

**T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BAYRAMHACI, TEKGÖZ VE YEŞİLHİSAR (KAYSERİ) SICAK VE
MİNERALLİ SULARININ SU KİMYASI VE İZOTOPIK YÖNTEMLERLE
KARŞILAŞTIRILMASI, TIBBİ VE BİYOİKLİMSEL DEĞERLENDİRİLMESİ**

YALÇIN ÖZEL

Mayıs 2007

T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BAYRAMHACI, TEKGÖZ VE YEŞİLHİSAR (KAYSERİ) SICAK VE MİNERALLİ
SULARININ SU KİMYASI VE İZOTOPIK YÖNTEMLERLE
KARŞILAŞTIRILMASI, TIBBİ VE BİYOİKLİMSEL DEĞERLENDİRİLMESİ

YALÇIN ÖZEL

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Prof. Dr. Mustafa AFŞİN

Mayıs 2007

Prof. Dr. Mustafa AFŞİN danışmanlığında Yalçın ÖZEL tarafından hazırlanan “Bayramhacı, Tekgöz ve Yeşilhisar (Kayseri) sıcak ve mineralli sularının su kimyası ve izotopik yöntemlerle karşılaştırılması, tıbbi ve biyoiklimsel değerlendirilmesi” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Hatim ELHATİP (Aksaray Üniversitesi)

(Ünvan, Adı ve Soyadı) (Üniversite)

Üye : Prof. Dr. Mustafa AFŞİN (Aksaray Üniversitesi)

(Ünvan, Adı ve Soyadı) (Üniversite)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ali GÜREL (Niğde Üniversitesi)

(Ünvan, Adı ve Soyadı) (Üniversite)

Üye :

(Ünvan, Adı ve Soyadı) (Üniversite)

Üye :

(Ünvan, Adı ve Soyadı) (Üniversite)

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/..../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun/..../20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

21./05./2007

Doç. Dr. Meysun İBRAHİM

Enstitü Müdürü

ÖZET

BAYRAMHACI, TEKGÖZ VE YEŞİLHISAR (KAYSERİ) SICAK VE MİNERALLİ
SULARININ SU KİMYASI VE İZOTOPIK YÖNTEMLERLE
KARŞILAŞTIRILMASI, TIBBİ VE BİYOİKLİMSEL DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZEL, Yalçın

Niğde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa AFŞİN

Mayıs 2007, 80 sayfa

Çalışma alanı Kayseri İlinde yeralan Bayramhacı sıcak ve mineralli (BHMS), Tekgöz sıcak (TGS) ve Yeşilhisar mineralli (YMS) kaynakları ve çevresini kapsamaktadır. İnceleme alanında Paleozoyik'ten Kuvaterner'e kadar farklı yaşlarda, değişik hidrojeolojik nitelikte kayaçlar yüzeylemektedir. Kayseri ve çevresindeki sıcak ve mineralli sular Erciyes volkanizması ile ilişkili olarak faylar aracılığı ile açığa çıkmaktadır. Bu incelemede yapılmış olan hidrokimyasal ve izotopik analiz verileri ve daha önceki çalışmalarla birlikte değerlendirilmiştir. Su türleri DPS'de Na-Ca-HCO₃-Cl, YMS'de Na-Mg-HCO₃-Cl, TGS'de Ca-Mg-HCO₃ ve BHMS'de ise Ca-Na-HCO₃-Cl'dir. Sularda baskın olan iyonlardan Ca⁺² ve HCO₃⁻ yüksek CO₂ gazına ve mermerlere; Na⁺ ise, volkanik kayaçlara, siyenitlere, kumtaşlarına ve killere bağlıdır. İzotop analiz sonuçlarına göre tüm sular meteorik kökenli olup, Dokuzpınar soğuk su

kaynakları hızlı ve sığ dolaşımli en genç, Bayramhacı sıcak ve mineralli su kaynakları ise yavaş ve derin dolaşımli en yaşlı sulardır. BHMS'deki $\delta^{18}\text{O}$ değışiminin nedenleri, suların içermiş olduğu yüksek miktardaki CO_2 gazı ve uzun süreli kayaç-su etkileşimidir. $\delta^{13}\text{C}$ değerlerine göre sulardaki CO_2 gazının kökeni metamorfik, manto ve denizel karbonatların metamorfizmasıdır. Sulardaki kükürt gazının kökeni ise magmatik kayalar, şeyl ve volkanik sülfürdür. Bayramhacı'da hazne kaya sıcaklığı farklı jeotermometrelerle 78°C dolayında tahmin edilmiştir. Kaynak alanlarında çökemiş olan travertenlerin ince kesit ve SEM analizlerine göre, iri taneli kalsit kristalleri içeren travertenlerin durgun su ortamında, ince taneli mikritik kalsit içeren travertenlerin ise, akıntı kanalında alglerin de katkısıyla çökeldiği belirlenmiştir. İncelenen sıcak ve mineralli sular balneolojik ve klimatolojik özellikleri açısından bazı romatizmal, deri, metabolizma ve idrar yolları hastalıklarının tedavisinde kullanılabilirler.

Anahtar Kelimeler: Sıcak ve Mineralli Su, İzotop, Traverten, Sem, CO_2 , Balneoklimatoloji, Kayseri

SUMMARY

COMPARISON OF BAYRAMHACI, TEKGÖZ AND YEŞİLHİSAR (KAYSERİ)
THERMAL-MINERAL WATERS BY USING HYDROCHEMICAL AND ISOTOPIC
METHODS, AND MEDICAL AND BIOCLIMATICAL EVALUATION OF THE WATERS

ÖZEL, Yalçın

Niğde University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Mustafa AFŞİN

May 2007, 80 pages

The investigated area consists of Bayramhacı thermal-mineral (BHMS), Tekgöz thermal (TGS), Yeşilhisar mineral (YMS) mineral waters and their surroundings in Kayseri province. The study area from Paleozoic to Quaternary age, comprises different rocks that have different hydrogeological characteristics. Thermal-mineral waters in Kayseri and its vicinity is mainly related to faults and Erciyes volcanism. The data of hydrochemical and isotopic analyses studies have been correlated and evaluated by previous studies. The water types of DPS, YMS, TGS and BHMS are Na-Ca-HCO₃-Cl, Na-Mg-HCO₃-Cl, Ca-Mg-HCO₃ and Ca-Na-HCO₃-Cl, respectively. Ca⁺² and HCO₃⁻ from dominant ions in the waters are mainly related to the high CO₂ contents in the marbles, whereas, the high Na⁺ concentration arise from the volcanic rocks, syenites, sandstones and clay units in the study area. The results of isotopic analyses showed that the whole spring waters are of meteoric origin. DPS waters, are the youngest waters and

have fast and shallow circulation system. Whereas, Bayramhacı thermal-mineral waters have slow circulation and old recharged mainly from deep flow system. The causes of $\delta^{18}\text{O}$ shift in BHMS are the high CO_2 gas contents and the water-rock interaction with very long contact time. $\delta^{13}\text{C}$ values of the waters probably indicate CO_2 gas in the waters is originating from the mantle and decomposition of marine carbonates. The source of SO_4 gas in the waters are igneous rocks, shales and volcanic sulphur. The temperature of the reservoir rock of Bayramhacı is estimated 78°C according to the different geothermometers. Travertines having coarse calcite crystalline are formed in stagnant medium, whereas travertines having fine calcite crystalline are formed in circulation channel by using thin sections and SEM (scanning electron microscope) analyses. Thermal-mineral waters in the study area can be used for the treatment of some rheumatological and dermatological disorders, gastrointestinal, metabolic disorders and urinary tract disorders by drinking cures according to balneologic and climatologic features.

Key Words: Thermal-Mineral Waters, Isotope, Travertine, Sem, CO_2 , Balneoclimatology, Kayseri

TEŞEKKÜR

Öncelikle, tezimin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Mustafa AFŞİN'e teşekkür ederim. İnce kesit fotoğraflarının çekilmesi ve yorumlanması konusunda yardımcı olan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Ali GÜREL'e şükranlarımı sunarım. Bu çalışmayı ÇAYDAG 104Y197 No'lu proje ile destekleyen TÜBİTAK'a ve inceleme alanlarımızdaki suların tıbbi ve biyoiklimsel değerlendirmesini yapan İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji Anabilim Dalı Bölümünden Prof. Dr. Hatice GÜRDAL ve Prof. Dr. Nergis ERDOĞAN'a teşekkür ederim. Ayrıca, maddi ve manevi her konuda yardımlarını esirgemeyen aileme ve değerli arkadaşım Duygu TEMEL'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xiii
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
BÖLÜM I GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi	1
1.2 İnceleme Alanı	2
1.3 Veri Toplama ve Yöntem	2
1.4 Önceki Çalışmalar	4
BÖLÜM II BÖLGESEL JEOLJİ	6
2.1 Temel Birimler	7
2.1.1 Orta Anadolu Kristalen Kompleksi (OAKK)	7
2.2 Örtü Birimleri	7
2.2.1 Göynük Formasyonu.....	8
2.2.2 Gümüşyazı Grubu	8
2.2.3 Çukurbağ formasyonu	9
2.2.4 Miyosen-Alt Pliyosen Volkanitleri	9
2.2.5 Ürgüp Formasyonu	9
2.2.6 Pliyosen Volkanitleri	11
2.2.7 Sultansazlığı Çek-Ayır Havzası Birimleri	11
2.2.8 Diğer Kuvaterner-Güncel Birimler	12
2.3 Bayramhacı-Tekgöz-Yeşilhisar Kaynak Alanlarının Hidrojeolojisi	12
2.4 Yapısal Jeoloji	12
2.4.1 Sıkışma Tektoniği ve İlgili Yapılar	12
2.4.2 Sıkışma-Genişleme Türü Rejim ve İlgili Yapılar	12
BÖLÜM III SU KİMYASI DEĞERLENDİRMESİ	13
3.1 Suların Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	13
3.2 Suların Metal İçeriklerinin Değerlendirilmesi	21

3.3 Hidrokimyasal Fasiyeler	25
3.4 Doygunluk İndislerinin Hesaplanması	26
BÖLÜM IV İZOTOP HİDROLOJİSİ	29
4.1 Suların İzotop Verilerinin Değerlendirilmesi....	30
4.1.1 $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ ilişkisi.....	30
4.1.2 $\delta^2\text{H}$ - ^3H ilişkisi.....	31
4.1.3 ^3H -Cl ilişkisi.....	32
4.1.4 ^3H -EC ilişkisi	33
4.1.5 $\delta^{13}\text{C}$ - ^{14}C ilişkisi	34
4.1.6 $\delta^{34}\text{S}$ - SO_4 ilişkisi	36
4.2 Jeotermometre Uygulamaları.....	37
4.2.1 Katyon Jeotermometreleri ...	38
4.2.2 SiO_2 jeotermometresi	39
4.2.3 Mineral Denge-Sıcaklık Diyagramı Jeotermometresi	40
4.2.4 Karışım oranları	41
BÖLÜM V TRAVERTENLER	43
5.1 Travertenin Tanımı, Traverten ve Tufa Çökelimi	43
5.2 Travertenlere Ait İnce Kesitler ve SEM Analizleri	43
5.3 Travertenlerin İzotopik Özellikleri	56
BÖLÜM VI TIBBİ VE BİYOİKLİMSEL DEĞERLENDİRME	57
6.1 Tıbbi Değerlendirme.....	57
6.1.1 Termik Özellikler.....	57
6.1.2 Mineralizasyonlarının Değerlendirilmesi	58
6.1.3 İçerdikleri Mineral ve Gazlara Göre Sınıflandırılması	59
6.1.4 Anyon ve Katyon İçeriklerine Göre Sınıflandırılması.....	60
6.1.5 Suların Tıbbi Kullanımları	61
6.2 Biyoiklimsel Değerlendirme	64
6.2.1 Hava Kalitesi	64
6.2.2 Sağlık Amaçlı Değerlendirilebilecek Biyoiklimsel Özellikler	66
BÖLÜM VII SONUÇLAR VE ÖNERİLER	72
KAYNAKLAR	75

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 İnceleme alanındaki suların su kimyası analiz sonuçları (mg/l)	13
Çizelge 3.2 İnceleme alanındaki suların metal analiz sonuçları (mg/l)	13
Çizelge 3.3 İnceleme alanında daha önceden [1] tarafından yapılan çalışmanın su kimyası analiz sonuçları (mg/l)	14
Çizelge 3.4 İnceleme alanındaki suların metal analiz sonuçları (mg/l) (Mayıs 2000)....	14
Çizelge 3.5 Sularda bulunan iyonların dizilimleri ve su türleri.....	18
Çizelge 3.6 Suların mineral doygunluk değerleri	27
Çizelge 4.1 İnceleme alanındaki suların izotop analiz sonuçları.....	30
Çizelge 4.2 İnceleme alanındaki suların CO ₂ (mg/l) değerleri	33
Çizelge 4.3 İnceleme alanındaki suların δ ¹³ C, ¹⁴ C ve δ ³⁴ S analiz sonuçları	34
Çizelge 4.4 Suların hesaplanan tahmini rezervuar sıcaklıkları (°C).....	39
Çizelge 4.5 İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların, mineral denge-sıcaklık diyagramı jeotermometresi ile hesaplanan tahmini hazne kaya sıcaklıkları (°C)	40
Çizelge 4.6 Karışım oranları.....	42
Çizelge 5.1 Traverten örneklerinin δ ¹³ C ve δ ¹⁸ O izotop analiz sonuçları	56
Çizelge 6.1 Kaynakların toplam mineralizasyon ve termik özelliklerine göre sınıflandırılması	57
Çizelge 6.2. Kaynakların sıcaklıklarının dağılımı	58
Çizelge 6.3 Kaynakların toplam mineralizasyonlarının dağılımı	59
Çizelge 6.4 Kaynakların %20 meq/l üzerindeki anyon ve katyonlarına göre sınıflandırılması	60
Çizelge 6.5 İçme kürlerinde kullanılan eşik değerlerine göre bikarbonatlı sular	60
Çizelge 6.6 Hava kalitesi özellikleri	65
Çizelge 6.7 Termal Bunaltıcılık	65
Çizelge 6.8 Dondurucu Soğuk Termik Etki	66
Çizelge 6.9 Sıcak termik etki.....	66
Çizelge 6.10 Soğuk termik etki	67
Çizelge 6.11 Termik uyarıcı etki	67
Çizelge 6.12 Nemsel özellikler	69
Çizelge 6.13 Mekanik etki	70
Çizelge 6.14 Rüzgar özellikleri	70
Çizelge 6.15 Aktinik Etki	71

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 İnceleme alanının yer bulduru haritası	6
Şekil 2.1 Tekgöz ve Çiftgöz jeotermal alanının jeoloji haritası	8
Şekil 2.2 Bayramhacı jeotermal alanının jeoloji haritası	10
Şekil 2.3 Yeşilhisar jeotermal alanı ve çevresinin jeoloji haritası	10
Şekil 2.4 Dokuzpınar soğuk su kaynakları ve çevresinin jeoloji haritası	11
Şekil 3.1 İnceleme alanındaki suların yarılogaritmik Schoeller diyagramları.....	16
Şekil 3.2 İncelenen suların Piper diyagramları	19
Şekil 3.3 İncelenen suların Durov diyagramları	20
Şekil 3.4 İncelenen sulardaki bazı ağır metallerin değişim grafikleri (Mayıs 2005)	21
Şekil 3.5 Suların ağır metal ve diğer iyonlarının değişim grafikleri (Mayıs 2005)	22
Şekil 3.6 İncelenen sulardaki SiO ₂ 'nin değişim grafiği (Mayıs 2005)	22
Şekil 3.7 İncelenen sulardaki bazı metallerin değişim grafikleri (Kasım 2005)	23
Şekil 3.8 Suların bazı ağır metal iyonlarının değişim grafikleri (Kasım 2005)	24
Şekil 3.9 İncelenen sulardaki SiO ₂ 'nin değişim grafiği (Kasım 2005)	24
Şekil 3.10 İncelenen sulardaki bazı ağır metal iyonlarının değişim grafikleri (Mart 1999)	25
Şekil 3.11 Bazı iyonların analiz sonuçlarının grafiklerle gösterimi	26
Şekil 3.12 Suların doygunluk indislerinin grafiksel değerlendirmesi	28
Şekil 3.13 İnceleme alanına ait şematik hidrojeolojik model.....	28
Şekil 4.1 İncelenen suların δ ¹⁸ O-δ ² H diyagramı	30
Şekil 4.2 İncelenen suların δ ² H- ³ H diyagramı	32
Şekil 4.3 İncelenen suların ³ H-Cl diyagramı	32
Şekil 4.4 ³ H-EC ilişkisi.....	33
Şekil 4.5 Doğal karbon bileşiklerinin kökenlerine bağlı sulardaki δ ¹³ C değerlerinin [10]'a göre konumu	35
Şekil 4.6 İnceleme alanındaki sularda ¹⁴ C ve δ ¹³ C _{PDB} değişimleri	35
Şekil 4.7 İnceleme alanındaki sularda ¹⁴ C (yüzde modern karbon) ve δ ¹³ C _{PDB} değişimleri	36
Şekil 4.8 İnceleme alanındaki sulara ait δ ³⁴ S grafiği	37
Şekil 4.9 İnceleme alanındaki sulara ait δ ³⁴ S-SO ₄ grafiği	37
Şekil 4.10 Suların Giggenbach üçgen diyagramı üzerindeki dağılımı	39

