 5 m kalınlığındadır.



Şekil 9.5. Örencik sahası traverten oluşumlarının arazi görünümü. a) Kaplıca tesislerinin yanibaşında, yola bitişik olan traverten sırtının genel görünümü, bakış kuzeye, sağ tarafta kaplıca tesisleri. b) Kaplıca tesislerinin yakınındaki, yola bitişik olan traverten sırtından yakın bir görünüm. c) Kaplıca tesislerinin batısındaki derenin doğusunda kalan, dere yatağına göre birkaç metre yukarıda duran travertenler. d) Derenin batı yamacında oluşmuş travertenlerin yakından görünümü. Ölçek: Arazi defteri (20cm).

Diğer iki traverten oluşumu, kaplıca tesislerinin batısındaki derenin her iki tarafında, dere tabanına göre yukarda, asılı konumda yer alırlar (Şekil 9.5bc). Günümüzde bu 3 alt sahadan sadece en batıdaki çok az miktarda traverten çökelişi devam etmektedir. Kaplıca tesisleri içinde kuyudan boşalan termal suyun sıcaklığı 38.5 °C'dir.

Element bileşimi

Lokalite ve örnek No	Ca	Si	Al	Fe	Mg	P	Mn	As	Ba	Ni	Sr	Zr
U-361-Örencik	372286	3640	52,9412	2485	1205,95	42,762	77,4648	8	154	<20	11722,2	5,3

9.4. Aksaz Traverten Sahası

Aksaz sahasındaki eski (yaşlı) traverten oluşumları Aksaz Hamamları çevresinde, Hamam Deresi'nin her iki yamacında, diklikler (kornişler) şeklinde gözlenir (Şekil 9.6a,b). Travertenlerin tabanında Neojen istifinin marn, killi kireçtaşı, kıltaşı, kumtaşı, çakıltaşı gibi tortul kaya türleri yer alır. Kaplıca alanında, yamaç gerilemesi nedeniyle traverten dikliklerinden kopan bloklardan bazıları vadi tabanına kadar inmişlerdir (Şekil 9.6a). Şu anda, bir dizi termal kaynak suları vadi tabanında, 476 m rakımda çıkmakta ve dere suyuna karışmaktadırlar. Kaplıca alanında, vadi tabanından çıkarak dere suyuna karışan termal suyun sıcaklığı ~35°C ölçülmüştür. Kaplıca tesislerine göre, derenin yaklaşık 250 m akış yukarısında yer alan tarihi Taşkemer Harabeleri çevresinde, vadi tabanına yakın konumda göreceli olarak daha genç traverten oluşumları da gözlenmektedir.

Traverten kalınlıkları, tarihi Taşkemer Harabeleri çevresinde, dere yatağının batısında ~25 metre, doğu-kuzeydoğusunda ise sırasıyla 8 ve 12 metredir. En kalın istif ise Hanyeri Köyü yakınlarındaki Sarıkaya Başı Sırtı'nda 32 metredir. Traverten istiflerinin tabanı bugünkü dere yatağına göre 10–15 metre yüksekte durmaktadır. Arazide traverten istiflerinin üst kesimleri sınırlı düzlükler şeklinde izlenmektedir. Bu düzlüklerin deniz seviyesinden olan yüksekliklerinde az çok farklılıklar vardır. Dere yatağının batısında ve doğusunda kalan ölçülü kesitlerin üst seviyeleri arasında yaklaşık 15 metre yükseklik farkı gözlenmiştir. Traverten sahalarının bazılarında ocak işletmeleri açılmış, ancak çalışma döneminde bunlardan sadece Hanyeri Köyü'nün 800 metre kuzeybatısındaki, Sarıkaya Başı yöresinde bulunan saha özel bir firma tarafından işletilmekte olup (Şekil 9.6b), diğerleri terk edilmiş durumdadır.

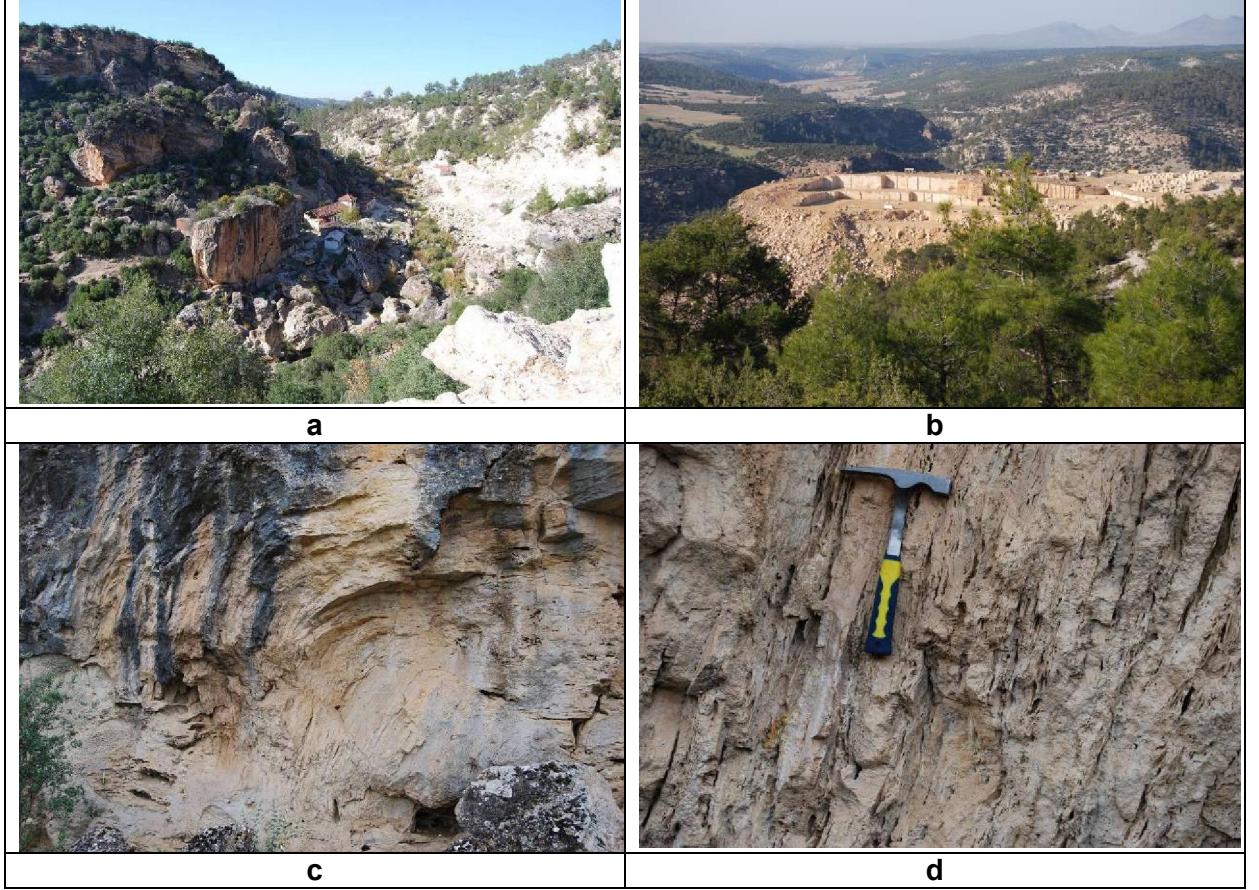
Traverten istifi kendi içersinde çökeltme farklılıkları gösterir. Ölçülmüş kesitler tabanlarında genellikle çakıllı, kumlu, siltli akarsu tortulları ile başlamaktadır. Çakıllar yer yer blok büyüklüğündedir. Söz konusu kırıntılı tortullar travertenle tutturulmuştur.

Taşkemer Harabeleri'nin batısında ölçülen kesitin tabanında akarsu tortulları üzerine gelen traverten tabakaları yüksek eğimli olup, şelale fasiyesini temsil ederler. (Şekil 9.6c,d). İnce tabakalı, eğimli travertenlerde iki farklı seviye göze çarpar. Bunlar, genellikle açık-orta krem renkli, birbiriyle ardalanmış boşluklu ve boşluksuz (ya da az boşluklu) seviyelerdir. Boşluklar merceksi ve tabakalanma düzlemlerine az çok paralel dizilmişlerdir. Mercek uzunlukları birkaç cm'ye kadar çıkmaktadır.

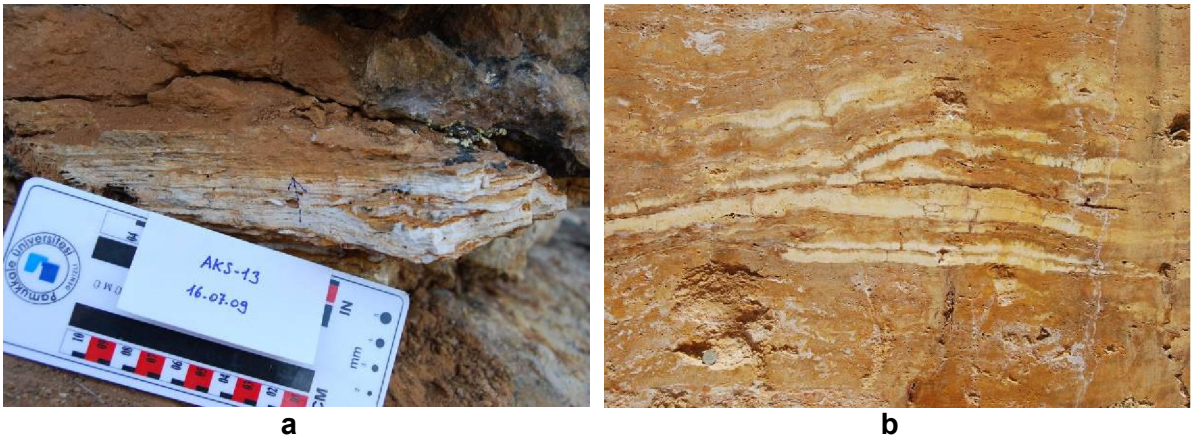
Şelale fasiyesi üzerine gelen travertenler yatay, yataya yakın, orta ve kalın katmanlı, yer yer masif görünümlüdürler. Yatay tabakalı travertenlerde de yukarıda sözü edilen merceksi boşluklu ve kompakt düzeyler ardışıklı olarak izlenir. Bazı seviyelerde, yukarı doğru genişleyen, büyüme konumunda kamış demetlerinin kalıpları ile karşılaşmıştır. Bazen yatay traverten tabakaları arasında birkaç cm kalınlıkta sal ve kristalin kabuk ara düzeyleri eşlik eder (Şekil 9.7a,b).