Şekil 4.11 Yeşilhisar mineralli su kaynağının A: Mayıs 2005, B: Kasım 2005 sıcaklık- mineral denge diyagramlarının gösterimi	41
Şekil 4.12 İncelenen suların karışım oranları	42
Şekil 5.1 İnceleme alanındaki travertenlerin $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^{13}\text{C}$ grafiği	56
Şekil 6.1. Kaynakların sıcaklıklarının dağılımı	58
Şekil 6.2 Kaynakların toplam mineralizasyonlarının dağılımı	59
Şekil 6.3 Kaynakların % 20 meq/l üzerindeki anyon ve katyonlarına göre dağılımı	61
Şekil 6.4 Ortalama kapalı günler sayısının enlemle ilişkisi	65
Şekil 6.5 Tropikal gün sayısının (yüksek sıcaklık 30°C üzeri) enlemle ilişkisi	67
Şekil 6.6 -0.1°C altındaki soğuk gün sayısının yükseltiyle ilişkisi	68
Şekil 6.7 -5°C altındaki soğuk gün sayısının yükseltiyle ilişkisi	68
Şekil 6.8 Ortalama ekstrem sıcaklık farklarının yükselti ile ilişkisi	69
Şekil 6.9 Ortalama yıllık bağıl nem ile enlem derecesi arasındaki ilişki	69
Şekil 6.10 Ortalama yıllık fırtınalı gün sayısının yükselti ile ilişkisi	70
Şekil 6.11 Enlem – ortalama günlük güneşlilik süresi	71

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Foto 3.1 Dokuzpınar soğuk su kaynak alanının genel görünümü	13
Foto 5.1 BHMS kaynak alanındaki travertenlerin genel görünümü.....	43
Foto. 5.2 Yeşilhisar (1) travertenlerine ait ince kesit fotoğrafları (X10)	46
Foto. 5.3 Bayramhacı (1) travertenlerine ait ince kesit fotoğrafları (X4)	47
Foto. 5.4 Bayramhacı (2) travertenlerine ait ince kesit fotoğrafları (X4)	48
Foto. 5.5 Karakaya (1) travertenlerine ait ince kesit fotoğrafları (X4)	49
Foto. 5.6 Karakaya (2) travertenlerine ait ince kesit fotoğrafları (X4)	50
Foto. 5.7 Karakaya (3) travertenlerine ait ince kesit fotoğrafları (X4)	51
Foto. 5.8 Gümüşkent (1) travertenlerine ait ince kesit fotoğrafları (X4)	52
Foto. 5.9 Gümüşkent (2) travertenlerine ait ince kesit fotoğrafları (X4)	53
Foto. 5.10 YMS kaynak alanından alınan traverten örneğine ait SEM görüntüsü	54
Foto. 5.11 BHMS kaynak alanından alınan traverten örneğinin SEM görüntüsü	54
Foto. 5.12 KMS kaynak alanından alınan traverten örneğinin SEM görüntüsü	55
Foto. 5.13 GMS kaynak alanından alınan traverten örneğinin SEM görüntüsü	55

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

EC	: Elektriksel İletkenlik (Mikrosiemens/cm)
DO	: Çözünmüş Oksijen
UKAM	: Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi
YAS	: Yeraltı suyu
SI	: Doygunluk İndisi
mm	: Milimetre
cm	: Santimetre
m	: Metre
km	: Kilometre
mg/l	: Litrede miligram
meq/l	: Litrede miliekivalen
°C	: Derece santigrat
TDS	: Toplam çözünmüş madde
SMOW	: Standart Ortalama Okyanus Suyu
TU	: Tritiyum birimi
δ	: ‰ (binde)

BÖLÜM I

GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı ve Önemi

Jeotermal kaynaklar gerek kullanım alanları, gerekse de traverten oluşumları ile yeraltı suları içerisinde çok önemli bir statüde bulunmaktadır. Bu değerli kaynaklar elektrik üretiminden seracılığa, kaplıcalardan konutların ısıtılmasına kadar çok değişik alanlarda ülke ekonomisine katkıda bulunmaktadır. Bununla birlikte jeotermal kaynakların kullanımı esnasında çevre kirliliğine neden olmaması onların değerini bir kat daha artırmaktadır. Jeotermal kaynaklar traverten oluşumları ile Pamukkale’de olduğu gibi çok güzel görsel yapılar meydana getirerek ülke turizmine de katkı sağlamaktadır.

Yeraltı suyuna pek çok yerde ulaşılabilir. Miktar ve kalitesinde yüzey suyunda olduğu gibi kısa süreli ve ani değişimler gözlenmez. Fakat, gözle görülmeyen bu değerli kaynaklar sınırlıdır ve dikkatle kullanılmalıdır. Bu nedenle bir kaynağın, yenilenme miktarından daha büyük oranlarda kullanılması, kısa ya da orta vadede hızla tükenmesine neden olur. Jeotermal kaynaklar için en büyük tehlike bilinçsizce kullanımın yanında onların yine bilinçsizce kirletilmesidir. Bunların önüne geçebilmek için bilimsel çalışmalar ve araştırmalardan faydalanılmalıdır. Hidrojeolojik ve hidrokimyasal çalışmalar ile bu değerli doğal kaynaklardan onlara zarar vermeden en verimli şekilde nasıl faydalanabileceğimizi ve kirlenmelerine nasıl engel olabileceğimizi belirleyebiliriz.

Bu tezin amacı, Bayramhacı sıcak ve mineralli, Tekgöz sıcak ve Yeşilhisar mineralli (Kayseri) sularının su kimyası ve izotopik yöntemlerle karşılaştırılması, tıbbi ve biyoiklimsel değerlendirilmesidir. Bununla birlikte kaynak alanı dışında yer alan soğuk sulardan Dokuzpınar (Kayseri) suyu ile mineralli sulardan Acısu (Kayseri), Karakaya (Nevşehir) ve Gümüşkent (Nevşehir) suları karşılaştırmalı köken değerlendirmesi yapmak için kullanılmıştır.

1.2 İnceleme Alanı

İnceleme alanı, İç Anadolu Bölgesi'nde, Kayseri İli'nin 50 km GB'sında 1/25000 ölçekli K33-b3 paftasında yer almaktadır (Şekil 1.1). İnceleme alanı ve civarında Orta Anadolu Kristalen Kompleksi (OAKK)'ne ait kristalen kayalar temeli, üst Kretase-Kuvaterner yaşlı birimler sedimanter örtüyü oluştururken Miyosen-Kuvaterner yaşlı volkanitler bu evrede faaliyet gösteren magmatizmanın ürünlerini temsil ederler [1].

1.3 Veri Toplama ve Yöntem

Yüksek lisans tezi için yapılan çalışmalar, literatür derlemesi, arazi ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

Literatür çalışmaları, kaynak alanı ve çevresi hakkında jeolojik ve hidrojeolojik verilerin toplanması ve incelenmesi şeklinde yapılmıştır.

Arazi çalışmaları, su kimyası ve izotop analizleri için örneklerin alınması şeklinde 18-20 Mayıs 2005 ve 18-20 Kasım 2005'te yağışlı ve kurak dönem olmak üzere gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamındaki su noktalarında pH, sıcaklık ve elektriksel iletkenlik (EC) ölçümleri yerinde yapılmış; bu su noktalarından su kimyası ve izotop (O-18, Döteryum, Tritiyum, Karbon-14 ve Kükürt-34 örnekleri gerekli koruyucu kimyasallar katılarak alınmış ve ilgili laboratuvarlara ulaştırılmıştır.

Proje kapsamındaki su noktalarından derlenen su örneklerinin su kimyası ve tritiyum (³H) izotop analizleri H.Ü. Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi Su Kimyası Laboratuvarı'nda; oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) ve döteryum ($\delta^2\text{H}$) analizleri ise, DSİ Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite ve Kontrol Dairesi İzotop Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Kaynak alanlarından alınan traverten örnekleri Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Uygulamalı Jeoloji Laboratuvarı'nda 110 °C'ta etüvde bir gün süre ile kurutulduktan sonra öğütülmüş ve ardından 45 nolu elekten geçirilmiştir. Elekten geçen örneklerin $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ analizleri Utah Üniversitesi

Ehleringer Laboratuvarı'nda; suların $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{14}\text{C}$ analizleri Geochron Lab. (USA)'da; $\delta^{34}\text{S}$ analizleri ise Nevada Stable Isotope Lab. (USA)'da yapılmıştır.

Kaynak alanlarından alınan traverten örneklerinin SEM (taramalı elektron mikroskop) analizleri 7-23 Kasım 2006 tarihleri arasında Türkiye Çimento Mühtahsilleri Birliği'nde yapılmış, iklim ve hava kirliliği verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır.

Fiziksel parametrelerden pH, sıcaklık, EC, serbest CO_2 ve çözülmüş oksijen (DO) miktarı ölçülmüştür. W.T.W-LT 330 marka Portatif Kondüktivite Metre (SCT), Orion marka "pH Metre" ve YSI- 055 "Oksijen Metre" kullanılmıştır.

İnceleme alanındaki kaynaklardan 2005 yılı Mayıs ve Kasım aylarında alınan örneklerin jeolojik ve balneoklimatolojik yönden değerlendirilmesi İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji Anabilim Dalı tarafından yapılmıştır.

Analizi yapılan termomineral su kaynaklarının hava kirliliği değerleri Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) kayıtlarından alınmıştır. Termal Konforsuzluk Heat Index (HI) ve Windchill Temperatur index (WCT) ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kaplıcalar yönetmeliği hava kalitesini koruma yönetmeliği ve Alman Kaplıcalar Birliği kriterleriyle yorumlanmıştır.

Elde edilen verilerin değerlendirilmesi, rapor haline getirilmesi, gerekli grafik ve tabloların çizilmesi ise 2006 yılında projenin ikinci döneminde büro çalışmaları içerisinde gerçekleştirilmiştir.

Rapor yazımında "N.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans ve Doktora Tez Yazım Kılavuzu, 2006" esas alınmıştır.

1.4 Önceki Çalışmalar

Proje bölgesinde, özellikle Erciyes volkanik topluluğunda, önceki yıllarda, çok sayıda araştırma yapılmıştır.

Pasquare ve diğ. [2,3], Erciyes volkanizmasının 5 evrede meydana geldiğini ve volkanizmada dasitik lav domları ile süngertaşı ve küllerin patlamalı çıkış gösterdiğini belirtmişlerdir.

Innocenti ve diğ. [4], Bölgede yer alan volkanitlerde K/Ar yöntemiyle radyometrik yaş tayinleri yaparak, birimin yaşını üst Miyosen bulmuşlardır. Tomarza, Kayseri, Erciyes ve İncesu dolayında yapılan başka radyometrik ölçümlere göre, İgnimbiritlerin yaşını Kuvaterner bulmuşlar; Erciyes volkanizmasının üst Miyosen-Kuvaterner periyodunda aktif olduğunu belirtmişlerdir.

Batum [5], Erciyes volkanizmasının üst Miyosen döneminde başladığını ve tarihsel zamanlara kadar aktif olduğunu, bölge volkanitlerinin kalkalkalen türde ve iz element kapsamına göre ise kabuk kökenli bileşim gösterdiklerini saptamıştır.

Ketin [6], Erciyes yanardağının ortasından yükseldiği Kayseri havzasının, Ecemiş sol yanal doğrultu atımlı fayının denetiminde gelişen büyük bir tektonik havza olduğunu belirtilmiştir.

Güner ve diğ. [7], Kayseri havzasının, alt Pliyosen döneminde KD-GB yönlü normal atım bileşenli, doğrultu atımlı fayların denetiminde oluşmuş tektonik bir çukurluk olduğunu, Erciyes strato volkanının, Kayseri havzasını doldurduğunu belirtmişler; Kayseri havzasının jeotermal enerji yönüyle incelenmesini önermişlerdir.

Mumcuoğlu ve diğ. [8], "Uzaktan Algılama Yöntemi ile Niğde-Nevşehir-Kayseri-Yöresinin Jeolojisi ve Tektoniği" adlı çalışmalarında inceleme sahasının güneyini kapsayan birimlerin Neojen volkaniklerden oluştuğunu belirtmişlerdir.

Özgür [9], Kayseri havzasının, geniş yayımlı, büyük hacimli piroklastik boşalımına bağlı olarak çöken, çembersel faylarla sınırlı, elipsoid geometriye, büyük bir kaldera

olduğunu vurgulamıştır.

Ercan [10], Erciyes volkanizmasından püsküren piroklastiklerin, 100 km çapında geniş bir sahaya dağıldığını, Orta Anadolu karasal havzalarında kimi zaman karalarda yığıştığını, kimi zaman da bir göl içinde ara katkı olarak çökelerek kalın volkanik piroklastik örtüler oluşturduğunu belirtmiştir.

Atabey ve diğ. [11], "Hacıbektaş-Gülşehir-Kalaba (Nevşehir)-Himmetdede (Kayseri) arasının 1/100.000 ölçekli jeolojik ve tektonik incelemesini yapmışlardır. Buna göre sahada temeli Paleozoyik yaşlı mermerler oluşturmakta, daha üstte ise üst Miyosen-Pliyosen yaşlı volkanitler, tüfler, kumtaşı-kiltaşı-marn ve yanal geçişli olarak ignimbirit ve kireçtaşları ile Kuvaterner yaşlı alüvyon yer almaktadır.

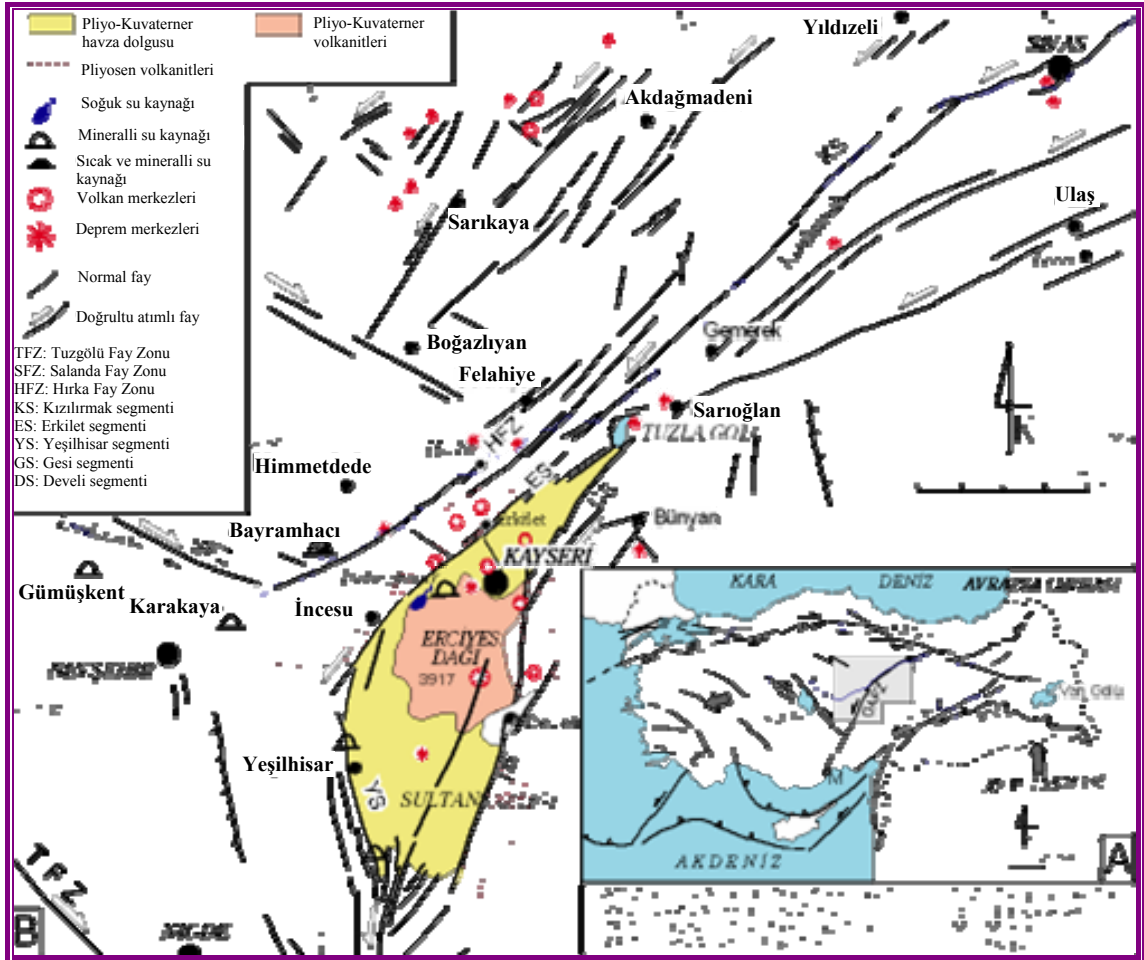
Özmutaf ve Tekin [12], Bayramhacı kaplıcaları ve civarında yaptıkları çalışmada, temelin Paleozoyik yaşlı mermerlerden oluştuğunu, üst Miyosen-Pliyosen'de; istifin alttan üste doğru, Aglomera-tüf-lav akıntılarında oluşan volkanikler, pomza çakıllı tüfler, kumtaşı-kiltaşı-marn ardalanması ve yanal geçişli olarak ignimbirit ve kireçtaşlarının yer aldığını, Kuvaterner'de ise alüvyon ve yamaç molozlarının ve travertenlerin bulandığını belirtmişlerdir.

Afşin ve diğ. [1], Yaptıkları çalışmada; proje kapsamında yer alan soğuk, sıcak ve mineralli su kaynaklarının tektonizma ve Erciyes volkanizması ile ilişkili olarak açığa çıktıklarını, Tekgöz ve Bayramhacı kaynaklarında yüzeyleyen kireçtaşlarında CaO değerlerinin %50'den yüksek olmasından ötürü karstlaşma gözlemlendiği, suların CO₂ ve toplam çözülmüş madde miktarlarının yüksek olduğunu, yeni traverten çökelimlerinin devam ettiğini, Bayramhacı sıcak ve mineralli sularının Ca-Na-HCO₃-Cl tipi su kimyası fasiyesine girdiklerini ve kaynak sularının hazne kaya sıcaklığının 80°C dolayında olduğunu belirtmişlerdir.

BÖLÜM II

BÖLGESEL JEOLJİ

Orta Anadolu Bölgesinin güneyinde yer alan inceleme alanı ve civarında Orta Anadolu Kristalen Kompleksi (OAKK)'ne ait kristalen kayalar temeli, üst Kretase-Kuvaterner yaşlı birimler sedimanter örtüyü oluştururken Miyosen-Kuvaterner yaşlı volkanitler bu evrede faaliyet gösteren magmatizmanın ürünlerini temsil ederler (Şekil 1.1 ve 2.1).



Şekil 1.1 İnceleme alanının yer bulduru haritası [1]

2.1 Temel Birimler

2.1.1 Orta Anadolu Kristalen Kompleksi (OAKK)

Orta Anadolu'da yer alan ve OAKK olarak tanımlanan birimler; 1) Orta Anadolu Metamorfitleri, 2) Orta Anadolu Ofiyolitleri ve 3) Orta Anadolu Granitoidlerinden oluşur.

Orta Anadolu Metamorfitleri (OAM): Bu birim Gümüşler, Kaleboynu ve Aşıgediği Metamorfitleri olmak üzere üç alt birime ayrılmıştır [13]. Orta Anadolu Metamorfitleri genelde Aşıgediği Metamorfitlerine ait olup, bunlar, mermerler ile temsil edilir (Şekil 1.1 ve 2.1). Çalışma alanı kuzeyinde metamorfitler Tersiyer yaşlı örtü birimleri üzerinde tektonik dokanaklı olup, Miyo-Pliyosen yaşlı birimler tarafından uyumsuz olarak örtülür (Şekil 2.2).

Orta Anadolu Ofiyolitleri (OAO): Çalışma alanında Orta Anadolu Ofiyolitleri; serpantinleşmiş ultramafik kayalar, izotrop gabro ve bazaltlarla temsil edilir. İlksel konumda Orta Anadolu Metamorfitleri üzerinde tektonik dokanakla yer alan OAO, Yeşilhisar'ın batı kesiminde derin vadiler içinde yüzeylenir.

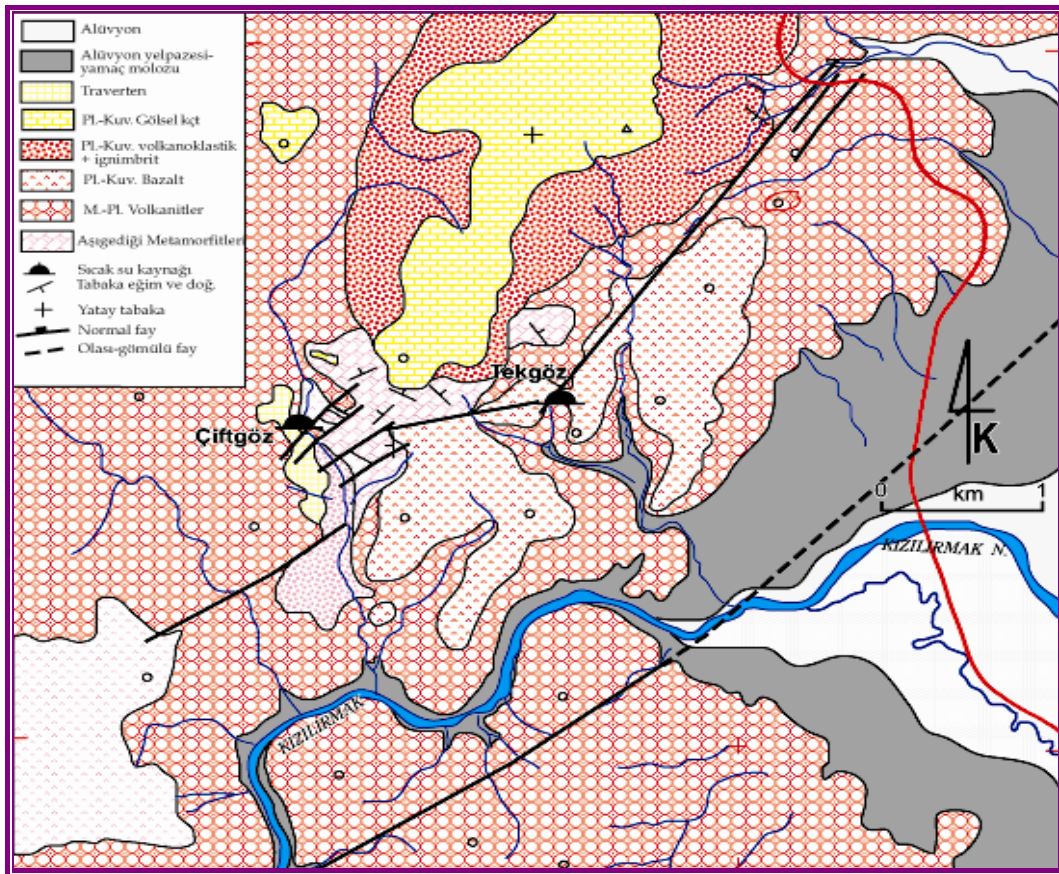
Orta Anadolu Plütonik Kayaları: Bayramhacı'nın kuzeyinde ve güneybatısında yüzeylenen plütonik kayalar siyenitoyit ve granitoyitlerden oluşur (Şekil 2.2). Makroskopik olarak feldispatça zengin, kuvarşça fakir ve pembe renklidirler. Aşıgediği Metamorfitleri içinde yer alan granitik kayalar aplitik ve pegmatitik dayklardan oluşmaktadır [1].

2.2 Örtü Birimleri

OAKK üzerinde düzenli istifler sunan üst Kretase-Paleosen yaşlı örtü birimleri, [14,15] tarafından kuzeyde Orta Kızılırmak Baseni birimleri, güneyde ise Sivas Baseni güneybatı kesimi birimleri olmak üzere iki grupta incelenerek; Göynük, Elmalıdere, Yeşilöz ve Mucur formasyonları; Oligo-Miyosen yaşlı birimler güneyde Çukurbağ formasyonu, kuzeyde ise Gümüşyazı grubu olarak tanımlanmıştır.

2.2.1 Göynük Formasyonu

Bayramhacı'nın kuzeyinde yüzeyleyen Göynük formasyonu genelde, temel birimlere ait bloklar içeren volkanosedimenter bir istif özelliği sunar. Temel birimler üzerinde masif çakıltaşlarıyla uyumsuz olarak başlayan birim üste doğru çapraz tabakalı ve alacalı renkli volkanojenik kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı araldanması ile sürer. Birimin içinde fosil bulunmamıştır. Ancak, stratigrafik konumu göz önüne alınarak en üst Kretase-alt Paleosen yaşlı olduğu kabul edilmektedir [16,17].



Şekil 2.1 Teggöz ve Çiftgöz jeotermal alanının jeoloji haritası [1]

2.2.2 Gümüşyazı Grubu

OAKK örtüsünde yer alan bu birim [14,15] tarafından adlandırılmıştır. Birimin alt bölümünde, masif-kalın tabakalı, yeşil-sarı-kırmızı renkli çakıltaşı ve kumtaşı yer alır. Çakıllar ofiyolit, metamorfit, granit ve riyolit ile bol nummulitli kireçtaşıdan türemiştir. Birim üste doğru ince jips bantlı sarı-krem renkli kilttaşı ve kırmızı silttaşlarından oluşur. [18] tarafından birimin yaşı orta Miyosen olarak önerilmiştir.

2.2.3 Çukurbağ formasyonu

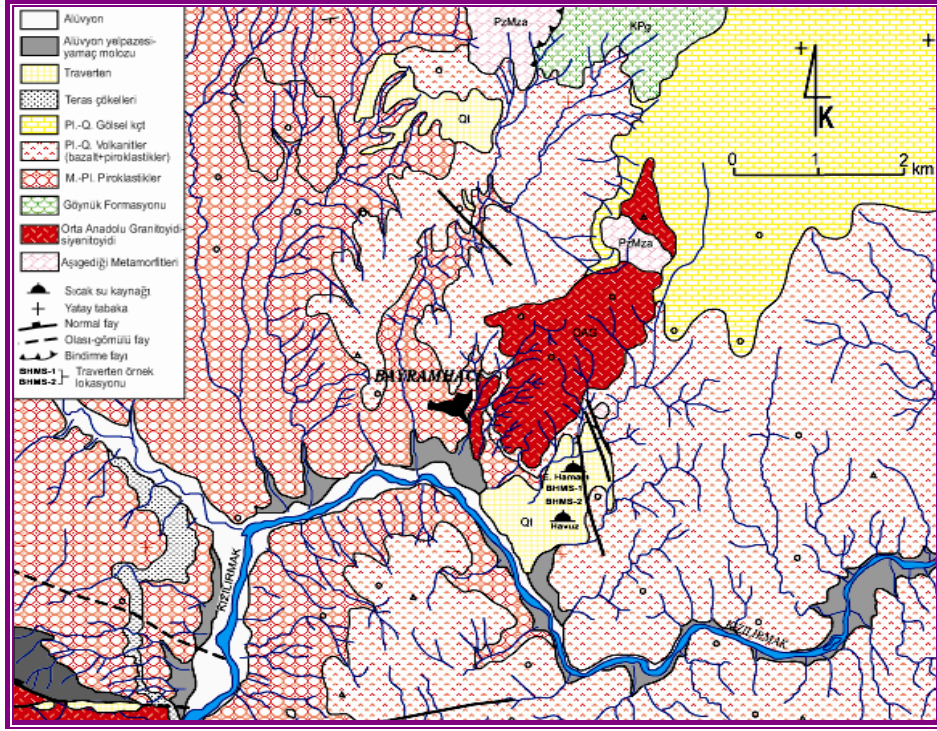
Birim Yeşilhisar civarında (Şekil 2.3) ve güney kesiminde geniş bir yayılıma sahip olup, genelde Ecemiş koridoru içinde yüzeylenir. Yeşilhisar civarında birim çakıllarını ofiyolitten almış çakıltaşı, yeşil-gri-pembe renkli çamurtaşı ile temsil edilir. [19] birimin yaşının Oligosen-Miyosen sınırında olduğunu ortaya koymuştur.

2.2.4 Miyosen-Alt Pliyosen Volkanitleri

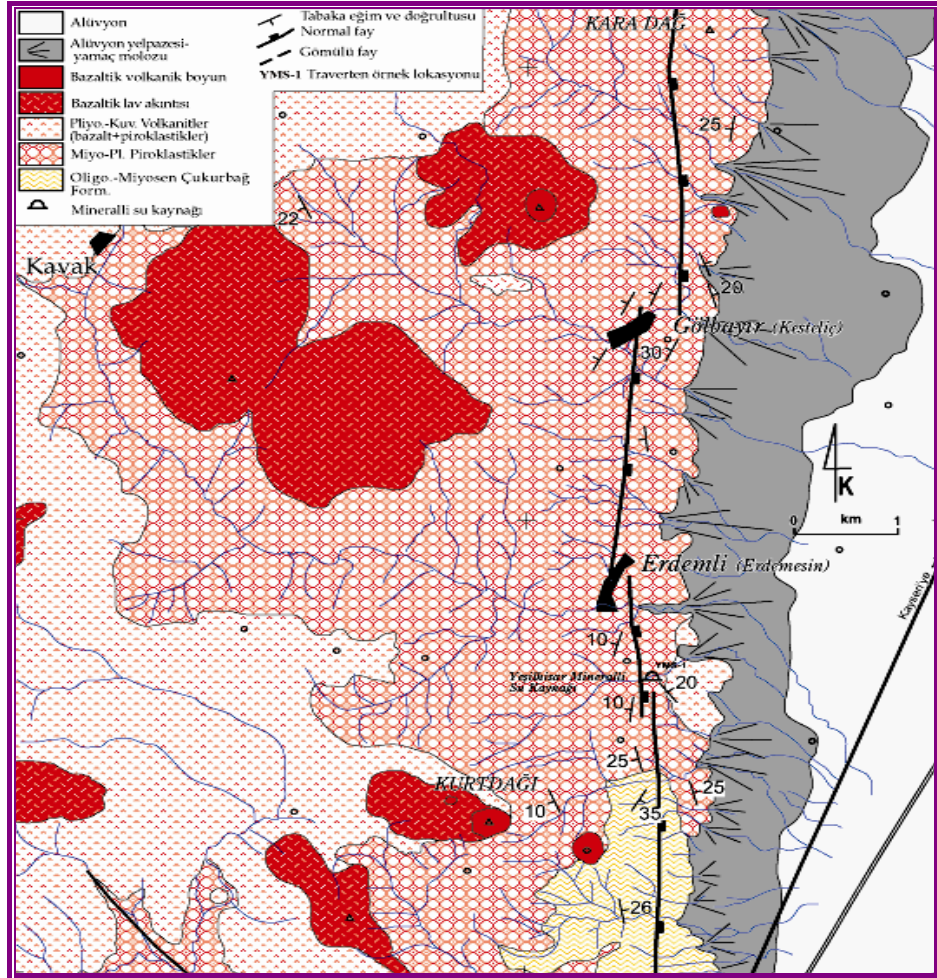
Himmetdede güneyinde yeralan Miyosen-alt Pliyosen (?) yaşlı ve muhtemelen bölgedeki volkanizmanın ilk ürünleri olan, aglomera, bazalt ve andezitten oluşan volkanitler, bölgede geniş bir yayılım gösterir (Şekil 2.2 ve 2.3).