Çizelge 9.2. Aksaz traverten örneklerinin element analizleri

Örnek No	Ca	Si	Al	Fe	Mg	P	Mn	As	Ba	Ni	Sr	Zr
AKS-3B	393500	1446,67		350	3557,56		309,8592	12,7	15	25	1077	1,7
AKS-8A	391857	1446,67	185,294	1960	1929,53		232,3944	39	24	<20	606,7	2,9
AKS-8B	400571	560	79,4117	770	1688,34	21,381	154,9296	28,5	25	<20	921,5	2,3
AKS-9	346071	34440	3838,23	7035	3376,67	106,905	542,2536	635	50	<20	655,3	26,6
AKS-11	386929	3733,33	741,176	2555	3557,56	42,762	232,3944	57,7	23	<20	1067	4
AKS-13	373571	10313,3	1773,53	4025	4160,54	64,143	309,8592	751,1	38	<20	1285	9,7
AKS-14	394214	1400	238,235	805	2110,42	21,381	154,9296	32,3	11	<20	405,7	3,4
AKS-16	390071	1493,33	211,765	770	3135,48	42,762		47,8	17	<20	1027	2,9
AKS-17	389214	2986,67	423,529	315	3979,65			32,1	27	<20	1425	3,4
AKS-18	389571	980			6150,37			37,8	24	<20	2379	1,7
AKS-22		4666,67		665	2170,72		77,4648	32,4	23	<20	978,3	2,8
AKS-24	371214	13393,3	2382,35	1470	4462,03	42,762	77,4648	32	49	23	847,8	20,3
AKS-27	390286	2426,67	185,294	2940	5848,88	64,143	232,3944	194,6	14	29	1223	4
AKS-28	383214	1306,67	317,647	6230	4281,14	85,524	619,7184	22,7	12	<20	945,6	3,5
AKS-31	390071	2193,33	317,647	2695	1507,44	42,762	464,7888	34,4	44	<20	535,1	4,4
AKS-33	390429	4013,33	714,706	1190	4341,43	42,762	77,4648	112,8	61	<20	3432	21,3
AKS-34	380357	7886,67	1111,76	980	6391,56	42,762	77,4648	114,7	43	<20	2051	47,9
AKS-36	395357	140	26,4706	1540	3014,89	42,762	77,4648	19,1	30	<20	1042	6,2
AKS-37	392214	2006,67	291,176	2310	1386,85	42,762	154,9296	89,6	8	<20	319,4	3,6
AKS-41	390071	1260		3395	844,168	42,762	232,3944	43,2	12	<20	529,7	1,9
AKS-43	376286	6440	1005,88	7735	1085,36	42,762	387,324	233,6	29	129	411,9	9,2
AKS-48		4666,67	26,4706	245	3135,48		232,3944	40,5	24	<20	1722	3
AKS-54	394071	840	264,706	1890	2050,12	42,762	154,9296	347,9	32	<20	1129	2,4
U-239-Aksaz	392500	4013,33	79,4117	595	1748,63		232,3944	24,2	24	22	795,8	11,4
U-359-Gerdeme	369929	11526,7	2144,12	2730	7476,91	85,524	309,8592	3,4	77	<20	1977	19,4

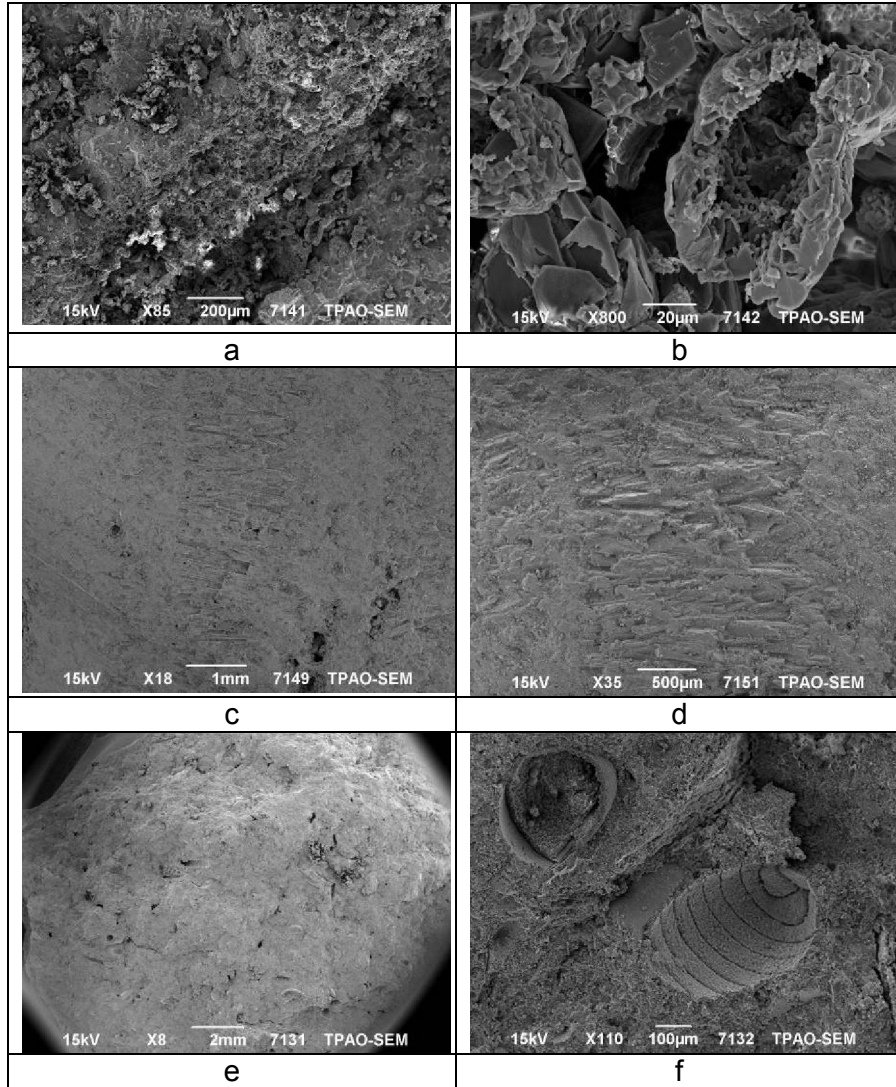


Şekil 9.6. Aksaz travertenlerinin arazi görünüşleri. **a)** Aksaz hamam tesisleri yakınlarında travertenlerin genel görünümü. Vadinin batı kesiminde (resmin sol tarafı) traverten kornişleri ve vadi tabanına düşmüş bloklar. Sağ tarafta Neojen istifinin açık renkli mar-kireçtaşları, **b)** Hanyeri Köyü'nün 800 metre kuzeybatısındaki, Sarıkaya Başı yöresinde açılmış bir traverten ocağı (kuzeybatıya bakış), **c)** Taşkemer Harabeleri yakınlarında, vadinin batı yamacında istifin tabanında akarsu tortulları üzerine gelen yüksek eğimli travertenler (şelale fasiyesi), görüntüdeki genişlik: 12 m, **d)** Şelale fasiyesinde birbiriyile ardalanan boşluklu ve sıkı (=kompakt) traverten düzeyleri. Ölçek: Çekiç= 28 cm.



Şekil 9.7. a) Beyaz renkli, yatay laminalı sal yığılımları. Taşkemer harabeleri yakınlarında, vadinin batı yamacında traverten istifinin üst seviyeleri, b) Kahve renkli, travertenlerde beyaz renkli, birkaç cm kalınlıkta kristalli kabuk ara düzeyleri, görüntü genişliği: 75 cm. Hanyeri Köyü, Sarıkaya Başı kesiti.

Traverten sahalarındaki açık ocak işletmelerinde ortaya çıkmış tel kesme yüzeyleri, travertenlerin depolanma şekillerini incelemek için ideal düzlemlerdir. Hanyeri Köyü yakınlarındaki Sarıkaya Başı Sırtı'ndaki ocak aynalarında kesit ölçülmüş ve sistematik örnek alınmıştır. Bu sahada alttaki ilk aynada yamaç ortamında depolanmış, güneğe eğimli travertenler gözlenmiştir. Eğimli, koyu renkli (kahverengi tonlarda) travertenler, seyrek olarak gözlenen açık renkli-beyaz kristalin kabuk bantları ile birlikte bulunur. Maksimum kalınlık ocağın orta kesimindedir. Yanlara doğru kalınlık giderek azalır. Ayrıca orta kesimde demir içeriğinden kaynaklanan koyu renk egemendir. Tabaka düzlemlerinde ve kırıklarda yer yer demir oranı yüksek kabuklar gelişmiştir. 32 m'lik traverten istifinin bazı düzeylerinde alttaki Neojen istifinden türemiş köşeli-yarı köşeli marn, killi kireçtaşı, kumtaşı kırıntıları ve çakıl ara düzeyler izlenir. İstifin üst düzeylerinden alınan bazı örneklerin (Şekil 9.8a) SEM görüntülerinde gastropod fosil kavrıklarına rastlanmıştır (Şekil 9.8b).



Şekil 9.8. Traverten örneklerinin SEM görüntüleri. **a)** Eğimli traverten tabakalarında yer alan merceksi boşluklu düzeylerden alınan SEM görüntüsü, **b)** "a" daki boşluklu düzeylerin yakından görünümü. **c)** Traverten sallarının kristalli iç yapısı, kalsit kristalleri sal yüzeyine dik gelişmiştir. **d)** "c" deki kristalli iç yapının yakından görünümü. **e)** Hanyeri Köyü yakınlarında açılmış traverten ocağında istifin üst kesimlerinden alınan bir örneğin genel görünümü, **f)** "e" deki örnekte yer alan bir mikro gastropod kavrığı kalıbının SEM görüntüsü.

Mineralojik bileşim

XRD analiz sonuçlarına göre traverten örneklerinin hemen hemen tamamı kalsitten oluşmaktadır.

Jeokimya

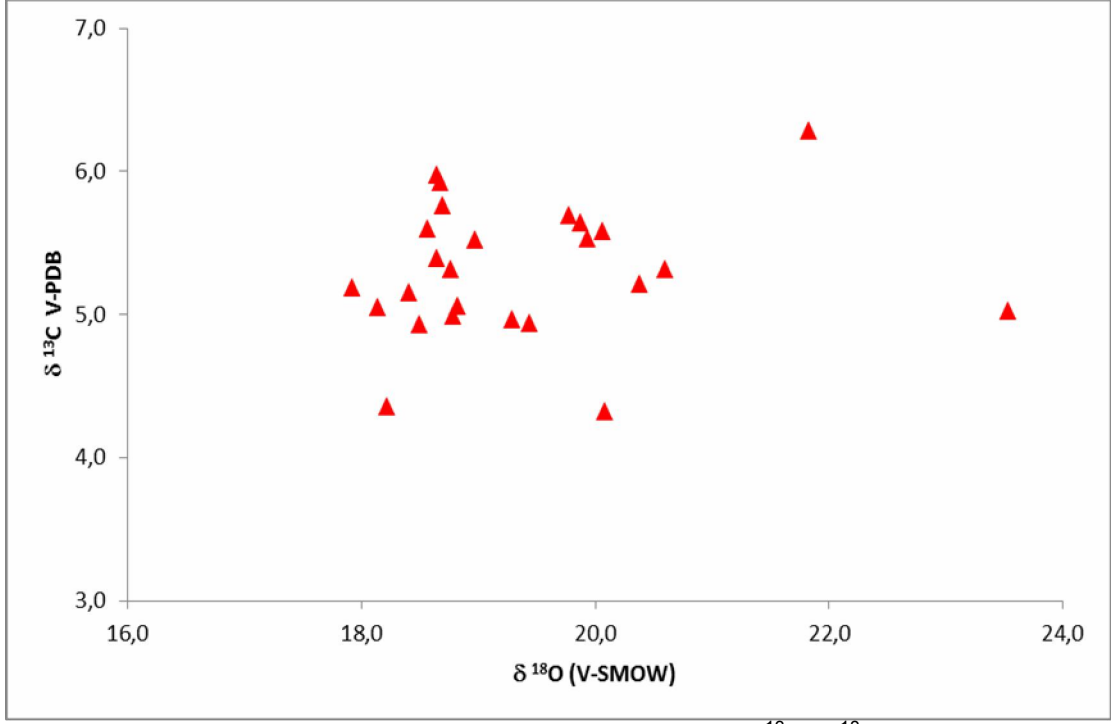
Aksaz traverten örneklerinde element bollukları şöyledir. Ca: 346247 ile 400775 ppm arasında, Fe: <279 ile 15458 ppm, Mn: 77 ile 620 ppm, Mg: 844 ile 6392 ppm ve Sr: 319 ppm'den ile 3432 ppm'e değişir (Çizelge 9.2). Sr oranı açık renkli-beyaz kristalin traverten ara düzeylerinde daha yüksektir.

Duraylı izotop jeokimyası

Aksaz sahasından toplanan örnekler arasından seçilen 25 örneğin duraylı izotop ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) değerleri aşağıda Çizelge 9.3 ve Şekil 9.9'da verilmiştir. $\delta^{13}\text{C}$ değerleri +4.3 ile +6.3 (‰ V-PDB) arasında, $\delta^{18}\text{O}$ değerleri ise +17.9 ile +23.5 (‰ V-SMOW) arasında değişmektedir. $\delta^{13}\text{C}$ değerleri, oldukça yüksek pozitif değerler sunmaktadır. Bu izotop sonuçlarına göre, Aksaz travertenleri, nispeten derin dolaşımli termal sulardan oluşmuştur.