2.2.5 rgp Formasyonu

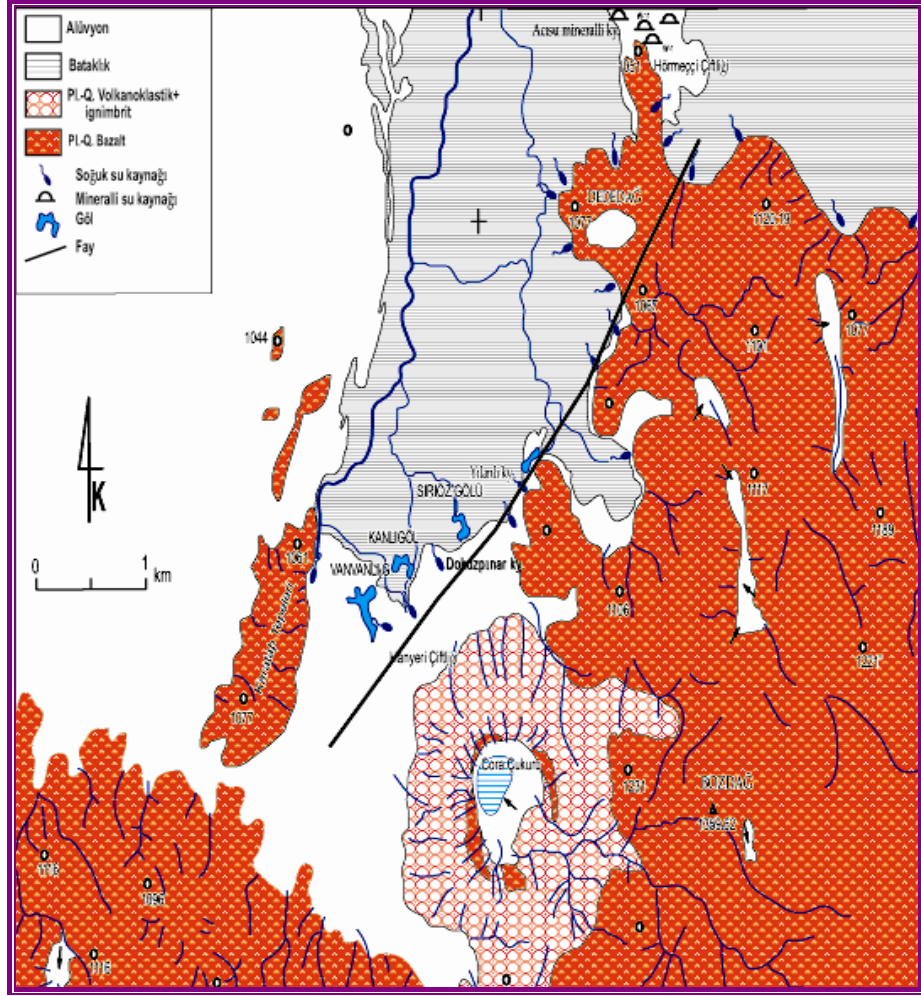
Çalışma alanı kuzeyinde Kızılırmak grubu adı altında toplanan bu birimlerden sadece volkanosedimanter kayalardan oluşanı yüzeylenir [1]. rgp formasyonu kumtaşı ve çamurtaşı içeren tüflü akarsu-gl çökelleri ile ardalanan çok sayıdaki piroklastik seviyeden oluşur. [20]'ye göre birimin alt seviyelerinin yaşı orta-st alt Pliyosen'dir. Ancak radyometrik yaş tayinlerine göre birimin en alt seviyeleri 13.7-6.5 My yaşındadır [4,5,21]. Bu nedenle birimin yaşı st Miyosen-Pliyosen olarak kabul edilmiştir.



Şekil 2.2 Bayramhacı jeotermal alanının jeoloji haritası [1]



Şekil 2.3 Yeşilhisar jeotermal alanı ve çevresinin jeoloji haritası [1]



Şekil 2.4 Dokuzpınar soğuk su kaynakları ve çevresinin jeoloji haritası [1]

2.2.6 Pliyosen Volkanitleri

İncesu civarında yüzeylenen birim Ürgüp-Nevşehir yöresinde [2] tarafından Ürgüp formasyonunun İncesu üyesi, [16] tarafından ise İncesu ignimbriti olarak tanımlanmıştır. Bazaltlar makroskopik olarak siyah-koyu gri renkli, çok sert ve bol gaz boşlukludur. Birimin yaşı Pliyosen olarak belirlenmiştir [1].

2.2.7 Sultansazlığı Çek-Ayr Havzası Birimleri

Çalışma alanının orta kesiminde yer alan sedimanter dolgu çakıltası, kumtaşı, kıltaşı ve gölsel kireçtaşlarından oluşur (Şekil 2.4). Alüvyon yelpazesi-yamaç molozu çökelleri havza kenarı fasiyesini, daha ince taneli malzeme ve kireçtaşları ise basenin orta kesimini oluşturmaktadır [1].

2.2.8 Diğer Kuvaterner-Güncel Birimler

Çalışma alanında yüzeylenen traverten oluşukları, taraça çökelleri, alüvyon yelpazeleri, yamaç molozları ve alüvyon diğer önemli çökelleri oluştururlar [1].

2.3 Bayramhacı-Tekgöz-Yeşilhisar Kaynak Alanlarının Hidrojeolojisi

Hidrojeoloji açısından inceleme alanlarının temelini oluşturan mermerler; çok kırıklı, çatlaklı ve erime boşluklarından dolayı rezervuar kaya olup, Bayramhacı sıcak ve mineralli su kaynağı için akiferdir. Genç çökellerden olan volkanikler ise ikincil permeabiliteye sahip değildir. İnceleme alanındaki Ürgüp formasyonuna ait kumtaşları ve gösel kireçtaşları geçirimlidir. İgnimbiritler düşük debili kaynakların oluşumunu sağlayan kırıklı çatlaklı akifer özelliğindedir. Kumtaşı, kilitaşı ve marnlar örtü kaya niteliğindedir. Alüvyonlar ise soğuk sular için akifer teşkil ederler.

2.4 Yapısal Jeoloji

Orta Anadolu Bölgesi önce sıkışma rejiminin daha sonra da sıkışma-genişleme türü bir rejimin etkisi altında kalmıştır. Bu nedenle bölgede hem sıkışma tektoniği hem de sıkışma-genişleme türü tektoniğin ürünü yapıları görmek mümkündür [22,23,24,25].

2.4.1 Sıkışma Tektoniği ve İlgili Yapılar

Çalışma alanında görülmemesine rağmen yakın civarda Orta Kızılırmak ve Sivas basenlerinin kapanması ile ilişkili bindirme fayları bulunmaktadır [23]. Çalışma alanındaki tektonik rejim Pliyo-Kuvaterner'de değişmekte, sıkışmalı tektonik rejimin yerini sıkışma-genişleme türü rejim almaktadır.

2.4.2 Sıkışma-Genişleme Türü Rejim ve İlgili Yapılar

Orta Anadolu Bölgesi egemen olarak doğrultu atımlı faylanma ile karakterize edilen sıkışma-genişleme türü bir neotektonik rejimin denetimi altında olup, bu rejimde üç önemli fay sistemi gelişmiştir Bunlar Orta Anadolu Fay Zonu, Tuzgölü Fay Zonu ve Yozgat-Akdağmadeni-Boğazlıyan Fay Sistemi'dir (Şekil 1.1) [22,24,26].

BÖLÜM III

SU KİMYASI DEĞERLENDİRMESİ

İnceleme alanı içerisinde yer alan Yeşilhisar, Bayramhacı ve Dokuzpınar suları ile aynı beslenme alanı içerisinde bulunan Gümüşkent ve Karakaya kaynaklarından proje süresince iki dönem halinde örnekleme yapılmış ve kimyasal analizleri yorumlanarak, her iki dönem için sonuçlar karşılaştırılmıştır. Suların kimyasal analiz sonuçları ve arazide yapılan ölçümlerle ilgili çizilen diyagramlar üzerinde yorumlanmıştır.

Dokuzpınar soğuk suyu kaynak alanının genel görünümü Foto 3.1’de görülmektedir.



Foto. 3.1 Dokuzpınar soğuk su kaynak alanının genel görünümü

3.1 Suların Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

İnceleme alanında daha önceden yapılan çalışmalarla birlikte su kimyası analiz sonuçları ilgili çizelgelerde verilmiştir (Çizelge 3.1, 3.2, 3.3, 3.4).

Çizelge 3.1 İnceleme alanındaki suların su kimyası analiz sonuçları (mg/l) (*: Mayıs 2005, **: Kasım 2005)

Örnek Adı	T (°C)	pH	EC (µS/cm)	Na	K	Ca	Mg	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	PO ₄	NH ₄	F	Li
Bayramhacı*	43,4	6,15	1903	124,04	10,00	263,34	37,37	0	857,67	135,86	83,64	0	12,23	0,54	3,48	0,13
Bayramhacı**	42,2	6,56	1915	133,17	9,66	279,00	40,76	0	852,24	183,56	105,14	0,88	-	2,96	2,78	0,18
Yeşilhisar*	15	6,47	9200	1306,23	32,17	375,45	464,51	0	2231,55	1810,05	778,55	6,30	0	0	0	1,29
Yeşilhisar**	14,4	6,58	9510	1344,80	35,94	383,61	483,83	0	2393,3	2350,04	1037,88	11,01	-	0	0	1,36
Dokuzpınar*	12,5	6,82	530	61,39	5,21	22,87	15,40	0	147,04	71,99	10,65	7,71	11,98	2,65	0,53	0,11
Dokuzpınar**	12,5	6,48	520	65,99	5,62	19,91	16,24	0	134,25	97,63	13,24	10,27	-	0	0,39	0,11
Karakaya*	16,9	6,62	16100	3680,42	249,79	390,82	56,07	0	3714,54	3771,28	277,37	0	0	0	0	10,97
Karakaya**	14,4	6,46	17400	4091,21	280,64	469,58	60,28	0	4553,11	4102,85	330,38	0	-	0	0	12,09
Gümüşkent**	17,5	6,5	3160	29,31	5,28	617,20	77,01	0	2311,58	3,14	5,64	0	-	0,98	0,73	0,05

(Yeşilhisar mineralli kaynağı: YMS, Dokuzpınar soğuk su kaynağı: DPS, Bayramhacı sıcak ve mineralli kaynağı: BHMS, Karakaya mineralli kaynağı: KMS, Gümüşkent mineralli kaynağı: GMS)

Çizelge 3.2 İnceleme alanındaki suların metal analiz sonuçları (mg/l) (*: Mayıs 2005, **: Kasım 2005)

Örnek Adı	Fe	Mn	Cu	Zn	Cr	Pb	Ni	Cd	Sr	Bor	SiO ₂
Bayramhacı*	0,05	0,18	0,04	0,01	0,01	0,18	0	0,01	0	0	29,30
Bayramhacı**	0,05	0,20	0,03	0,01	0,02	0,02	0,03	0	0,38	0,92	34,67
Yeşilhisar*	0,05	0,02	0,05	0,01	0,03	0,20	0	0,01	0	3,04	64,70
Yeşilhisar**	0,08	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,01	0	4,30	74,61
Dokuzpınar*	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01	0,09	0	0	0	0	51,62
Dokuzpınar**	0,04	0,01	0,02	0,02	0	0	0	0	0	0,56	64,05
Karakaya*	0,11	0,15	0,04	0,02	0,03	0,21	0	0,01	0	22,58	18,42
Karakaya**	0,20	1,05	0,03	0,03	0,02	0,10	0,11	0,02	6,83	28,56	23,35
Gümüşkent**	0,29	0,40	0,02	0,01	0,02	0,03	0,04	0,01	5,09	0	110,83

Çizelge 3.3 İnceleme alanında daha önceden [1] tarafından yapılan çalışmanın su kimyası analiz sonuçları (mg/l) (^b: Kasım 1999, ^a: Mayıs 2000)

<i>Kaynak Adı</i>	<i>T (°C)</i>	<i>pH</i>	<i>EC(μS/cm)</i>	<i>DO(mg/l)</i>	<i>Ca⁺²</i>	<i>Mg⁺²</i>	<i>Na⁺</i>	<i>K⁺</i>	<i>Cl</i>	<i>SO₄⁻²</i>	<i>HCO₃⁻</i>	<i>CO₃⁻²</i>
Dokuzpınar^b	13	8	537	b	26,85	17,98	62,07	5,98	95,72	14,40	122,01	12,0016
Dokuzpınar^a	13	8,1	300	9,17	24,44	17,74	78,39	6,99	120,54	16,47	158,01	-
Acısu^b	20	6,28	14600	2,8	479,95	309,83	2970,07	150,53	4679,79	209,40	2897,88	-
Acısu^a	22,5	6,3	9385	b	389,97	279,80	2215,08	127,46	3598,47	160,89	2541,59	-
Yeşilhisar^b	14,5	6,8	8210	b	359,51	357,35	1238,93	37,49	1985,36	607,55	2165,78	-
Yeşilhisar^a	16	6,4	5600	6,4	337,47	352,37	1224,90	42,22	1932,18	623,40	1977,26	-
Tekgöz^b	40,5	7,6	556	b	77,99	19,99	16,09	4,49	17,72	17,09	298,32	24,90
Tekgöz^a	41	7,6	500	3,43	77,95	19,44	16,391	2,50	12,40	18,39	347,13	-
Bayramhacı^b	46,5	7,1	1640	b	217,99	31,97	118,00	6,99	147,12	63,82	819,76	12,30
Bayramhacı^a	45	7,3	1058	3,3	230,46	31,96	126,90	7,50	147,12	88,85	866,92	-

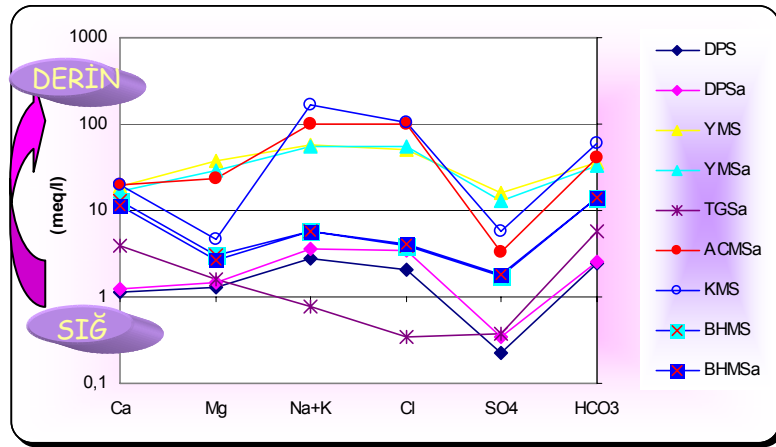
(Yeşilhisar mineralli kaynağı: YMS^a, YMS^b, Dokuzpınar soğuk su kaynağı: DPS^a, DPS^b, Bayramhacı sıcak ve mineralli kaynağı: BHMS^a, BHMS^b, Acısu mineralli kaynağı: ACMS^a, ACMS^b, Tekgöz sıcak su kaynağı: TGS^a, TGS^b)

Çizelge 3.4 İnceleme alanındaki suların metal analiz sonuçları (mg/l) (Mayıs 2000)

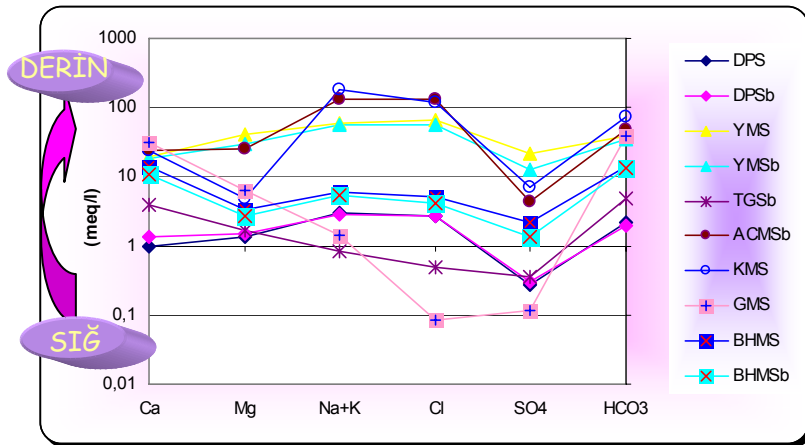
<i>Örnek Adı</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Pb</i>
Yeşilhisar^a	0,11	0,01	0,72	0,05	0,24
Dokuzpınar^a	0,10	0,00	0,53	0,01	0,12
Bayramhacı^a	0,11	0,13	0,10	0,01	0,16
Acısu^a	14,03	1,57	0,39	0,04	0,32
Tekgöz^a	0,10	0,00	0,76	0,04	0,10

İnceleme alanındaki suların iyon bolluk (meq/l) dizimleri YMS'de $(Na^+ + K^+) > Mg^{+2} > Ca^{+2}$, $HCO_3^- > Cl^- > SO_4^{-2}$; BHMS'de $Ca^{+2} > (Na^+ + K^+) > Mg^{+2}$, $HCO_3^- > Cl^- > SO_4^{-2}$; DPS'de $(Na^+ + K^+) > Ca^{+2} > Mg^{+2}$, $HCO_3^- > Cl^- > SO_4^{-2}$; KMS'de $(Na^+ + K^+) > Ca^{+2} > Mg^{+2}$, $Cl^- > HCO_3^- > SO_4^{-2}$; GMS'de ise $Ca^{+2} > Mg^{+2} > (Na^+ + K^+)$, $HCO_3^- > SO_4^{-2} > Cl^-$ şeklinde olup, örnekleme dönemlerinde sulardan sadece KMS'de kurak döneme ait anyon diziliminde ($HCO_3^- > Cl^- > SO_4^{-2}$) değişim saptanmış, diğer suların iyon diziliminde herhangi bir değişim gözlenmemiştir (Çizelge 3.5).

İnceleme alanında [1] tarafından yapılan çalışmada TGS hariç diğer tüm suların iyon dizimlerinin $(Na^+ + K^+) > Mg^{+2} > Ca^{+2}$, $Cl^- > HCO_3^- > SO_4^{-2}$ şeklinde benzer olduğu gözlenmiştir. TGS'de ise iyon dizilimi $Ca^{+2} > (Na^+ + K^+) > Mg^{+2}$, $HCO_3^- > Cl^- > SO_4^{-2}$ şeklindedir (Çizelge 3.5).



(A)



(B)

Şekil 3.1 İnceleme alanındaki suların yarılogaritmik Schoeller diyagramları (A: Mayıs 2005; B: Kasım 2005; a: Mayıs 2000; b: Kasım 1999)

Mayıs (2005) ayı için çizilen yarılogaritmik diyagram üzerinde gruplar şeklinde olmak üzere sular dolaşım sürelerine ve TDS içeriklerine bağlı olarak kendi aralarında yaklaşık paralel bir dizilim sunmaktadırlar (Şekil 3.1). Bu durum suların aynı beslenme alanı içerisinde yer alan benzer kökenli yeraltı suları olabileceğine işaret etmektedir. YMS ile [1] tarafından Mayıs 2000 tarihinde yapılan örneklemedeki ACMSa grafik üzerinde benzer bir paralellik sunmaktadırlar. TGS grafik üzerinde Ca^{+2} ve HCO_3^- değerlerinde yüksek; Na^+ ve Cl^- değerlerinde ise düşük trend sergilemesi ile diğer sulardan farklı bir şekilde konumlanmaktadır. DPS ise sıcak ve mineralli sulardan sadece Ca^{+2} içeriğinin düşük olması ile ayrılmaktadır. Bunun nedeni DPS'nin sığ ve hızlı dolaşıma sahip olmasından ötürü dolaşım süresi boyunca kayalar ile yeteri kadar temasta bulunamamasıdır.

İnceleme alanında Mayıs (2000) ayında yapılan örnekleme [1] ait veriler de aynı grafik üzerinde değerlendirilmiş ve suların paralellikler sunduğu gözlenmiştir.

Kurak dönem için çizilen yarı logaritmik diyagram üzerinde de sular tıpkı yağışlı dönemdeki gibi benzer şekilde gruplanmış paralellikler sergilemişlerdir. İnceleme alanında [1] tarafından yapılan çalışmadaki Kasım 2000 örnekleme verileri Kasım 2005 verileri ile aynı grafikte değerlendirilerek herhangi bir değişim olup olmadığı araştırılmıştır. Buna göre KMS ile BHMS grafik üzerinde yaklaşık olarak paralel bir dizilimlidir. Bu da suların aynı tür yağışlardan beslendiklerini; yani aynı beslenme alanı içerisinde yer alan benzer kökenli yeraltı suları olduklarını göstermektedir. YMS ile [1] tarafından yapılan Kasım 1999 yılına ait örnekleme verilerindeki ACMSb grafik üzerinde benzerlik sunmaktadırlar. TGS ve GMS diğer sulardan farklı bir şekilde grafik üzerinde konumlanmış olup, $Ca-HCO_3$ 'lüdür. DPS diğer sulardan dolaşım süresi ve hızına bağlı olarak grafik üzerindeki Ca^{+2} içeriği hariç diğer mineral içerikleri ile benzerdir.

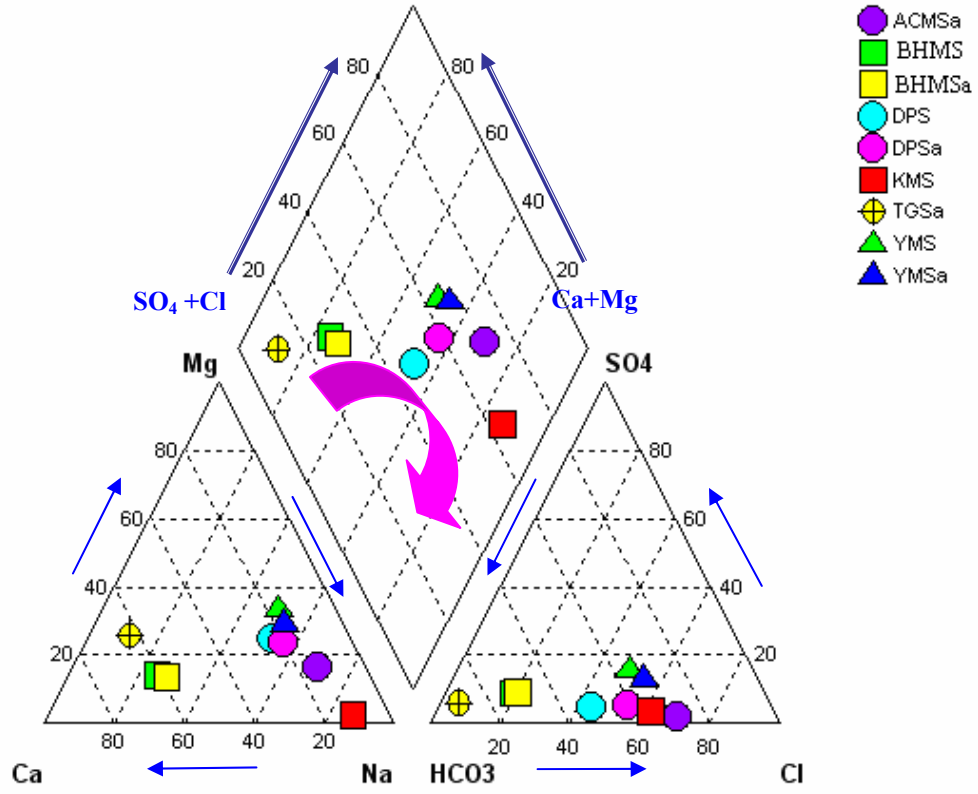
Sıcak ve mineralli sular soğuk su kaynaklarına göre oldukça fazla iyon içerirler. Meteorik kökenli olan bu kaynaklar yeraltında kaldıkları süre içerisinde çeşitli etkenlerle ısınarak yükselir ve beslenme alanından boşalım alanına doğru hareket ederken temas halinde buldukları kayalarla etkileşerek bünyelerine yıkadıkları kayalardan çözdükleri mineralleri katarlar. Daha sonra sondajlarla ya da kırık, çatlak, fay vb. tektonik yapılarla yüzeye çıkarlar. Soğuk sular ise sığ dolaşıma sahip ve yeraltında kalış süreleri fazla olmayan sulardır.

Çizelge 3.5 Sularda bulunan iyonların dizilimleri ve su türleri

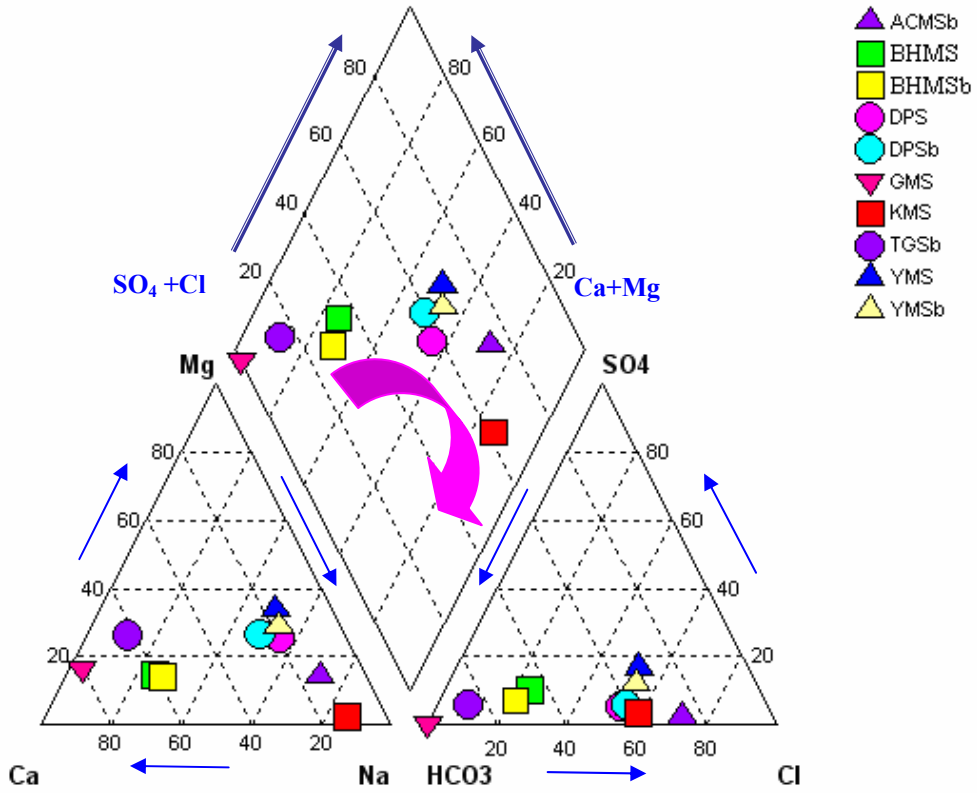
Mayıs 2005	İyon dizilimi (meq/l)	Su türü
Yeşilhisar*	(Na ⁺ +K ⁺)> Mg ⁺² > Ca ⁺² ; HCO ₃ ⁻ >Cl ⁻ > SO ₄ ⁻²	Na-Mg-HCO ₃ -Cl
Bayramhacı*	Ca ⁺² > (Na ⁺ +K ⁺)> Mg ⁺² ; HCO ₃ ⁻ > Cl ⁻ > SO ₄ ⁻²	Ca-Na-HCO ₃ -Cl
Dokuzpınar*	(Na ⁺ +K ⁺)> Ca ⁺² > Mg ⁺² ; HCO ₃ ⁻ >Cl ⁻ > SO ₄ ⁻²	Na-Ca-HCO ₃ -Cl
Karakaya*	(Na ⁺ +K ⁺)> Ca ⁺² > Mg ⁺² ; Cl ⁻ > HCO ₃ ⁻ > SO ₄ ⁻²	Na-Ca-Cl-HCO ₃
Kasım 2005	İyon dizilimi (meq/l)	Su türü
Yeşilhisar**	(Na ⁺ +K ⁺)> Mg ⁺² > Ca ⁺² ; HCO ₃ ⁻ >Cl ⁻ > SO ₄ ⁻²	Na-Mg-HCO ₃ -Cl
Bayramhacı**	Ca ⁺² > (Na ⁺ +K ⁺)> Mg ⁺² ; HCO ₃ ⁻ > Cl ⁻ > SO ₄ ⁻²	Ca-Na-HCO ₃ -Cl
Dokuzpınar**	(Na ⁺ +K ⁺)> Ca ⁺² > Mg ⁺² ; HCO ₃ ⁻ > Cl ⁻ > SO ₄ ⁻²	Na-Ca-HCO ₃ -Cl
Karakaya**	(Na ⁺ +K ⁺)> Ca ⁺² > Mg ⁺² ; HCO ₃ ⁻ > Cl ⁻ > SO ₄ ⁻²	Na-Ca-HCO ₃ -Cl
Gümüşkent**	Ca ⁺² >Mg ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺); HCO ₃ ⁻ > SO ₄ ⁻² > Cl ⁻	Ca-Mg-HCO ₃
1999-2000	İyon dizilimi (meq/l)	Su türü
Dokuzpınar ^a	(Na ⁺ +K ⁺)> Mg ⁺² > Ca ⁺² ; Cl ⁻ > HCO ₃ ⁻ > SO ₄ ⁻²	Na-Mg-Cl-HCO ₃
Dokuzpınar ^b	(Na ⁺ +K ⁺)> Mg ⁺² > Ca ⁺² ; Cl ⁻ > HCO ₃ ⁻ > SO ₄ ⁻²	Na-Mg-Cl-HCO ₃
Acısu ^a	(Na ⁺ +K ⁺)> Mg ⁺² > Ca ⁺² ; Cl ⁻ > HCO ₃ ⁻ > SO ₄ ⁻²	Na-Mg-Cl-HCO ₃
Acısu ^b	(Na ⁺ +K ⁺)> Mg ⁺² > Ca ⁺² ; Cl ⁻ > HCO ₃ ⁻ > SO ₄ ⁻²	Na-Mg-Cl-HCO ₃
Yeşilhisar ^a	(Na ⁺ +K ⁺)> Mg ⁺² > Ca ⁺² ; Cl ⁻ > HCO ₃ ⁻ > SO ₄ ⁻²	Na-Mg-Cl-HCO ₃
Yeşilhisar ^b	(Na ⁺ +K ⁺)> Mg ⁺² > Ca ⁺² ; Cl ⁻ > HCO ₃ ⁻ > SO ₄ ⁻²	Na-Mg-Cl-HCO ₃
Tekgöz ^a	Ca ⁺² >Mg ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺); HCO ₃ ⁻ > Cl ⁻ > SO ₄ ⁻²	Ca-Mg-HCO
Tekgöz ^b	Ca ⁺² >Mg ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺); HCO ₃ ⁻ > SO ₄ ⁻² > Cl ⁻	Ca-Mg-HCO ₃
Bayramhacı ^a	Ca ⁺² > (Na ⁺ +K ⁺)> Mg ⁺² ; HCO ₃ ⁻ > Cl ⁻ > SO ₄ ⁻²	Ca-Na-HCO ₃ -Cl
Bayramhacı ^b	Ca ⁺² > (Na ⁺ +K ⁺)> Mg ⁺² ; HCO ₃ ⁻ > Cl ⁻ > SO ₄ ⁻²	Ca-Na-HCO ₃ -Cl

İnceleme alanındaki sular Piper diyagramlarına göre iki dönemde de kendi aralarında ayrı gruplar halinde genelde aynı bölgelere düşmüştür (Şekil 3.2). İnceleme alanında [1] tarafından yapılan çalışmadaki Mayıs ve Kasım aylarına ait analiz sonuçları da aynı dönemlere ait grafikler üzerinde değerlendirilerek karşılaştırılmıştır. Buna göre DPSa, YMS, YMSa, ACMSa ve KMS suları Cl⁻+SO₄⁻²>HCO₃⁻+Cl⁻’li sulardır. Bu tür sular, iyonlarının hiçbirini %50’yi geçmeyen karışık bileşimli sulardır. KMS karbonat olmayan alkalinitesi %50’den fazla olan sulardır. TGS, BHMS ve BHMS^a suları da yine iyonlarının hiçbirini %50’yi geçmeyen karışık bileşimli sular olup karbonat sertliği %50’den fazla olan, CaCO₃’lü ve MgCO₃’lü sulardır. DPS ise iyonlarının hiçbirini %50’yi geçmeyen karışık bileşimli sulardır. Kurak döneme ait grafikte yağışlı dönemden farklı olarak GMS’de yer almaktadır. Bu sular karbonat sertliği %50’den fazla olan, CaCO₃ ve MgCO₃’lüdür.