Çizelge 9.3. Aksaz traverten örneklerinin duraylı izotop ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) bileşimleri

	$\delta^{13}\text{C}$ (‰ V-PDB)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰ V-PDB)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰ V-SMOW)
AKS-1	5,7	-10,8	19,8
AKS-2	4,9	-12,0	18,5
AKS-3A	5,6	-12,0	18,6
AKS-3B	5,8	-11,8	18,7
AKS-4	6,0	-11,9	18,6
AKS-5	5,9	-11,9	18,7
AKS-6	5,1	-11,7	18,8
AKS-7	5,2	-12,1	18,4
AKS-8A	5,0	-11,8	18,8
AKS-8B	5,2	-12,6	17,9
AKS-9	4,3	-10,5	20,1
AKS-11	5,3	-10,0	20,6
AKS-13	5,2	-10,2	20,4
AKS-14B	5,3	-11,8	18,8
AKS-16	5,5	-10,6	19,9
AKS-19	5,6	-10,5	20,1
AKS-21	5,0	-7,2	23,5
AKS-22	5,6	-10,7	19,9
AKS-23	6,3	-8,8	21,8
AKS-24	4,9	-11,1	19,4
AKS-26	5,4	-11,9	18,6
AKS-29	5,1	-12,4	18,1
AKS-30	4,4	-12,3	18,2
AKS-32	5,5	-11,6	19,0
AKS-34	5,0	-11,3	19,3



Şekil 9.9. Aksaz traverten örneklerinin duraylı izotop ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) dağılım grafiği

10. SONUÇLAR

1. Çalışma bölgesinde Aksaz, Hasköy, Emirfakı, Örencik, Banaz, Kayaağıl-Karaağaç sahalarının jeolojik haritaları yapılmış ve ayrıntılı jeolojik ve tektonik özellikleri incelenmiştir.

Aksaz ve Hasköy sahalarında Paleozoyik yaşlı metamorfikler ile Neojen yaşlı birimler bulunmakta olup bu birimler KD-GB doğrultulu normal fayların tavan bloğu üzerindedirler. Hamam deresi bölgesindeki çatlakların genel doğrultularının da KB-GD doğrultulu olması dikkat çekicidir. Aksaz hamamının yaklaşık 8-10 km KB'sında yer alan bol çatlaklı Eşme Formasyonundan B-KB/D-GD çatlak doğrultusu takip edilerek jeotermal kaynak için gerekli suların derin dolaşımıyla GD'ya doğru hareket etmiş olma ihtimali yüksektir. Aksaz hamamı jeotermal kaynağı KB-GD doğrultulu tansiyon kırıklarıyla ilişkili olabilir. Buradaki sıcak su kaynağından geçen ve Aksaz hamam çayı vadisi boyunca gelişmiş ve traverten de çökeltmiş bir fayın varlığı bu görüşü desteklemektedir. Banaz sahasını oluşturan faylar KD-GB doğrultulu normal faylar olup dere boyunca bir graben oluşturacak şekilde sıralanırlar. Hamamboğazı jeotermal sahası da bu fayların denetiminde meydana gelmiştir. Bunların dışında KB-GD doğrultulu normal faylar ise çalışma sahasının diğer kırık yapılarını oluştururlar.

Kayaağıl-Karaağaç jeotermal sahasında ise temel ile Neojen birimlerin dokanakları genellikle faylıdır (Karabol çayı). Faylı dokanaklardaki eski sıcak su kaynaklarının olduğu yerlerde genellikle hidrotermal alterasyonlar gelişmiştir. Çalışma sahasında morfolojiyi şekillendiren en önemli yapısal unsurlar faylardır ve büyük derelerin bir çoğu kırık zonlarıdır. Sahadaki mevcut sıcak su çıkışları, bu fayların kesişim yerlerine yakındır. Başka bir ifadeyle bölgedeki termal boşalimler bu faylarca denetlenmektedir. Emirfakılı jeotermal sahasında Ahmetler formasyonu içinde yer yer tebeşir ve silis oluşumları gözlenir. Silis oluşumları, birimlerin gölde çökdikleri dönemde meydana gelen volkanik aktivitelerden göl suyuna karışan silisce zengin eriyiklerle meydana gelmektedir. Volkanik aktivitelerin yakın civarlarında sedimanlarla ardalanmalı olarak tüfitlere rastlanılmaktadır.

Örencik sahasında ise temel birimlerle örtü birimler arasında yaklaşık D-B doğrultulu normal faylar hakim bir şekilde gelişmiştir. Bunların, yaklaşık K-G doğrultulu kırık sistemleriyle kesişim yerlerinden ise sıcak su çıkışlarının olduğu gözlenmiştir. Fay zonlarında, özellikle iki fayın kesişim yerlerinde hidrotermal alterasyonlar gelişmiştir. Buralarda bir zamanlar sıcak su çıkışlarıyla ilişkili olarak çökeltilmiş kahverengi, kırmızı ve sarı renklerdeki demiroksitler ve kükürt oksitler gözlenmektedir.

2. Uşak ili termal sularının maksimum sıcaklıkları Hamamboğazı sahasında 69.3°C, Emirfakı'da 40.7°C, Örencik'de 38.5°C, Aksaz'da 37.6°C, Hasköy'de 35.4°C, Karaağaç'ta 45.8°C, Kızılcaören'de 28.9°C'dir. En yüksek elektriksel iletkenlikler 4000 µmho/cm üzerindeki değerlerle Karaağaç, Hamamboğazı, Örencik ve Aksaz sahası sularında, en düşük iletkenlikler ise 2500 µmho/cm civarı değerler ile Hasköy sularındadır.

3. Bu sahalardaki jeotermal akışkan tipleri Emirfakı'da Ca-Na-SO₄-HCO₃, Örencik'de Na-HCO₃, Aksaz'da Na-Ca-SO₄-HCO₃, Hasköy'de Ca-Na-Mg-HCO₃-SO₄, Karaağaç'ta Na-HCO₃-SO₄ ve Hamamboğazı'nda Na-Ca-HCO₃-SO₄ şeklinde dağılım gösterir.

4. İnceleme alanındaki sıcak suların rezervuar kayaları Hamamboğazı ve Kızılcaören sahalarında ultramafik birimler, diğer sahalarda metamorfik seri içindeki mermer ve şistlerdir. Neojen yaşlı geçirimsiz birimler örtü kayayı oluşturur. Isı kaynağı genç tektonik aktiviteye bağlı jeotermal gradyan ve yeraltında sıcaklığını koruyan magmatik aktivitedir.

5. İnceleme alanındaki termal suların tamamı meteorik kökenli olup, yeraltında kalış zamanları 50 yıldan fazladır.
6. Uşak ili jeotermal sularında bulunan başlıca gaz CO₂ gazıdır. Diğer gazlar H₂O, N₂, H₂S, Ar, CH₄ ve iz olarak da Ne, H₂, He ve CO gazlarıdır.
7. Silis jeotermometrelerinden kalseduan (iletim ile soğuma) jeotermometresi dikkate alındığında belirlenen rezervuar sıcaklık aralıkları Emirfakı sahası için 44-81°C, Örencik sahası için 79-110°C, Aksaz sahası için 79-111°C, Hasköy sahası için 59-64°C, Karaağaç sahası için 118-126°C, Hamamboğazı sahası için 120-129°C ve Kızılcaören sahası için 83-97°C sıcaklıklar elde edilmiştir. Katyon jeotermometre bağıntılarının kullanılabilmesi için sıcak suların rezervuar kaya ile kimyasal dengeye erişmiş olması gerekmektedir. İnceleme alanındaki sıcak sular ham sulardır. Bu nedenle katyon jeotermometre sonuçları inceleme alanı suları için gerçekçi sonuçlar vermeyecektir. Giggenbach diyagramında Hamamboğazı ve Örencik sularının 90°C, Karaağaç sularının 105-120°C, diğer suların ise 70°C'ye kadar rezervuar sıcaklıklarına sahip olabileceği görülmektedir.
- 8 Uşak ili jeotermal sahalarının kavramsal modelleri rapor eklerinde verilmiştir. Bu modeller jeofizik veriler olmaksızın oluşturulmuştur ve yer altı jeolojisi yoruma açıktır. İnceleme alanı jeotermal sahalarında yapılacak derin jeofizik çalışmalarla modellerin yeniden değerlendirilmesi gerekebilir.
9. Termal kür analiz sonuçlarına göre kimyasal olarak ve radyoaktivite yönünden Uşak jeotermal suları solunma ve içme dışında her türlü yardımcı tedavi amacıyla kullanılabilirler. Ancak, Aksaz, Hasköy ve Kızılcaören termal sularının kirlilik analizlerinin tekrarlanması gerekmektedir.
10. Traverten oluşumları jeotermal sahalarındaki tektonik hatlar (fay ve kırıklar) boyunca gözlenmektedir. Aksaz, Hamamboğazı ve Kızılcaören jeotermal sahalarındaki traverten oluşumlarının arazi, mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Travertenler genellikle kalsitten oluşmaktadır. Ancak bazı örneklerde aragonit ve eser miktarlarda kuvars, mika türlerine rastlanmıştır. Aragonit bileşimli örneklerde Sr elementinin oranı daha yüksektir. Kızılcaören sahasındaki travertenlerde Fe oranı diğer sahalar göre daha yüksektir. Duraylı karbon ve oksijen izotop değerleri, travertenlerin derin dolaşımli hidrotermal sular tarafından çöktildiğini işaret etmektedir.

KAYNAKLAR

- ARNÓRSSON, S., Interpretation of chemical and isotopic data on fluids discharged from wells in the Momotombo geothermal field, Nicaragua. IAEA Report, Project no. NIC/8/008-04. Science Institute, Univ. of Iceland, (1997)
- ARNÓRSSON, S., Isotopic and chemical techniques in geothermal exploration, development and use. IAEA, Austria, 351pp, (2000)
- ARNÓRSSON, S., Sigurdsson, S., Svavarsson, H., The chemistry of geothermal waters in Iceland I. Calculation of aqueous speciation from 0 0C to 370 0C. Geochim. Cosmochim. Acta, 46, 1513-1532, (1982)
- AYDOĞAN, S., ÇOBAN, H., BOZCU, M. AND AKINCI, Ö., Geochemical and mantle-like isotopic (Nd, Sr) composition of the Baklan Granite from the Muratdağı Region (Banaz, Uşak), western Turkey: Implications for input of juvenile magmas in the source domains of western Anatolia Eocene-Miocene granites, Journal of Asian Earth Science, 33, 155-176, (2008).
- BİNGÖL, E., Muratdağı jeolojisi ve ana kayaç birimlerinin petrolojisi, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 20, 2, 13-66, (1977).
- BJARNASON, J.O., The speciation program WATCH, version 2.1. Orkustofnun, Reykjavik. 7pp, (1994)
- CALMBACH, L., Hydrowin-95 Computer Programme, Version 3.0 Institut de Minéralogie BFSH2 1015 Lausanne (1995).
- CALMBACH, L., AquaChem Computer Code-Version 3.7.42, waterloo hydrogeologic. Waterloo, Ontario, Canada, N2L 3L3, (1997).
- ERCAN, T., DİNÇEL, A., METİN, S., TÜRKECAN, A. ve GÜNAY, E., Uşak Yöresindeki Neojen Havzalarının Jeolojisi, TJK Bülteni, c.21, 97-106, (1978)
- ERCAN, T., DİNÇEL, A. ve GÜNAY, E., Uşak Volkanitlerinin Petrolojisi ve Plaka Tektoniği Açısından Ege Bölgesindeki Yeri, TJK Bülteni, c. 22, 185-198, (1979).
- FOUILLAC, C., MICHARD, G., Sodium/Lithium ratio in water applied to the geothermometry of geothermal waters. Geothermics, v. 10, p.55-70, (1981).
- FOURNIER, R.O., A Review of chemical and isotopic geothermometers for geothermal systems. In: Proceedings of the Symp. on Geoth. Energy, Cento Scientific Programme, Ankara, 133-143, (1977a).
- FOURNIER, R.O., Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems. In: Proceedings of the Symposium on Geothermal Energy, Cento Scientific Programme, Ankara, 199-210, (1977b).
- FOURNIER, R.O., A revised equation for the Na-K geothermometer. Geothermal Res. Council Trans., 3, 221-224, (1979a).