Her iki döneme ait çizilen grafiklerde suların grafik üzerindeki gruplaşmalarında ve buldukları bölgelerde çok büyük bir yer değişikliği gözlenmemiştir.



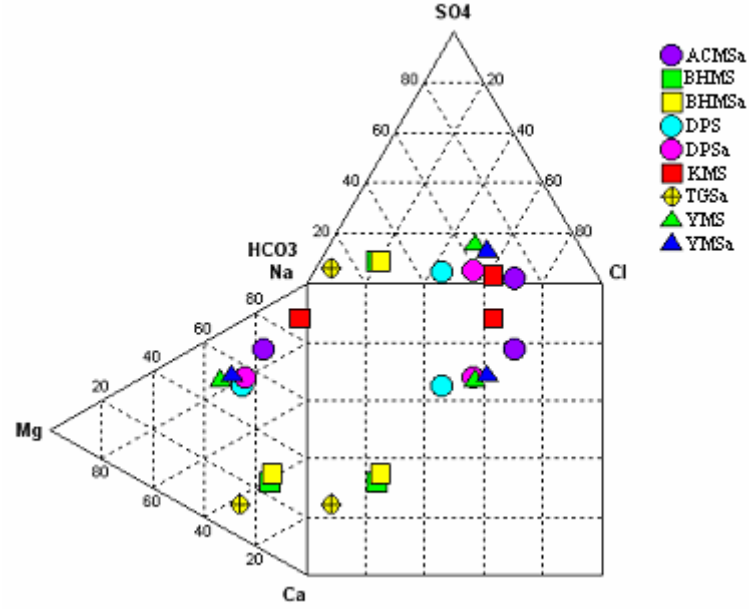
(A)



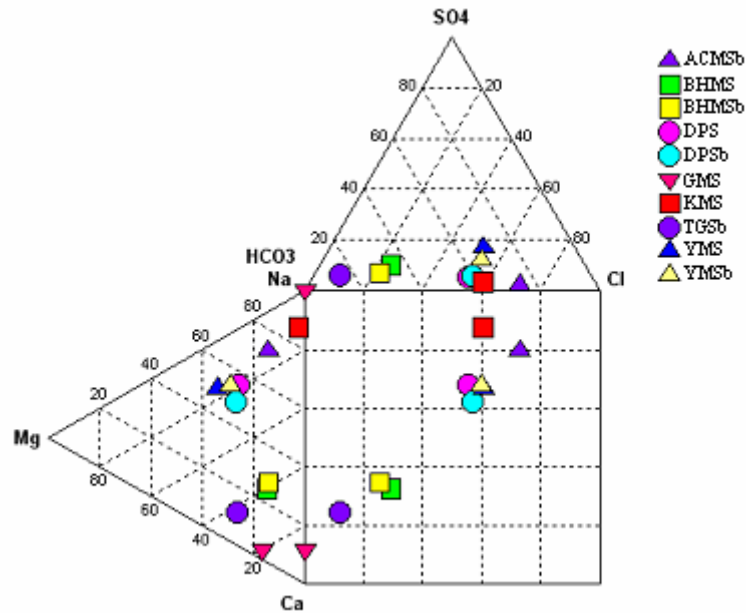
(B)

Şekil 3.2 İncelenen suların Piper diyagramları (A: Mayıs 2005; B: Kasım 2005;) (a: Mayıs 2000; b: Kasım 1999. Ok yönü hidrojeokimyasal gelişim yönünü göstermektedir)

İnceleme alanındaki sıcak, mineralli ve soğuk suların her iki döneme ait su kimyası analizlerine göre, suların katyon ve anyonlarının % meq/l değerleri kullanılarak Aquachem programında çizilen Durov diyagramlarında iki dönemde de sular aynı bölgede yer almış olup, elde edilen sonuçların Piper diyagramlarıyla da uyumludur (Şekil 3.3).



(A)



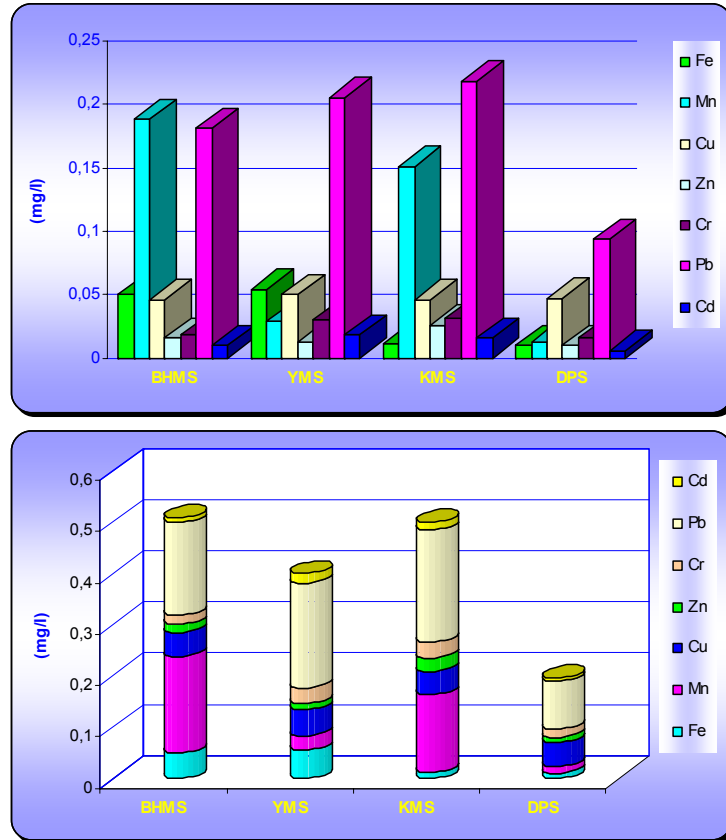
(B)

Şekil 3.3 İncelenen suların Durov diyagramları
(A: Mayıs 2005; B: Kasım 2005; a: Mayıs 2000; b: Kasım 1999)

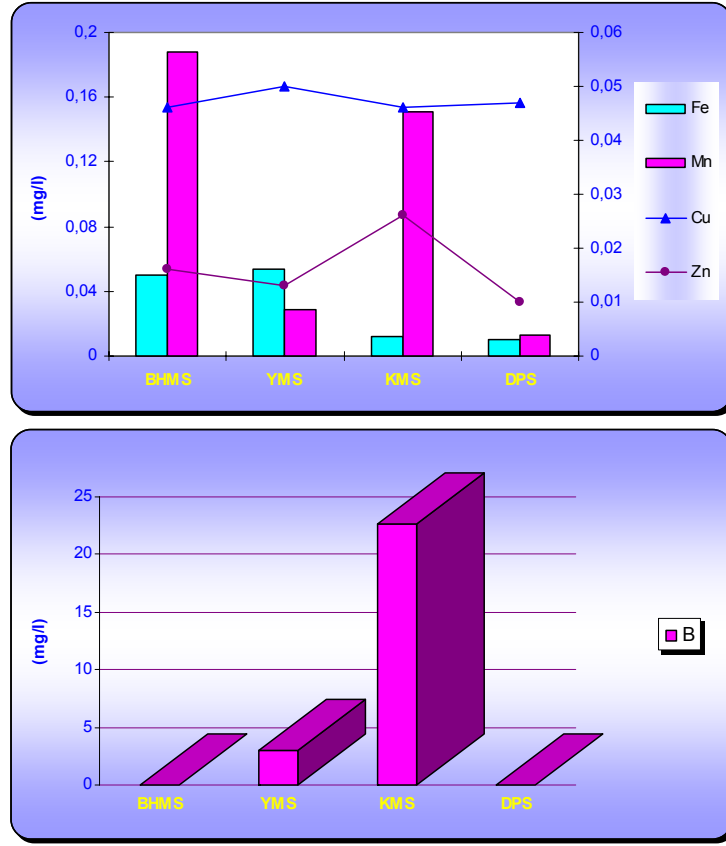
3.2 Suların Metal İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Suların Mayıs 2005 ve Kasım 2005 tarihlerinde yapılan ağır metal ve diğer analiz sonuçlarının değerlendirmeleri grafikler yardımıyla yapılmıştır (Çizelge 3.2 ve Şekil 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10).

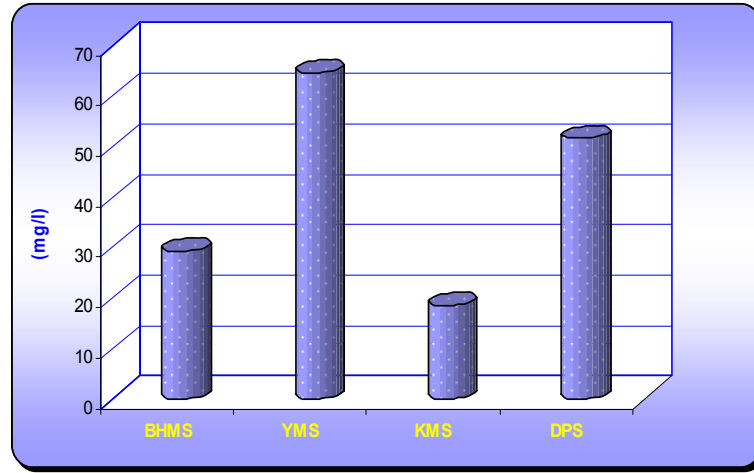
Mayıs (2005) ayı metal analizlerine göre mg/l cinsinden, Fe YMS'de en yüksek, DPS'de en düşük; Mn BHMS'de en yüksek, DPS'de en düşük; Cu DPS'de en yüksek, KMS'de en düşük; Zn KMS'de en yüksek, DPS'de en düşük; Cr KMS'de en yüksek, DPS'de en düşük; Pb KMS'de en yüksek, DPS'de en düşüktür. Ni ve Sr bütün sularda deney aletinin okuma sınırının altındadır. Cd YMS'de en yüksek, DPS'de en düşük; B KMS'de en yüksek, YMS'de en düşüktür. B değeri DPS ve BHMS sularında deney aletinin okuma sınırının altındadır. Si YMS'de en yüksek, KMS'de en düşük değerdedir.



Şekil 3.4 İncelenen sulardaki bazı ağır metallerin değişim grafikleri (Mayıs 2005)



Şekil 3.5 Suların ağır metal ve diğer iyonlarının değişim grafikleri (Mayıs 2005)

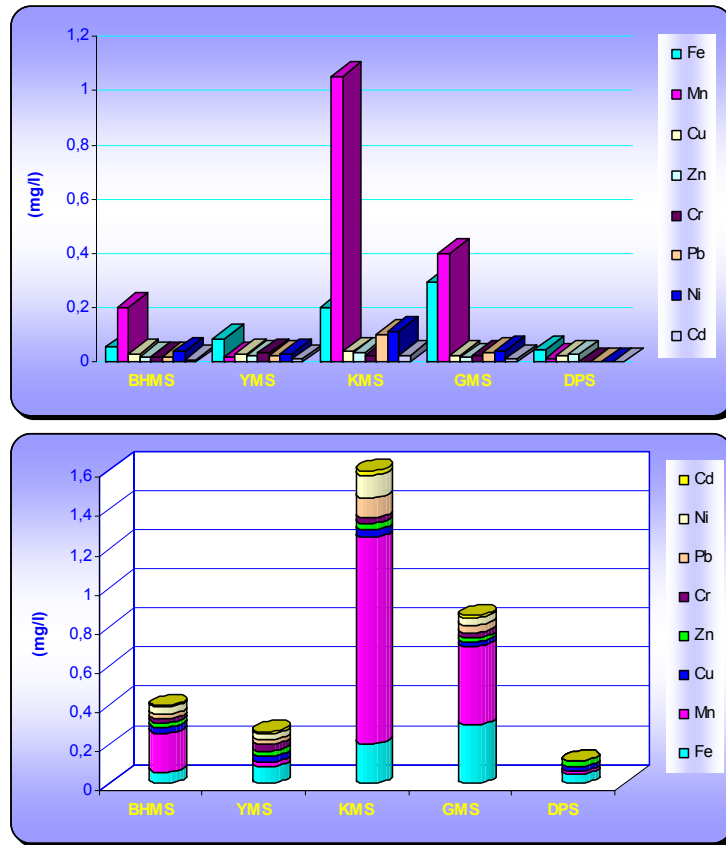


Şekil 3.6 İncelenen sulardaki SiO₂'nin değişim grafiği (Mayıs 2005)

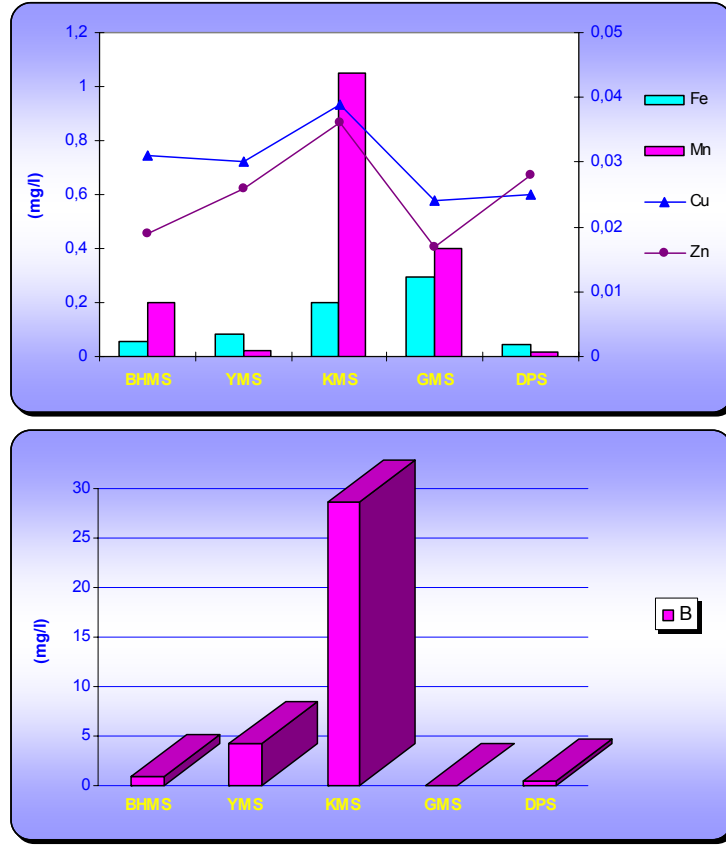
Kasım (2005) ayı metal analizlerine göre Fe GMS'de en yüksek, DPS' de en düşük; Mn KMS'de en yüksek, DPS'de en düşük; Cu KMS'de en yüksek, GMS' de en düşük; Zn KMS'de en yüksek, GMS'de en düşük; Cr YMS'de en yüksek, BHMS'de en düşük, DPS'de ise deney aletinin okuma sınırının altındadır. Ni KMS'de en yüksek, YMS'de en düşük, DPS'de ise deney aletinin okuma sınırı altındadır. Cd, KMS'de en yüksek, BHMS'de en düşük DPS'de ise deney aletinin okuma sınırı altındadır; Sr YMS ve

DPS’de deney aletinin okuma sınırı altında, KMS’de en yüksek, BHMS’de en düşüktür. B KMS’de en yüksek, DPS’de en düşük, GMS’de ise deney aletinin okuma sınırı altındadır. Si GMS’de en yüksek, KMS’de en düşüktür.