- FOURNIER, R.O., Geochemical and hydrological considerations and the use of enthalpy-chloride diagrams in the prediction of underground conditions in hot spring systems. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 5, 1-16, (1979b)
- FOURNIER, R.O., The interpretation of Na-K-Mg relations in geothermal waters. *Geoth. Res. Counc. Trans.*, 14, 1421-1425, (1990).
- FOURNIER, R.O., POTTER, R.W., Magnesium Correction to the Na-K-Ca Chemical Geothermometer. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 43, 1543-1550, (1979).
- FOURNIER, R.O., POTTER, R.W., A revised and expanded silica (quartz) geothermometer. *Geothermal Research Council Bull.* v.11, p.3-9 (1982).
- FOURNIER, R.O., TRUESDELL, A.H., An Empirical Na-K-Ca Geothermometer for Natural Waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 37, 1255-1275, (1973).
- GIGGENBACH, W. F., Geothermal solute equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Ca geothermometers. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52, 2749-2765, (1988).
- GIGGENBACH, W. F., GONFIANTINI, R., JANGI, B.L., TRUESDELL, A.H., Isotopic and Chemical Composition of Parbati Valley Geothermal Discharges, NW Himalaya, India. *Geothermics*, 5, 51-62, (1983).
- GIGGENBACH, W., GONFIANTINI, R., PANICHI, C., Geothermal systems, in: *Guidebook on Nuclear techniques in hydrology*, International Atomic Energy Agency, Vienna, (1983).
- KHARAKA, Y.K., GUNTER, W. D., AGGARWALL, P. K., PERKINS, E. H., AND DE BRAAL, J. D., Solmineq.88: A computer Program Code for Geochemical Modelling of Water-Rock Interactions. In *U.S. Geological Survey Water Investigations Report 88-05*, (1988).
- KHARAKA, Y. K., MARINER, R. H., Chemical Geothermometers and their Application to formation waters from sedimentary basins. In: N. D. Näser & T. H. McCulloh (Eds.), *Thermal History of Sedimentary Basins; Methods and Case Histories* (pp. 99-117). Springer Verlag, (1989).
- KHARAKA, Y. K., LICO, M.S., LAW, L.M., Chemical geothermometers applied to formation waters, Gulf of Mexico and California Basins. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 66, 558, (1982).
- KONAK, N., AKDENİZ, N. VE ÇAKIR, H., Çal-Çivril- Karahallı Dolayının Jeolojisi. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdüleri Dairesi, Batı Anadolu Temel Jeoloji Projesi (Güney Bölümü), Proje No:IV/01.0.06.01.02, Rapor Arşiv No: 8945, (1986) s.98.
- LLOYD, R.M., Oxygen isotope behavior in the sulfate-water system, *J. Geophys. Res.*, 73:6099-6110, (1968).
- MIZUTANI, Y., RAFTER, T.A., Oxygen isotope composition of sulfates, 3. Oxygen isotopic fractionation in the bisulfate ion-water system. *N. Z. J. Sci.*, 12:54-59, (1969).
- MTA, 2002, 1/100 000 ölçekli Jeoloji Haritası. MTA yay. Ankara.

- NIEVA, D., NIEVA, R., 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, (1987).
- ÖZTÜRK, A., KANSUN, G., KARADAĞ, M., 2003, Yukarıkaracahisar (Uşak - Banaz) bölgesinin jeolojik ve petrografik özellikleri. S D.Ü. Müh. Mim. Fak. 20. Yıl Jeoloji Sempozyumu. Bildiri Özleri, Isparta, (2003) s. 146-7.
- PASVANOĞLU, S., CANIK, B. AND ARIGÜN, Z., 2005. Geothermal potential of the Banaz-Hamamboğazı thermal and Mineral waters. Proceedings of World Geothermal Congress, p. 1-6, 24-29 April 2005, Antalya, Turkey.
- PARKHURST, D.L., Appelo, C.A.J., User's Guide to PHREEQC (Version 2-A) Computer Program for Speciation, Batch-Reaction, One-Dimensional Transport, and Inverse Geochemical Calculations, (1999).
- REED, M., SPYCHER, N., Calculation of pH and mineral equilibria in hydrothermal waters with application to geothermometry and studies of boiling and dilution. Geochim. Cosmochim. Acta 48, 1479-1492, (1984).
- REED, M., SPYCHER, N., SOLTHERM: Data Base of equilibrium constants for aqueous-mineral-gas equilibria. Department of Geological Sciences University of Oregon Eugene, Oregon 97403,(1989a).
- REED, M., SPYCHER, N., SOLVEQ: A computer program for computing aqueousmineral-gas equilibria Department of Geological Sciences University of Oregon Eugene, Oregon 97403, (1989b).
- REED, M., SPYCHER, N., CHILLER: A computer program for computing aqueousmineral-gas equilibria Department of Geological Sciences University of Oregon Eugene, Oregon 97403, (1989c).
- SEYİTOĞLU, G., Late Cenozoic tectono-sedimentary development of the Selendi and Uşak-Güre basins: a contribution to the discussion on the development of east-west and north trending basins in western Turkey, Geol. Mag., 134 (2), 163-175, (1997).
- ŞAHİNCİ, A. ve GÖKGÖZ, A., Uşak İli Sıcak ve Soğuk Sularının Hidrojeolojik İncelemesi. *Ulusal 1. Hidrojeoloji Sempozyumu, 28-29 Eylül 1987, Ankara, Bildiriler Kitabı, 125-130, (1987).*
- ŞİMŞEK, Ş., KARAKUŞ, H., KOÇ, K., YILMAZ, E. VE TOPUZ, B., Uşak İl Özel İdaresi Uşak-Banaz Hamamboğazı Jeotermal Alanında Üretim-Reenjeksiyon Kuyu Lokasyonlarının Belirlenmesi ve Potansiyelinin Araştırılmasına İlişkin Jeolojik-Hidrojeokimyasal-Jeofizik Etüd ve Değerlendirme Raporu, Hacettepe Teknokent A.Ş., Ankara, (2010) 97s.
- TOLE, M. P., ARMANNSON, H., ZHONG-HE.,P., ARNORSSON, S., Fluid/mineral equilibrium calculations for geothermal fluids and chemical geothermometry. Geothermics, 22 (1), 17-37, (1993).
- TONANİ, F., Some remarks on the application of geochemical techniques in geothermal exploration. Proceedings, Adv. Eur. Geoth. Res. Second Symp., Strasbourg, 428-443, (1980).

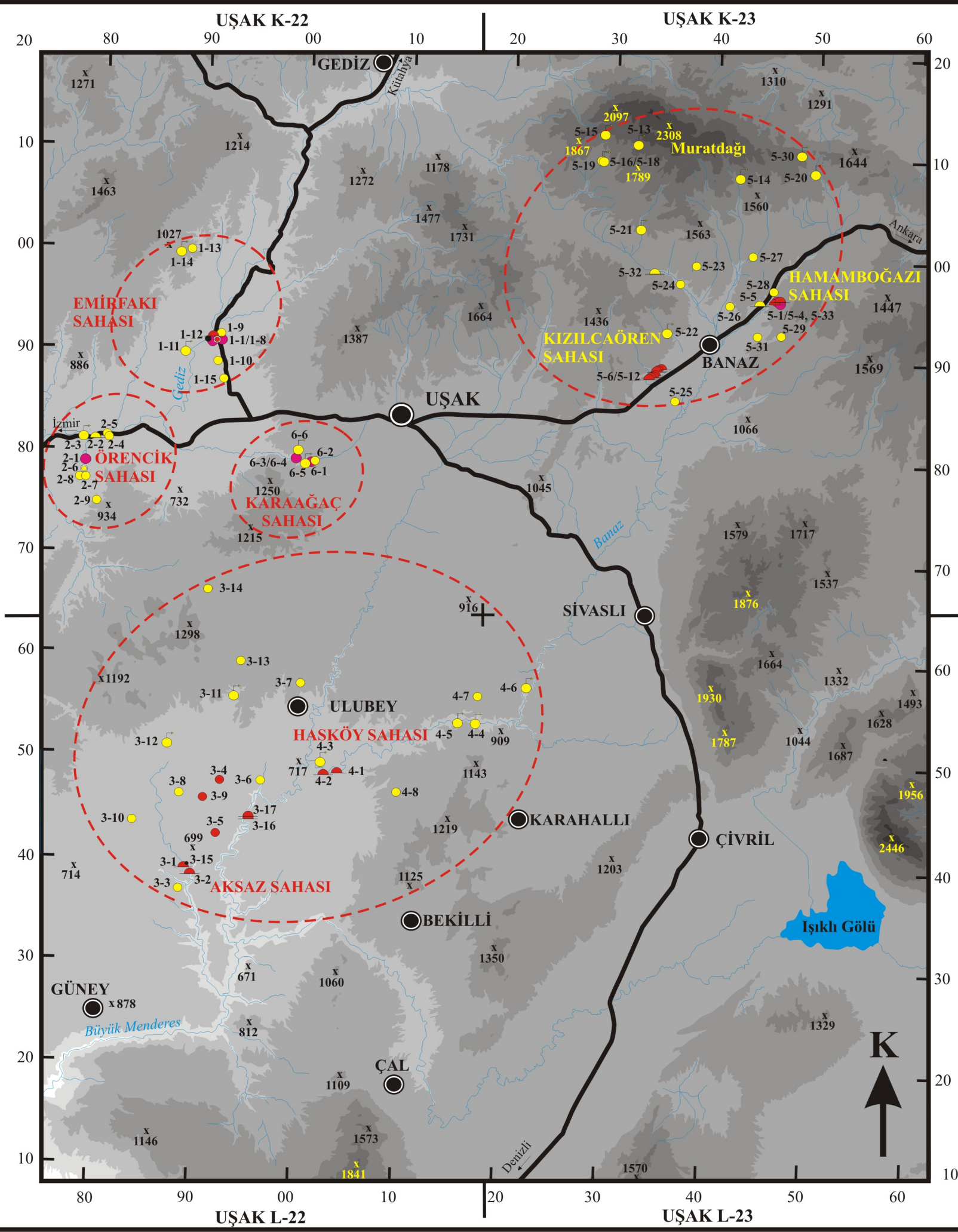
TRUEDELLE, A. H., Summary of section III geochemical techniques in exploration. In: Proceedings, Second United Nations Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources. San Francisco, 1975, Vol.1, Washington D.C., U. S. Government Printing Office, (1976).

TS-266, 1997, Türk Standartları İçme Suları. ICS 13.060.25 s.

WIGLEY, T.M.L., WATSPEC: A computer program for determining the equilibrium speciation of aqueous solutions. Brit. Geomorphol. Res. Group Tech. Bull. 20, 48, (1977).