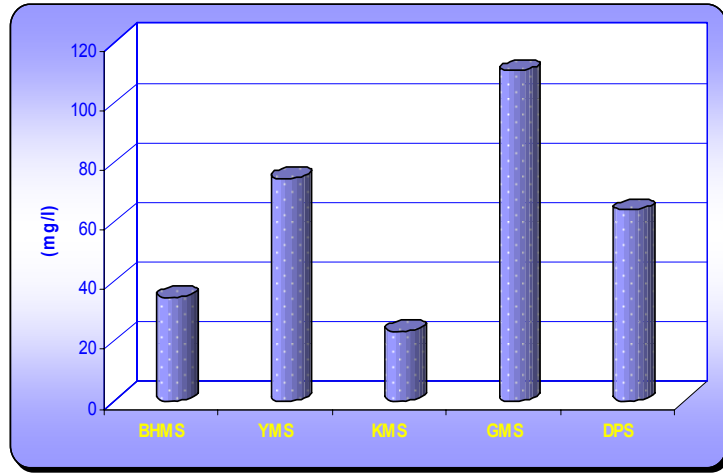
Suların yağışlı ve kurak dönemdeki metal içerikleri dikkate alındığında DPS’nin Fe, Mn, Zn, Cr, Pb, Cd ve B gibi ağır metal içeriğinin en az olduğu görülmektedir. Bunun nedeni DPS’nin sıcaklığının bu metalleri çözüp, bünyesine almaya yeterli olmaması ve kayalarla yeteri kadar temasta bulunamamasıdır. Sıcak sular ise dolaşım sürelerinin daha uzun olması nedeniyle kayalarla daha fazla temasta bulunma imkanına sahiptirler. Ayrıca sıcaklıklarının yüksek olmasından ötürü, bu tür sular soğuk sulara nazaran daha fazla çözücü özelliğe sahiptirler. Özellikle KMS diğer sulara göre daha uzun dolaşım süreli olup, bu nedenle kayalarla temas süresi ve akım yolu boyunca yıkadığı kayalar diğerlerine göre daha fazladır. Buna bağlı olarak KMS’nin metal içeriği diğer sıcak sulara göre daha yüksektir. Si içeriğinin YMS’de en yüksek olmasının nedeni de YMS’ nin dolaşım süresi boyunca bazalt, ignimbirit ve tüflerle temasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.7 İncelenen sulardaki bazı metallerin değişim grafikleri (Kasım 2005)

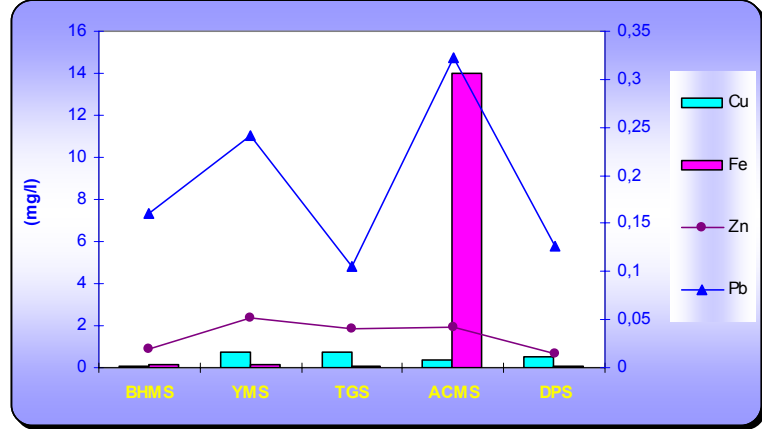
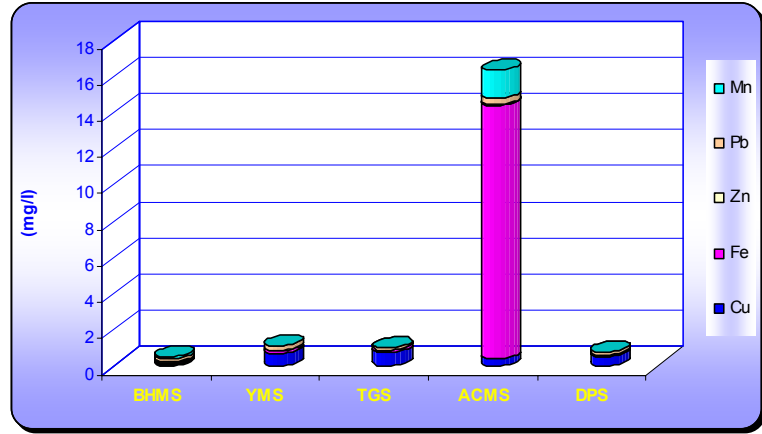
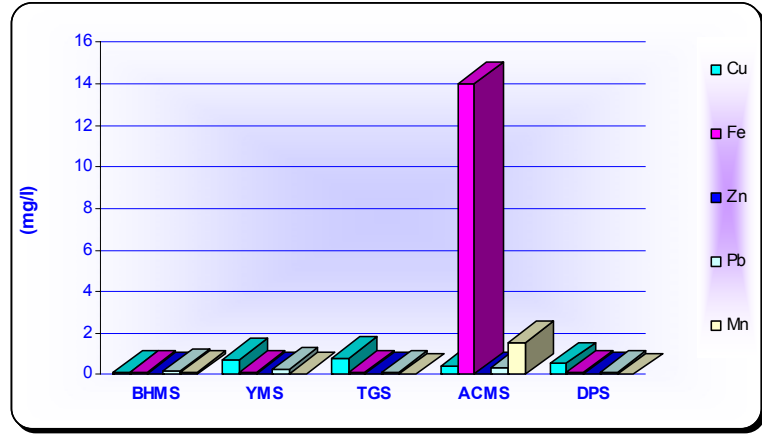


Şekil 3.8 Suların bazı ağır metal iyonlarının değişim grafikleri (Kasım 2005)



Şekil 3.9 İncelenen sulardaki SiO₂'nin değişim grafiği (Kasım 2005)

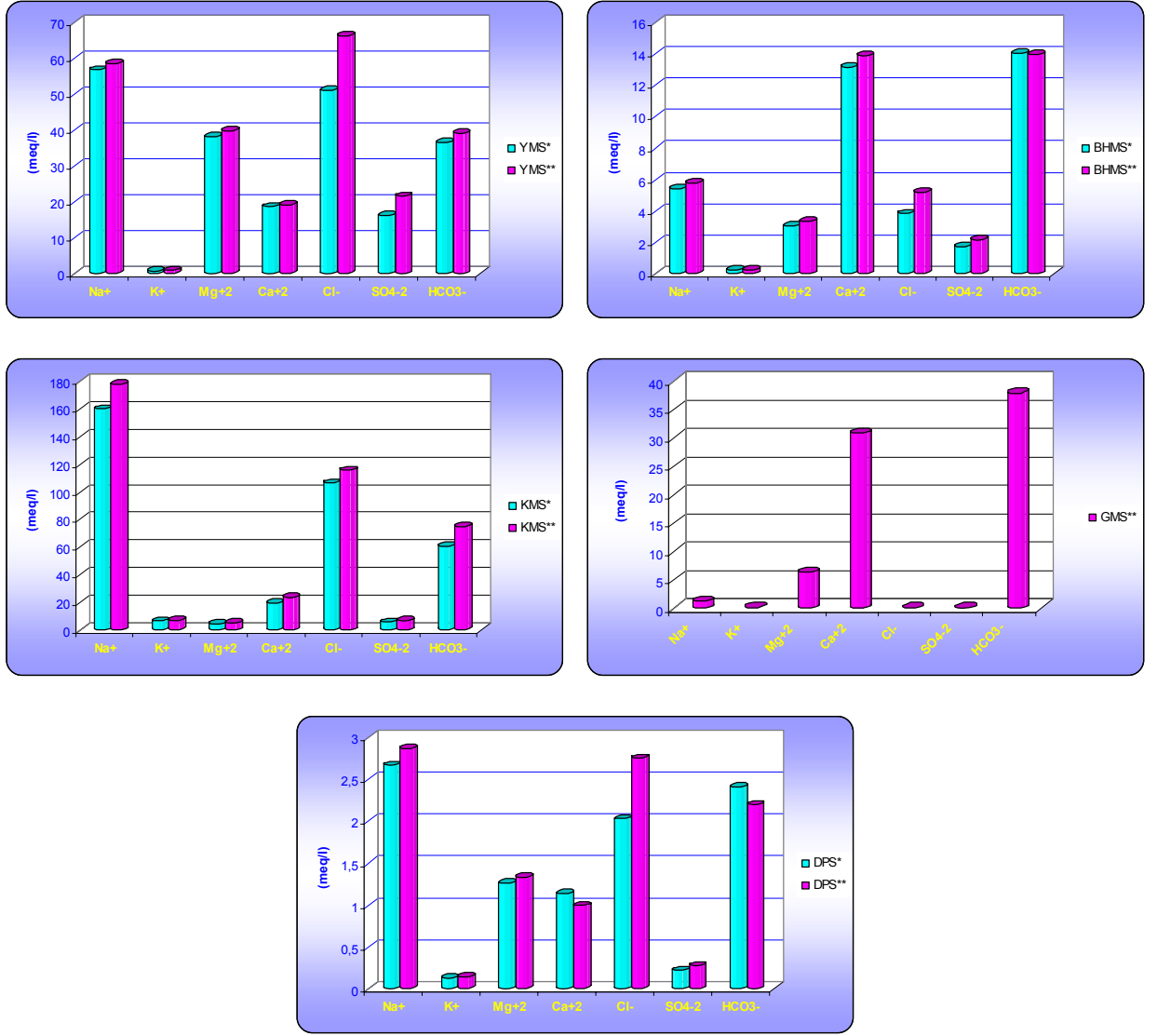
İnceleme alanında [1] tarafından 01.03.1999 tarihinde yapılan örnekleme neticesinde ağır metaller için çizilen grafikte de görüldüğü üzere Fe en yüksek ACMS'de, en düşük TGS'de; Mn en yüksek ACMS'de, en düşük DPS'de; Cu en yüksek TGS'de, en düşük BHMS'de; Zn en yüksek YMS'de, en düşük DPS'de, Pb en yüksek ACMS'de, en düşük TGS'dedir.



Şekil 3.10 İncelenen sulardaki bazı ağır metal iyonlarının değişim grafikleri (Mart 1999)

3.3 Hidrokimyasal Fasiyeler

İnceleme alanında tüm örnekleme dönemlerine ait su kimyası analizlerine bağlı olarak grafikler çizilmiş ve değerlendirilmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Bazı iyonların analiz sonuçlarının grafiklerle gösterimi
(*: Mayıs 2005; **: Kasım 2005)

3.4 Doymuluk İndislerinin Hesaplanması

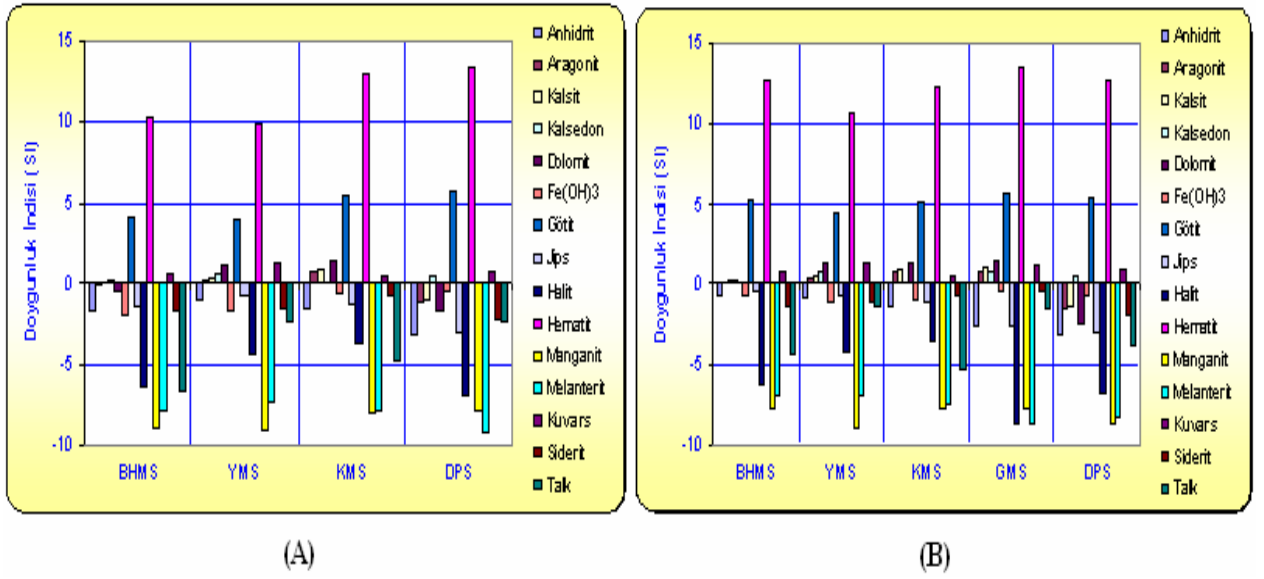
Yeraltı suyu dolaşımı sırasında, akifer sisteminde oluşan kimyasal tepkimeler, hidrojeokimyasal ortam hakkında yorum yapabilme imkânı sağlamaktadır. Bu amaçla yeraltı suyunda çeşitli minerallerin doymuluk durumlarının araştırılması gerekmektedir. Ayrıca suların anhidrit, aragonit, kalsit, kalsedon, dolomit, Fe(OH)₃, götit, jips, halit, hematit, manganit, kuvars, siderit ve talk gibi çökelme ortamlarında bulunabilecek başlıca minerallerin doymuluk durumları grafiksel olarak değerlendirilmiştir (Şekil 3.12). BHMS kaynağı yağışlı dönemde kalsedon, götit, hematit ve kuvarsa doygundur. Kurak dönemde ise aragonit, kalsit, kalsedon, dolomit, götit, hematit ve kuvarsa

doygundur. YMS ve KMS suları her iki dönemde de aragonit, kalsit, kalsedon, dolomit, götit, hematit ve kuvarsa doygundur. DPS soğuk su kaynağı her iki dönemde de kalsedon, götit, hematit ve kuvarsa doygundur.

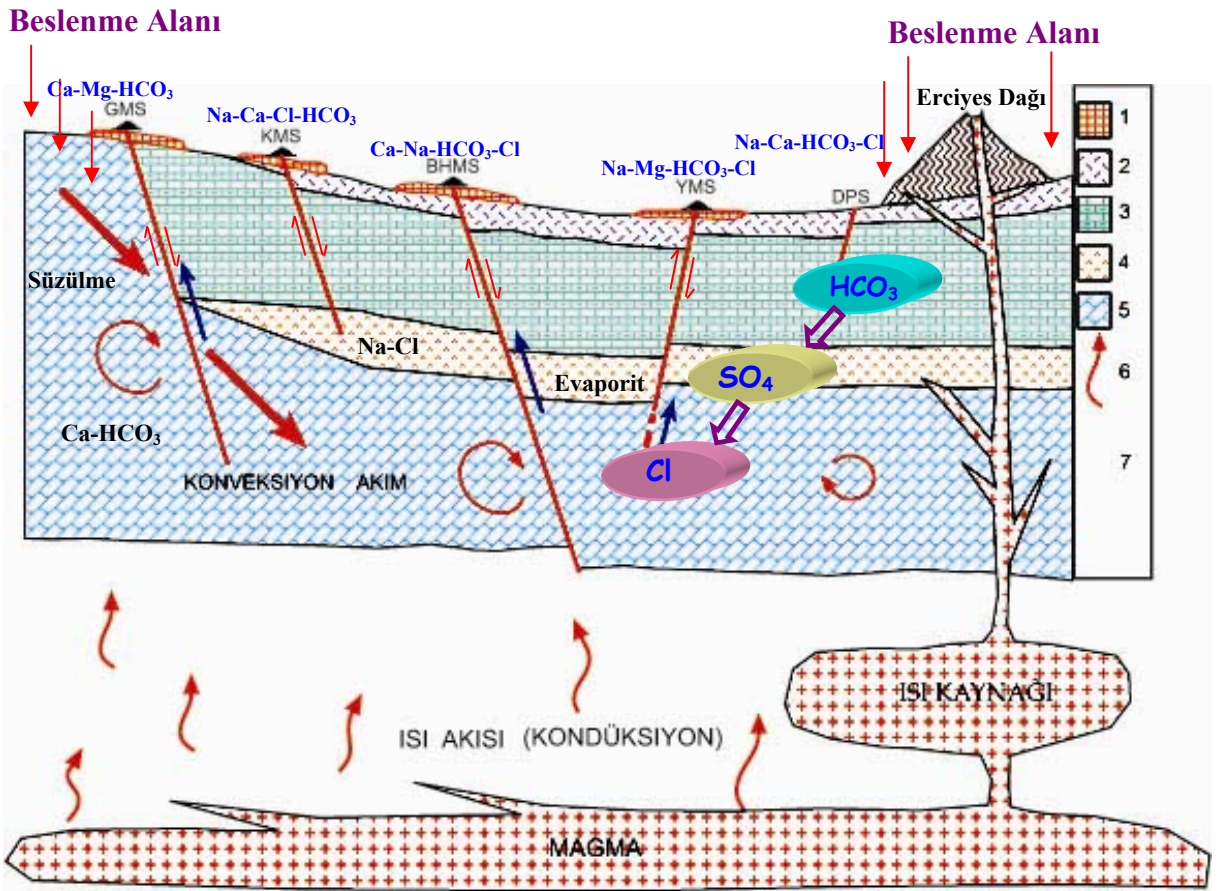
Her iki dönemde de yeraltı su seviyelerindeki değişim ve bunun sonucunda da suların kayalarla olan temas ve etkileşim süreleri de göz önüne alındığında mineral doygunluklarında bazı değişikliklerin olma olasılığı vardır. Çünkü beslenme alanına gelen yağışlar yeraltına süzülürken beraberinde hem atmosferden, hem de süzülme sırasında yıkadıkları kayalardan çözdükleri mineralleri de akifere taşırlar. Bu da suyun mineral içeriğinin artmasına neden olur. Ayrıca akifer sıcaklığının çok fazla olmasa da birkaç derece azalmasına ve akiferin su seviyesinde artışa neden olurlar. Kurak dönemde ise buharlaşma nedeniyle su seviyesindeki azalmaya bağlı olarak bazik karakterde artış gözlenmektedir. Bu da suyun çözünürlüğünün azalmasına neden olacaktır.