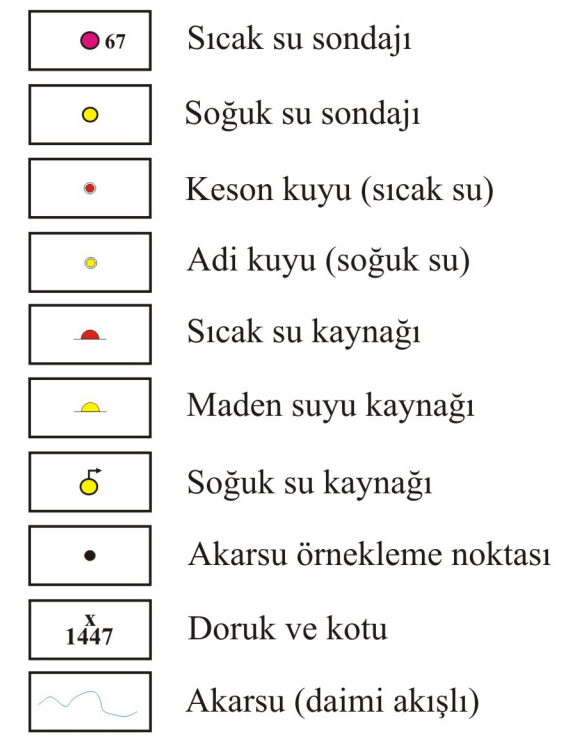
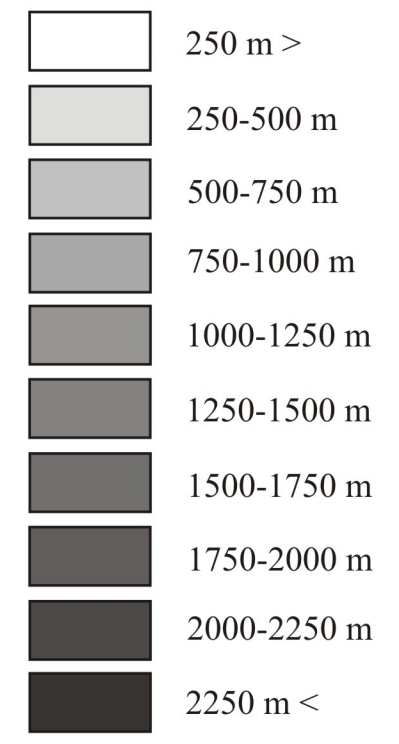
TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje No: 108Y016
Proje Başlığı: "Farklı Rezervuarlara Sahip Uşak İli Jeotermal Alanlarının Kavramsal Hidrojeokimyasal Modellenmesi"
Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar: Yürütücü : Yrd. Doç. Dr. Ali GÖKGÖZ Araştırmacılar: Prof. Dr. Mehmet ÖZKUL, Yrd. Doç. Dr. Ali KAYA, Yrd. Doç. Dr. Mete HANÇER Bursiyerler : Uzman Oruç BAYKARA, Araş. Gör. Zeynep ÖRÜ, Jeo. Müh. Taylan AKIN Danışmanlar :Angelo MINISSALE, Orlando VASELLI
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kınıklı Kampüsü 20020 Denizli
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: TÜBİTAK Tunus Caddesi No:80 06100 Kavaklıdere / Ankara
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 01.07.2008-01.01.2011
Öz (en çok 70 kelime) Uşak il sınırları içinde yer alan Emirfakı, Örencik, Aksaz, Hasköy, Karaağaç, Hamamboğazı ve Kızılcaören jeotermal sahalarındaki akışkan sıcaklıkları 71°C (Hamamboğazı) ile 23°C (Kızılcaören) arasında değişir. Tüm jeotermal suların kökeni meteoriktir ve yeraltında kalış zamanları 50 yıldan daha fazladır. Termal sular rezervuar kayaçlarıyla kimyasal dengeye erişmemişlerdir. Jeotermometre hesaplamalarına göre sıcak suların rezervuar sıcaklıkları 44°C ile 129°C arasındadır. Termal sularda egemen gaz CO ₂ 'dir. Termal sular içme ve solumaktan sakınmak kaydıyla kür tedavisinde kullanılabilir.
Anahtar Kelimeler: Uşak, jeoloji, jeotermal saha, jeotermal akışkan, kavramsal hidrojeokimyasal modelleme
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu mu? Evet <input type="checkbox"/> Gerekli Değil <input checked="" type="checkbox"/> <small>Fikri Ürün Bildirim Formu'nun tesliminden sonra 3 ay içerisinde patent başvurusu yapılmalıdır.</small>
Projeden Yapılan Yayınlar: Gökgöz, A., Kaya, A., Hançer, M., Özkul, M., Örü, Z., Baykara, M. O., Akın, T., 2009. Uşak İlinde Yeni Bir Jeotermal Saha: Karaağaç Jeotermal Sahası Üzerine İlk Bulgular. <i>Türkiye'nin Jeotermal Potansiyeli ve Arama Yöntemleri Sempozyumu</i> , 22-23 Ekim 2009, İÜ. Müh. Fak., İstanbul.

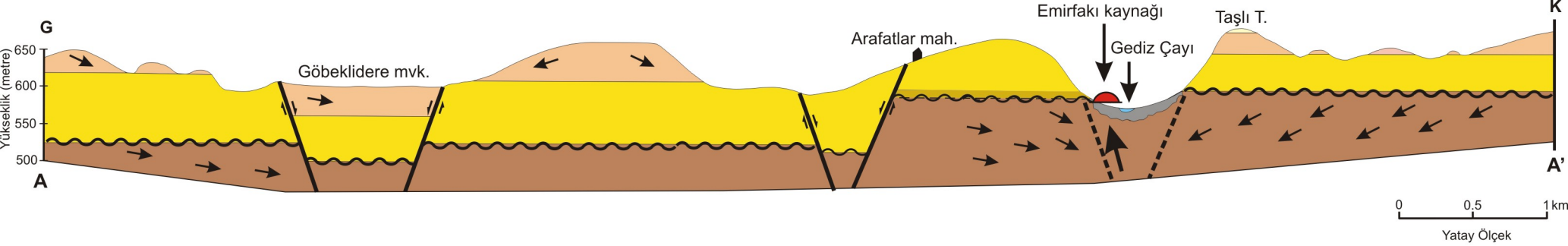






AÇIKLAMA




Yükselti Aralıkları






EK 1. UŞAK İLİ JEOTERMAL SAHALARI VE CİVARININ MORFOLOJİ HARİTASI VE ÖRNEKLEME NOKTALARININ LOKASYONU

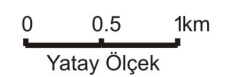
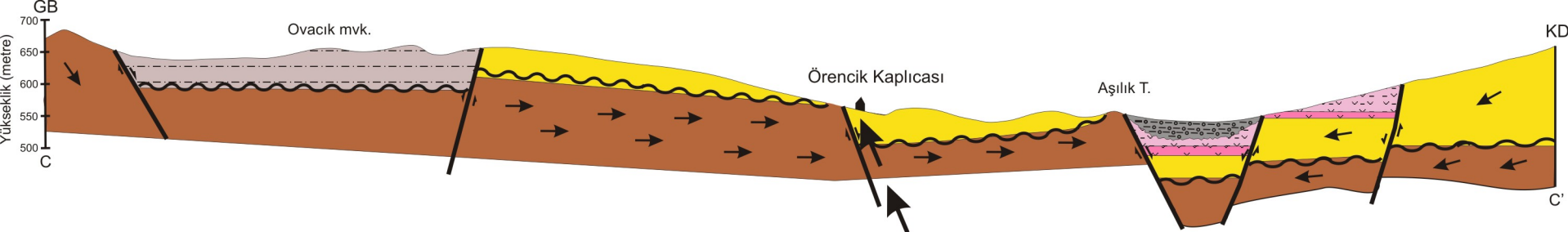


-  Alüvyon-Kolüvyon
-  Taraça
-  Asartepe
-  Ulubey For.



-  Ahmetler For.
-  Yeniköy For.
-  Temel Şiştler (granatlı mikaşist, kuvarşist, kalkşist, gnays)

-  Soğuk yeraltısuyu akım yönü
-  Sıcak su akım yönü
-  Sıcak su kaynağı

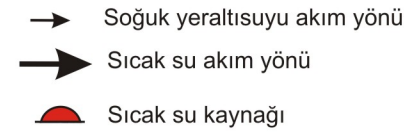
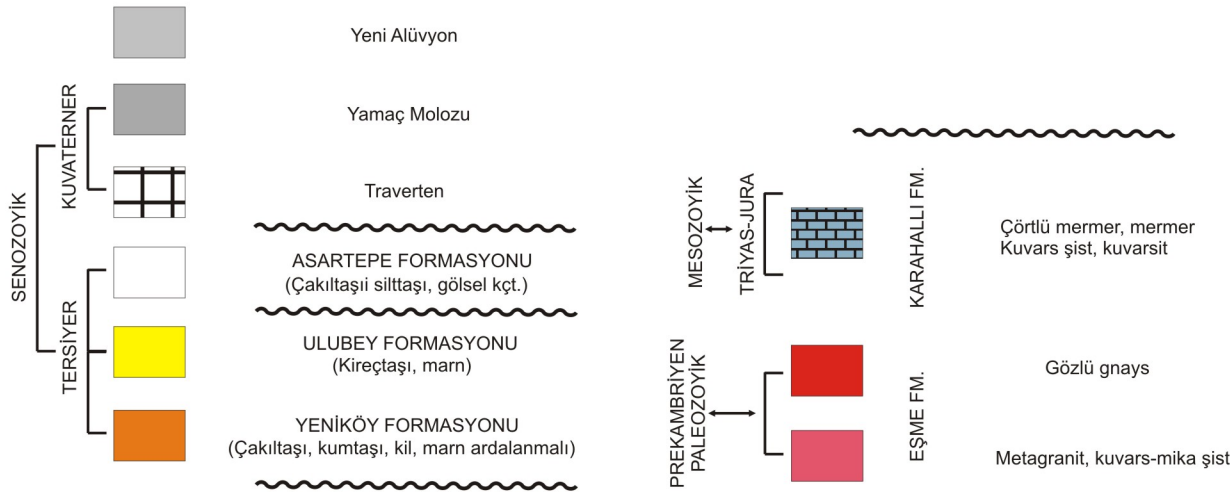
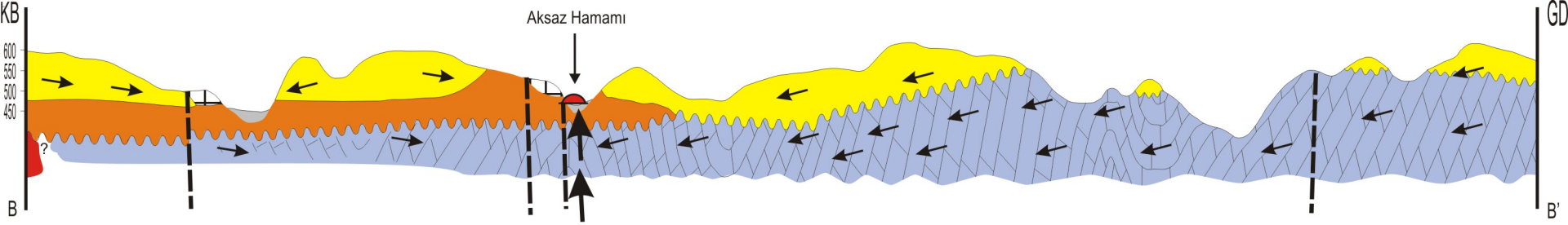
EK-3.2. Emirfakı jeotermal sahasının kavramsal modeli



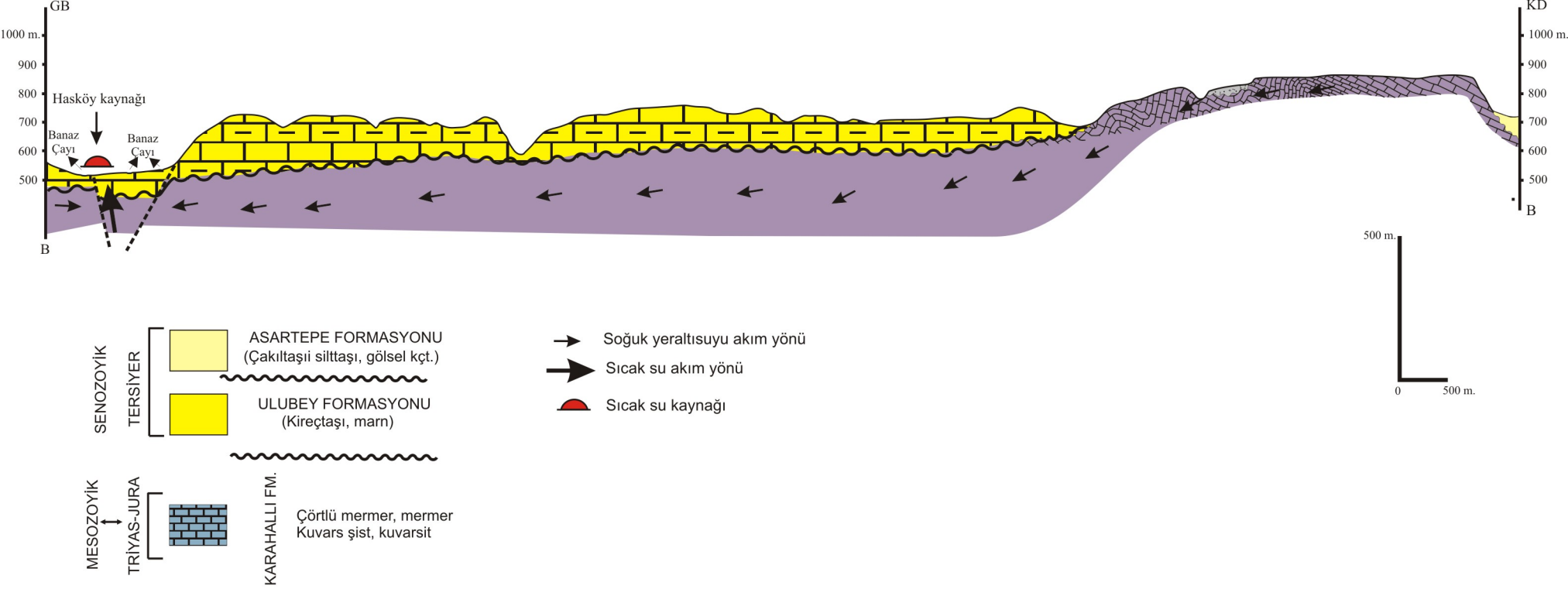
-  Alüvyon
-  Traverten
-  Ulubey For.
-  Tüf
-  Bazalt
-  Aglomera
-  Şist

-  Soğuk yeraltısuyu akım yönü
-  Sıcak su akım yönü

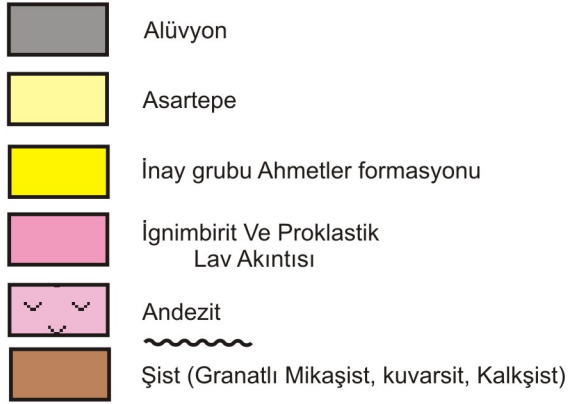
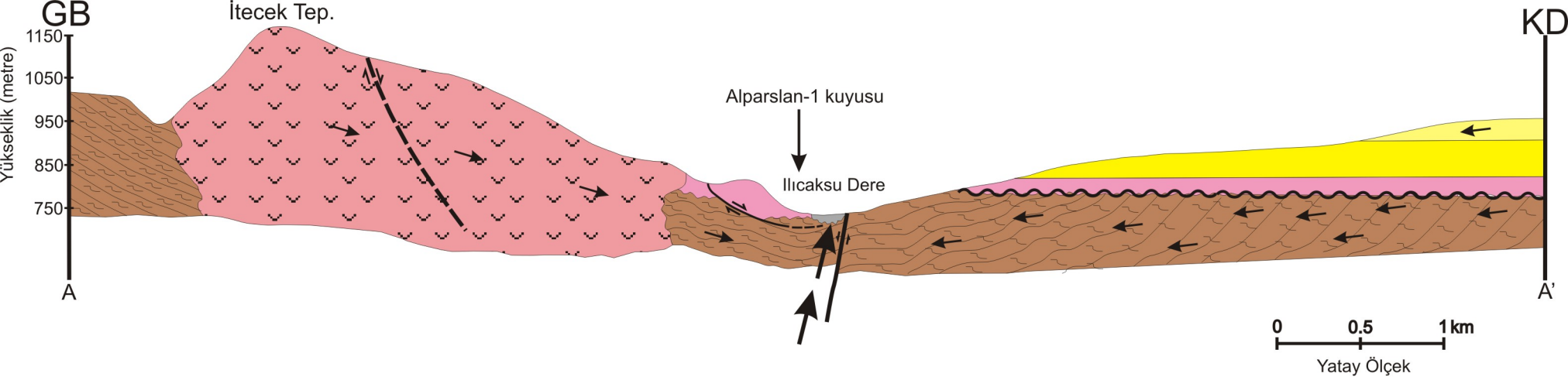
EK-3.3. Örencik jeotermal sahasının kavramsal modeli



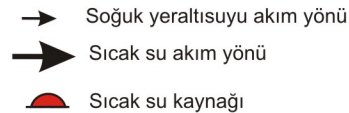
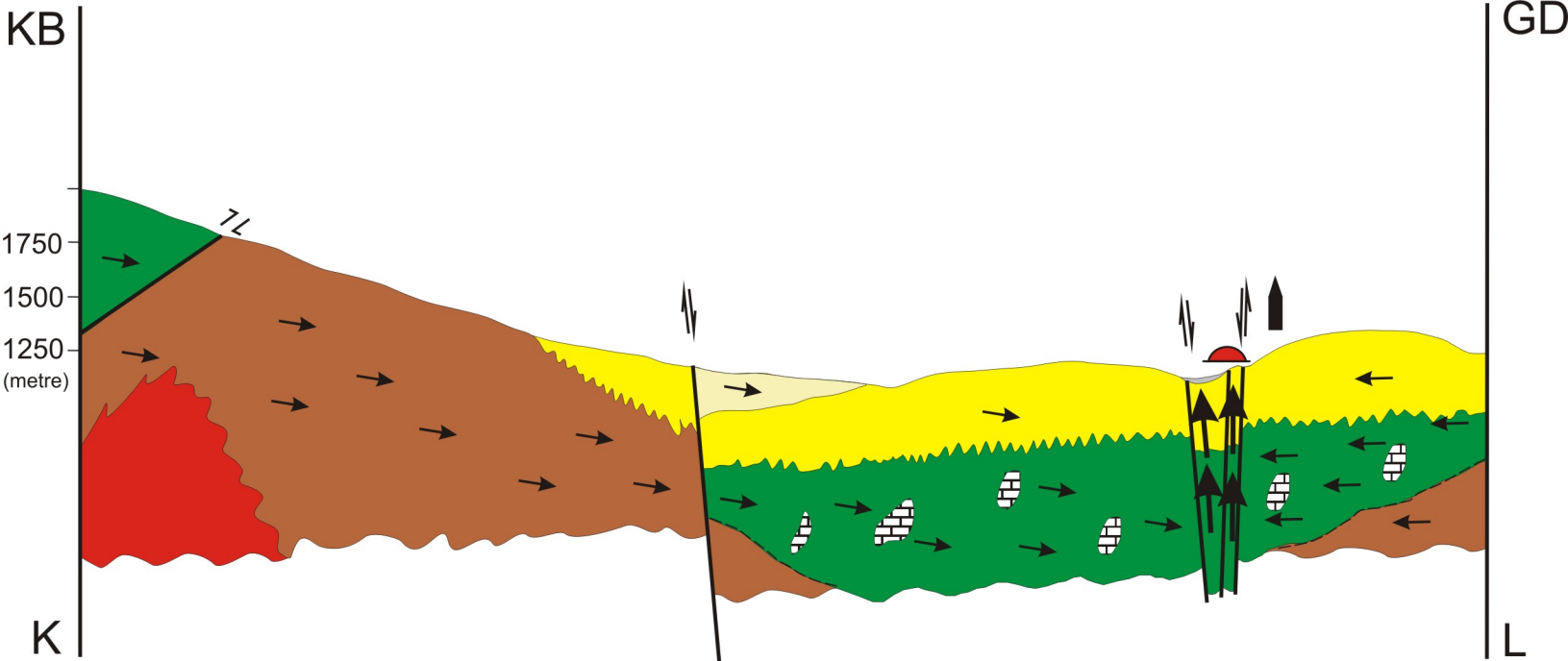
EK-3.4. Aksaz jeotermal sahasının kavramsal modeli



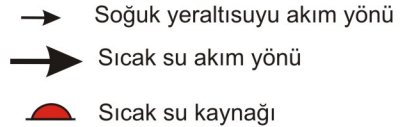
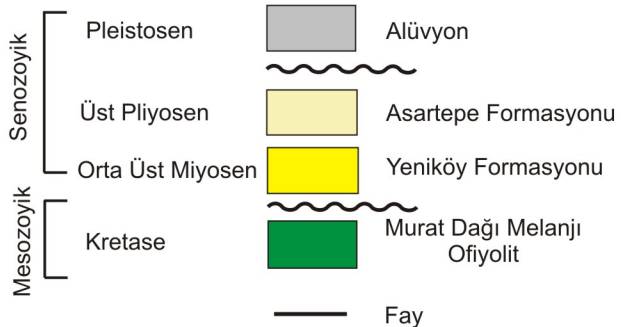
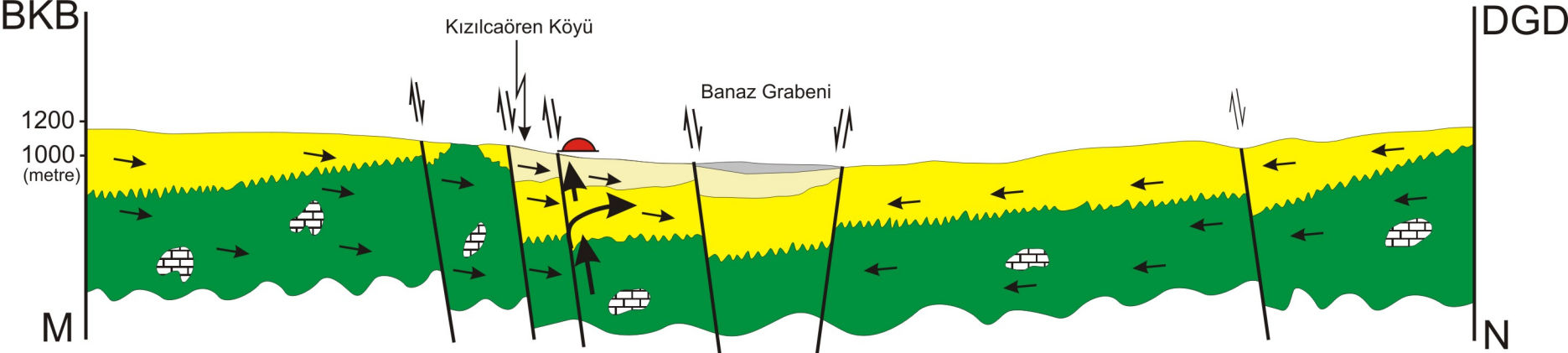
EK-3.5. Hasköy jeotermal sahasının kavramsal modeli



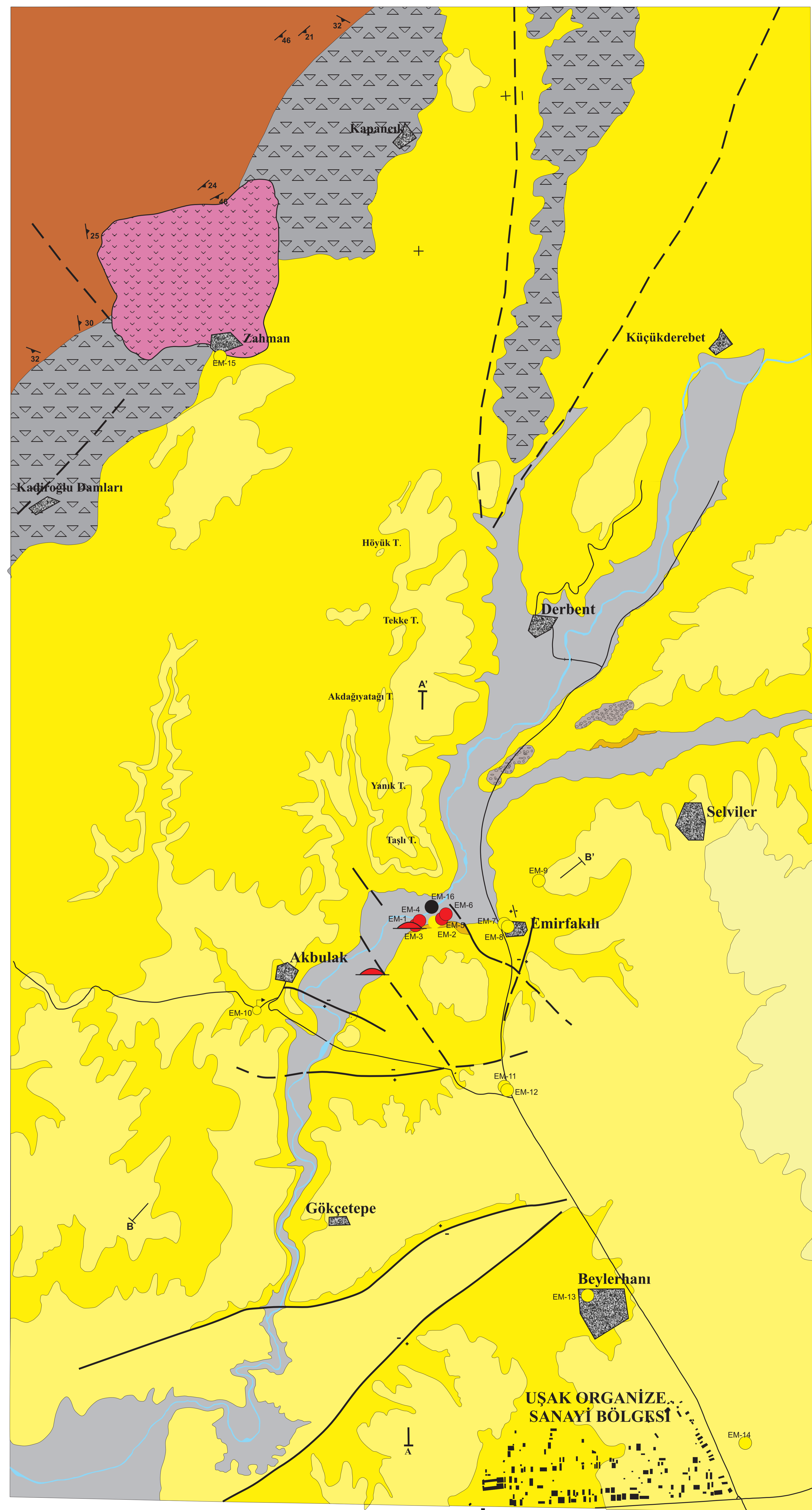
EK-3.6. Karaağaç jeotermal sahasının kavramsal modeli



EK-3.7. Hamamboğazi jeotermal sahasının kavramsal modeli

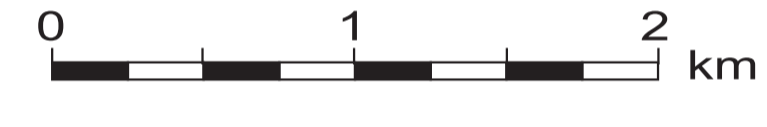
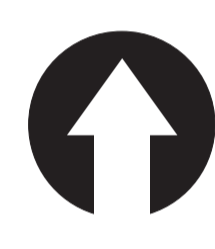


EK-3.8.Kızılcaören jeotermal sahasının kavramsal modeli



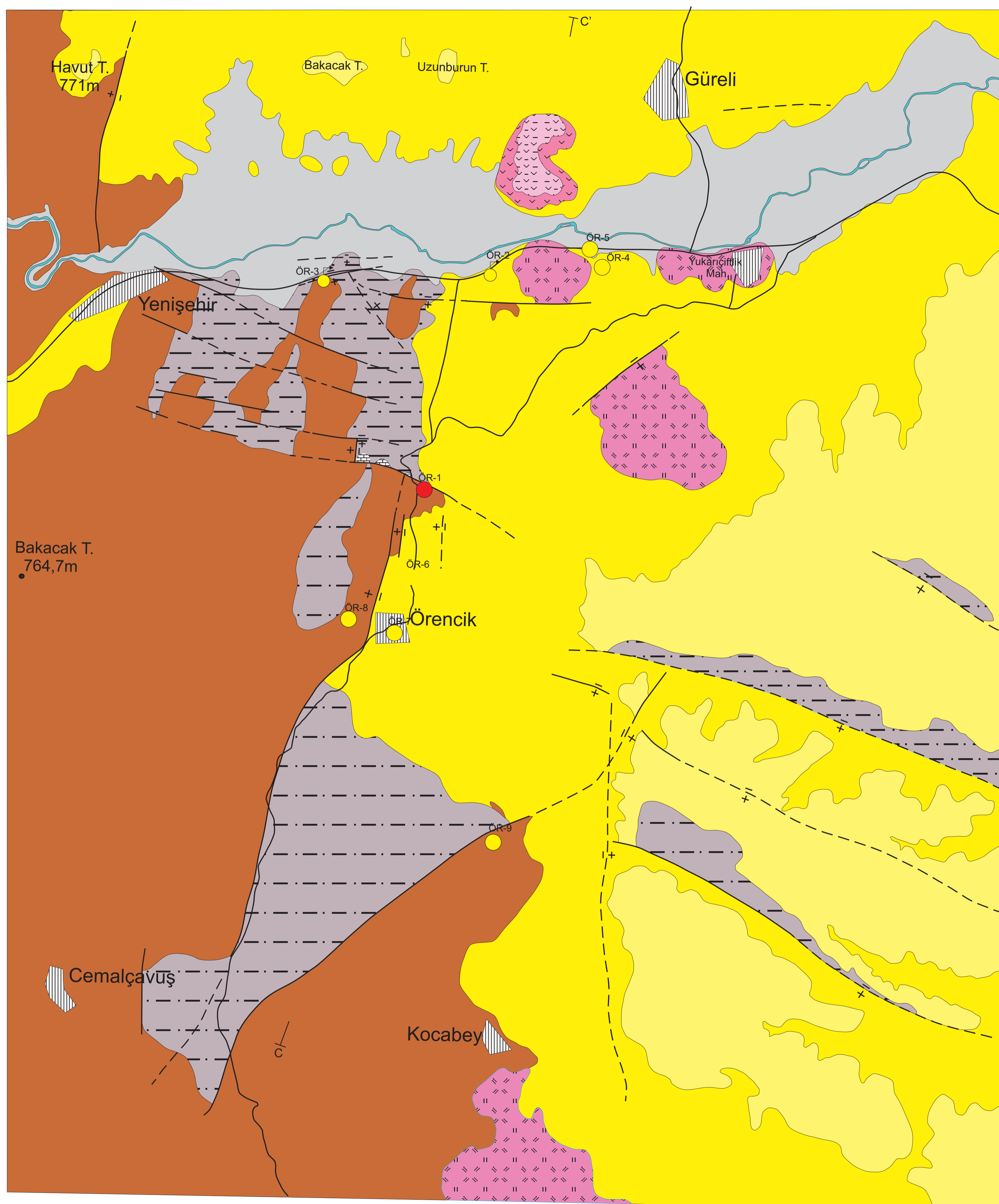
AÇIKLAMA

-  Alüvyon-Kolüvyon
-  Taraça
-  Asartepe
-  Ulubey For.
-  Ahmetler For.
-  Yeniköy For.
-  Bazalt
-  Temel Şiştler
-  Olası Normal Fay
-  Normal Fay
-  Termal Kaynak
-  Kaynak
-  Soğuk Su Sondajı
-  Sıcak Su Sondajı
-  Akarsu örneği
-  Asfalt Yol
-  Gediz Çayı

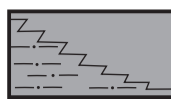


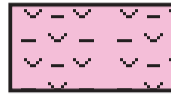


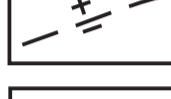





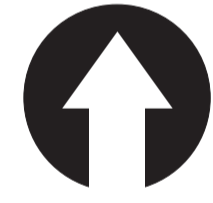
EK-2.1. Emirfakı Sahası Jeoloji Haritası

**UŞAK ORGANİZE
SANAYİ BÖLGESİ**

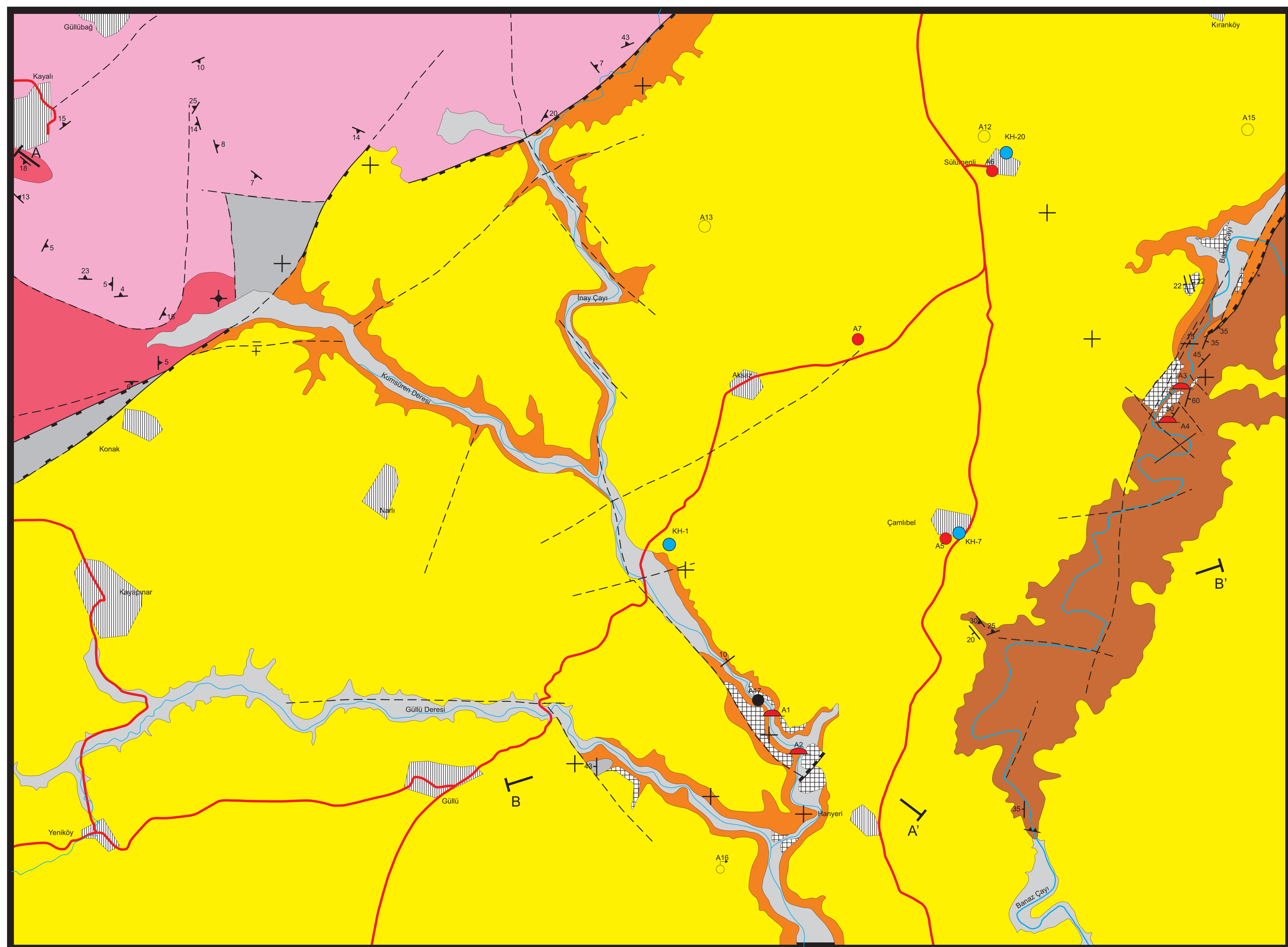


AÇIKLAMA

-  Alüvyon
-  Traverten
-  Ulubey For.
-  Yeniköy-Ahmetler For.
-  Tüf
-  Bazalt
-  Aglomera
-  Şist
-  Olası Normal Fay
-  Normal Fay
-  Adi kuyu
-  Kaynak
-  Soğuk Su Sondajı
-  Termal Sondaj
-  Asfalt Yol
-  Gediz Çayı



EK-2.2. Örencik Sahası Jeolojisi Haritası



AÇIKLAMA

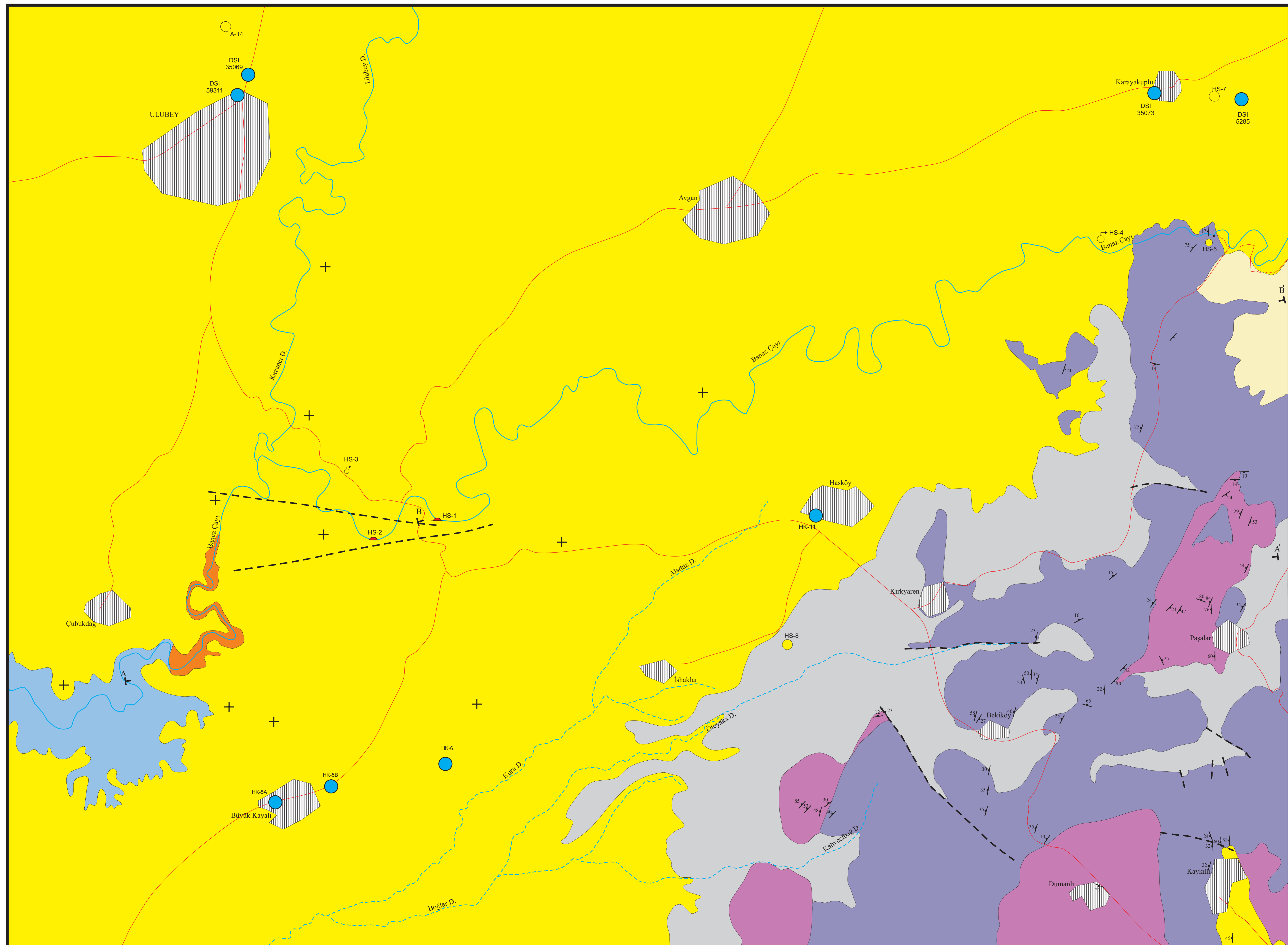
SENOZOYİK	KUVATERNER		Yeni Alüvyon
			Yamaç Molozu
	TERSİYER		Traverten
			ASARTEPE FORMASYONU (Çakıltası silttaşı, gösel kçt.)
MESOZOYİK	TRİYAS-JURA		ULUBEY FORMASYONU (Kireçtaşı, mam)
			YENİKÖY FORMASYONU (Çakıltası, kumtaşı, kl, mam ardalanmalı)
	KARAHALLI FM.		Çörtlü mermer, mermer
		Kuvars şist, kuvarsit	
PREKAMBRIYEN PALEOZOYİK	EŞME FM.		Gözlü gnays
			Metagranit, kuvars-mika şist

	Normal Fay
	Ters Fay
	Olası Fay
	Tabaka Doğrultu Ve Eğimi
	Yatay Tabaka
	Foliasyon Düzlemi
	Yatay Foliasyon
	Termal Kaynak
	Kaynak
	Soğuk Su Sondajı
	Termal Sondaj
	Akarsu örneği
	KH Sondajı
	Dere
	Asfalt Yol

ÖLÇEK

0 1 2 km

EK-2.3. Aksaz Sahası Jeoloji Haritası



AÇIKLAMA

SENZOZYİK	KUVATERNER		Alüvyon
			ASARTEPE FORMASYONU (Çakıllı, siltli, göslel kçt.)
			ULUBEY FORMASYONU (Kireçtaşı, marn)
SENZOZYİK	TRİYAS-LURPA-KRETASE		Mermer
			Çörtlü mermer, mermer
			Kuvars şist, kuvarsit

	Olası Fay
	Yatay Tabaka
	Follasyon Düzlemi
	Dere
	Termal Kaynak
	Kaynak
	Soğuk Su Sondajı
	KH-DSI Sondajı
	Asfalt Yol

ÖLÇEK

0 1 2 km

EK-2.4. Hasköy Sahası Jeoloji Haritası

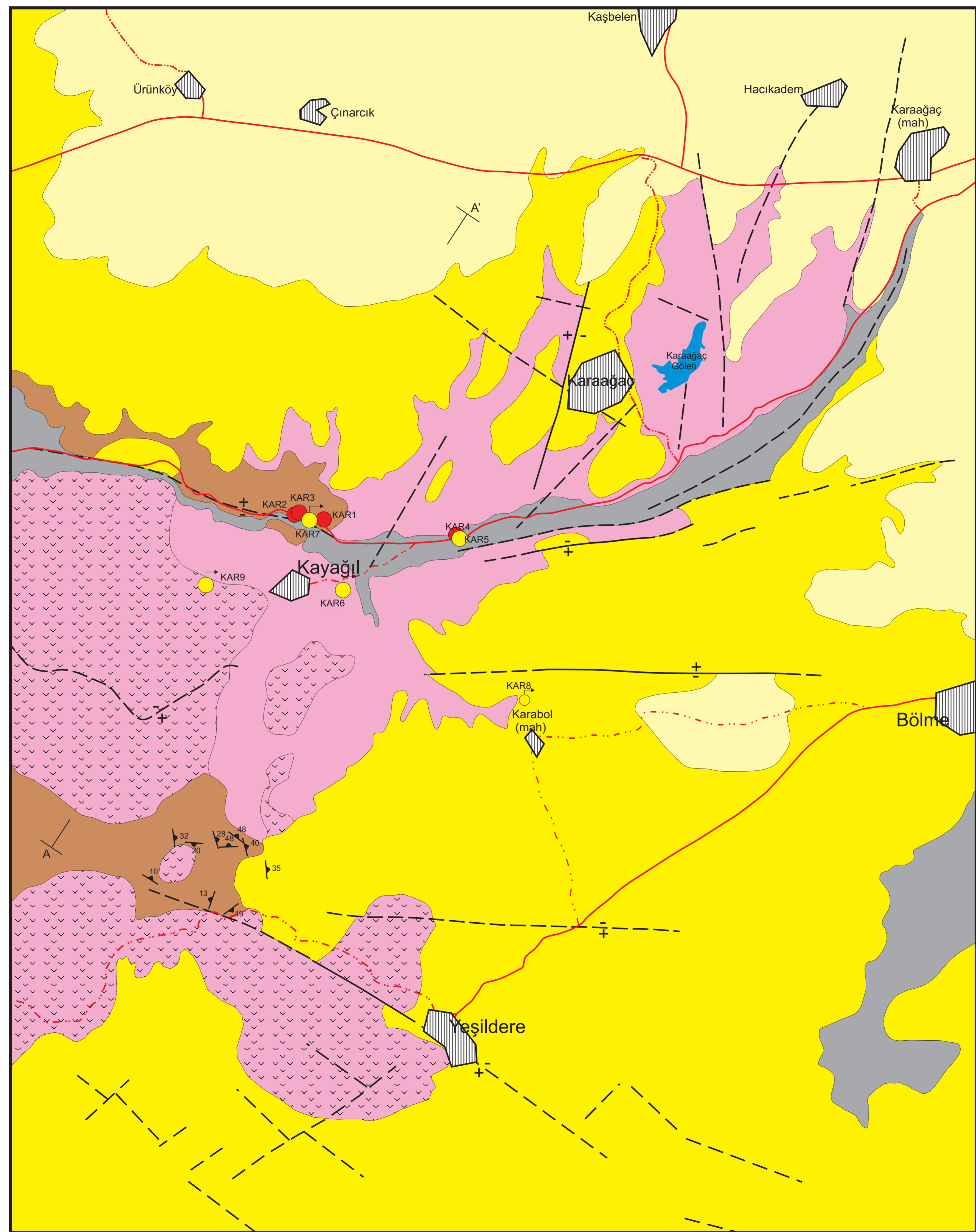
AÇIKLAMA

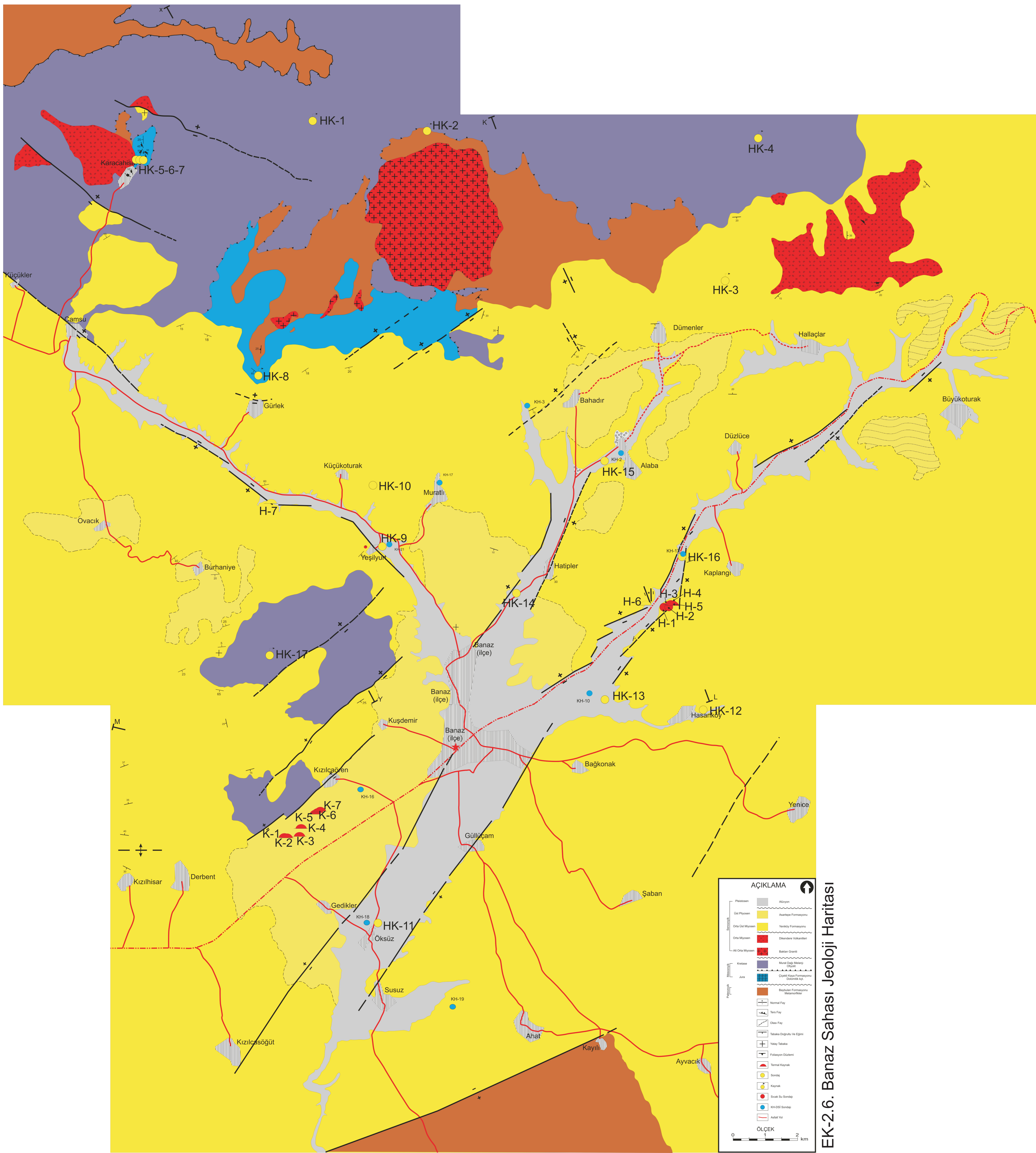
- Alüvyon
- Asartepe
- İnay grubu Ahmetler formasyonu
- İgnimbirit Ve Proklastik Lav Akıntısı
- Andezit
- Şist (Granatlı Mikaşist, kuvarsit, Kalkşist)
- Olası Normal Fay
- Normal Fay
- Kaynak
- Soğuk Su Sondajı
- Termal Sondaj
- Asfalt Yol
- Mevsimde Geçişe Elverişli



0 1 2 km

EK-2.5. Karaağaç Sahası Jeoloji Haritası





EK-2.6. Banaz Sahası Jeoloji Haritası