Çizelge 3.6 Suların mineral doygunluk değerleri (*: Mayıs 2005, **: Kasım 2005)

Mineraller	BHMS*	YMS*	DPS*	KMS*	BHMS**	YMS**	DPS**	KMS**	GMS**
Anhidrit	-1,62	-0,98	-3,19	-1,47	-0,66	-0,88	-3,15	-1,37	-2,66
Aragonit	-0,14	0,25	-1,08	0,78	0,13	0,36	-1,52	0,75	0,87
Kalsit	0	0,4	-0,94	0,92	0,27	0,52	-1,38	0,89	1,01
Kalsedon	0,19	0,72	0,43	0,01	0,26	0,79	0,52	0,12	0,77
Dolomit	-0,43	1,12	-1,65	1,44	0,09	1,34	-2,44	1,33	1,54
Götit	4,12	3,91	5,66	5,43	5,29	4,37	5,37	5,12	5,68
Jips	-1,43	-0,74	-2,99	-1,28	-0,46	-0,63	-2,95	-1,18	-2,47
Halit	-6,42	-4,34	-6,94	-3,64	-6,29	-4,22	-6,77	-3,57	-8,72
Hematit	10,27	9,78	13,34	12,9	12,61	10,69	12,78	12,28	13,39
Kuvars	0,6	1,18	0,84	0,42	0,68	1,26	0,94	0,53	1,18
Siderit	-1,67	-1,5	-2,2	-0,73	-1,33	-1,21	-1,84	-0,64	-0,42



Şekil 3.12 Suların doygunluk indislerinin değerlendirilmesi
(A:Mayıs 2005, B: Kasım 2005)



Şekil 3.13 İnceleme alanına ait şematik hidrojeolojik model
(1:Traverten, 2: Volkanosedimanter birim, 3: Karbonatlı kayaç, 4: Evaporit, 5: Mermer, 6: Isı akışı yükselimi, 7: Eğim atımlı normal fay)

BÖLÜM IV

İZOTOP HİDROLOJİSİ

İzotoplar, Radyoaktif İzotoplar ve Duraylı (Kararlı) İzotoplar olarak kabaca iki gruba ayrılmaktadır. Radyoaktif izotoplar, radyoaktif bozuşma yoluyla (α -bozuşması, β -bozuşması, nükleer fizyon gibi) başka bir elemente dönüşen izotoplardır. Duraylı izotoplar ise radyoaktif bozuşma göstermeyen izotoplardır.

Akışkanların jeolojik süreçlerinin belirlenmesinde izotoplar iz sürücü parametrelerdir. Jeotermal sistemlerde izotop çalışmaları başlıca üç amaca yönelik olarak kullanılır:

- 1) Jeotermal akışkanların kökenlerinin belirlenmesi
 - a. Akışkanların kaynakları (meteorik, magmatik, metamorfik vb.)
 - b. Akışkan içerisindeki bileşenlerin kaynakları (manto ve kabuk-rezervuarların katkıları)
 - c. Akışkan bileşimini etkileyen fiziko-kimyasal süreçler (kayaç-su etkileşimleri, yoğunlaşma, kaynama, buharlaşma, vb.)
- 2) Jeotermal akışkanın yaşının (beslenme-boşalım veya beslenme-örnekleme arasındaki sürenin) belirlenmesi
- 3) Jeotermometre uygulamaları (rezervuar sıcaklığının belirlenmesi)

Jeotermal akışkanların ya da daha genel bir çerçevede yeraltı sularının yaşı, suların beslenme ve boşalım noktaları veya beslenme ve örnekleme noktaları arasında yeraltında kaldıkları süre olarak tanımlanmaktadır. Bu süreyi belirlemede en yaygın olarak kullanılan izotoplar radyoaktif izotoplardır. Kararlı izotoplar hiçbir sınırlama olmaksızın her ölçekteki çalışmalarda kullanılır. Zaman ölçüsü dikkate alındığında ^3H kısa süreli dolaşımında, ^{14}C ise serbest ve basınçlı akiferlerde kullanılır [27].

Duraylı izotoplardan $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ hidrolojik koşulların belirlenmesinde ve akışkanı etkileyen işlevlerin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır [28].

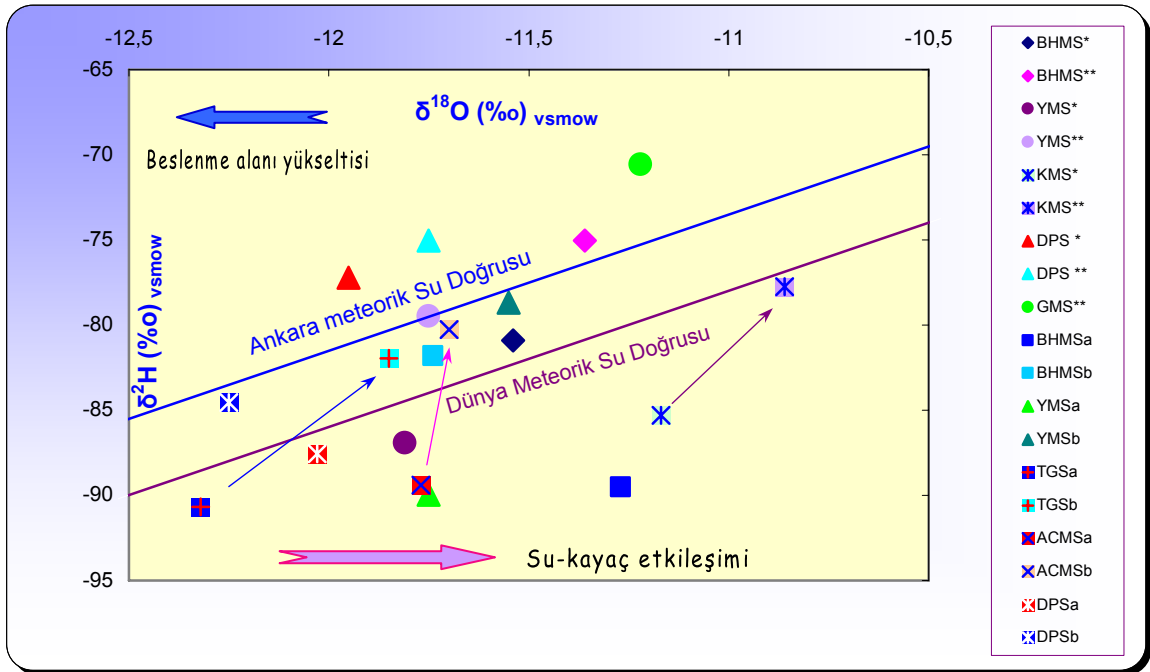
4.1 Suların İzotop Verilerinin Değerlendirilmesi

4.1.1 $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ ilişkisi

BHMS, YMS, KMS ve GMS ile DPS soğuk sularının izotop analiz sonuçları ile birlikte inceleme alanında daha önceden [1] tarafından yapılan çalışmadaki izotop analiz sonuçları Çizelge 4.1'de, $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ ilişkisi ise Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 İnceleme alanındaki suların izotop analiz sonuçları (*: Mayıs 2005, **: Kasım 2005, b: Kasım 1999; a: Mayıs 2000) (kısaltmalar Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.3'deki gibidir).

Örneğin Adı	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	^3H (TU)	Örneğin Adı	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	^3H (TU)
BHMS*	-11,54	-80,90	-0,15	BHMSa	-11,27	-89,5	1,8
BHMS**	-11,36	-75,04	0,49	BHMSb	-11,74	-81,81	-
YMS*	-11,81	-86,92	1,3	YMSa	-11,75	-89,96	3,8
YMS**	-11,75	-79,49	1,58	YMSb	-11,55	-78,69	5
KMS*	-11,17	-85,30	0,99	TGSa	-12,32	-90,69	4,2
KMS**	-10,86	-77,75	0,15	TGSb	-11,85	-81,94	4,4
DPS*	-11,95	-77,21	0,3	ACMSa	-11,77	-89,39	3,65
DPS**	-11,75	-75,03	0,53	ACMSb	-11,7	-80,26	6,4
GMS**	-11,22	-70,56	0,07	DPSa	-12,03	-87,55	4,95
				DPSb	-12,25	-84,54	7,15



Şekil 4.1 İncelenen suların $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ diyagramı
(*: Mayıs 2005; **: Kasım 2005; a: Mayıs 2000; b: Kasım 1999)
(Ok yönleri kurak dönemde suların $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ değerlerindeki sapmayı göstermektedir.)

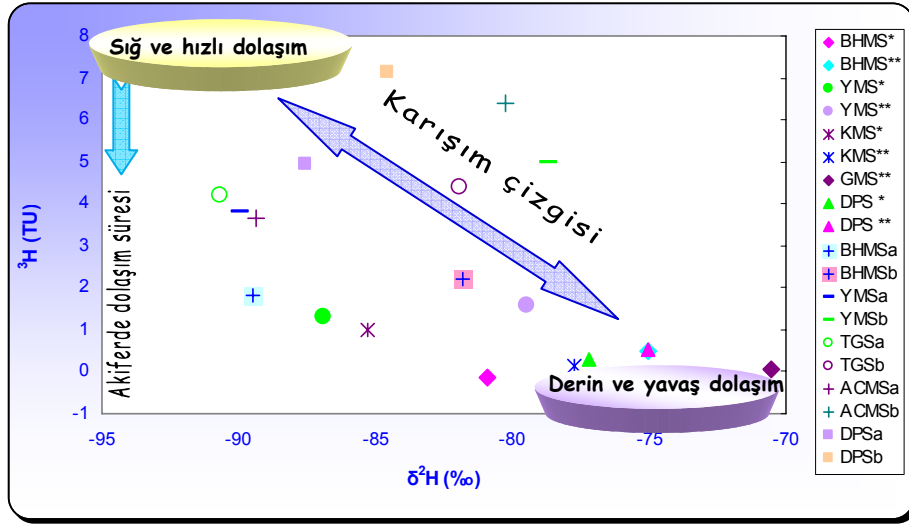
Her iki döneme ait $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ izotop değerlerine bağlı olarak çizilen grafikte inceleme alanında [1]'e ait $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ izotop değerleri de kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır. Şekilde görüldüğü üzere suların kurak ve yağışlı dönemde Ankara ve Dünya meteorik su doğrularına göre konumlarında sapma gözlenmektedir. Bunun nedeni, DPS, TGS, KMS ve BHMS sularında buharlaşmadır. Kasım ayında $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ izotop değerleri azalmıştır. ACMS ve YMS sularındaki sapmaya ise hidrojen sülfür değişimi neden olmaktadır. Bu suların $\delta^2\text{H}$ değerlerinde kurak dönemde $\delta^{18}\text{O}$ 'e göre daha fazla azalma gerçekleşmiştir.

İnceleme alanında daha önceden yapılan çalışmalardaki [1] BHMS, diğer sulara göre farklı yönde sapma göstermektedir. Bunun nedeni ise silikat hidrasyonu olabilir.

4.1.2 $\delta^2\text{H}$ - ^3H ilişkisi

$\delta^2\text{H}$ - ^3H grafiği kaynak sularının beslenme yükselteleri ile akifer içinde kalış süreleri arasındaki ilişkiyi yansıtır. Grafiğin yatay eksenini ($\delta^2\text{H}$) boyunca başlangıca yaklaştıkça beslenme alanı yükseltisi, düşey eksenini (^3H) boyunca başlangıca yaklaştıkça akiferde kalış süresi artmaktadır (Şekil 4.2). Buna göre, Dokuzpınar soğuk suyu sığ ve hızlı dolaşımına olması itibarıyla diğer suların çok açık bir şekilde ayrılmaktadır. Aynı şekilde Bayramhacı sıcak ve mineralli suyu da daha derin ve yavaş dolaşıma sahip olmasına bağlı olarak diğer suların ayrılmaktadır. Bu nedenle bu iki su uç sular olarak düşünüldüğünde diğer su karışım suyu olarak değerlendirilebilir.

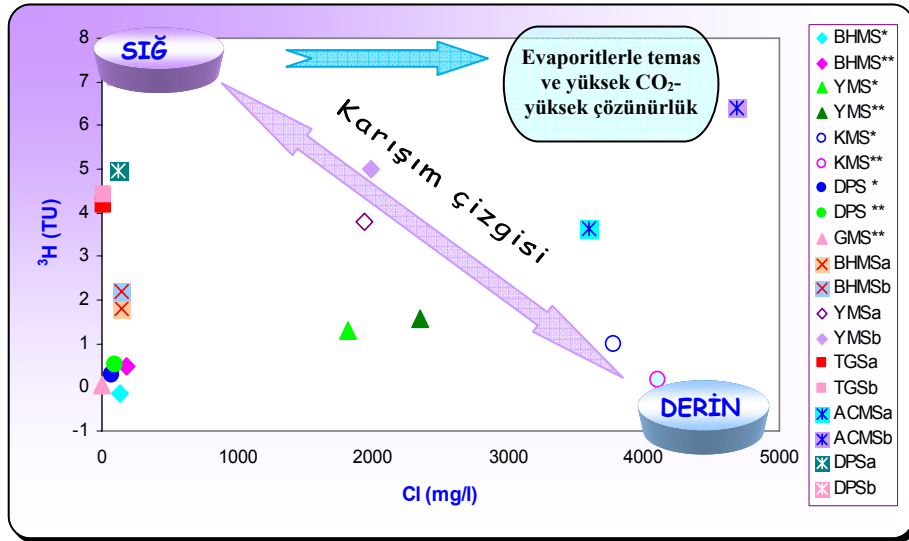
DPS inceleme alanındaki diğer sulara göre en genç su konumundadır. Bu nedenle bu suyun trityum içeriğinin diğer suların çok yüksek olması gerekirdi. Ancak beklenenin aksine trityum içeriği diğer sulara yakın çıkmıştır. Bunun nedeni DPS'ye yeraltı suyu akış sistemi içerisinde daha yaşlı suların karışmış olma olasılığıdır.



Şekil 4.2 İncelenen suların $\delta^2\text{H}$ - ^3H diyagramı
(*: Mayıs 2005; **: Kasım 2005; a: Mayıs 2000; b: Kasım 1999)

4.1.3 ^3H -Cl İlişkisi

^3H -Cl diyagramında genel olarak sıcak ve mineralli sular yüksek Cl, düşük ^3H içeriğine; soğuk sular ise düşük Cl, yüksek ^3H içeriğine sahiptirler (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 İncelenen suların ^3H -Cl diyagramı
(*: Mayıs 2005; **: Kasım 2005; a: Mayıs 2000; b: Kasım 1999)

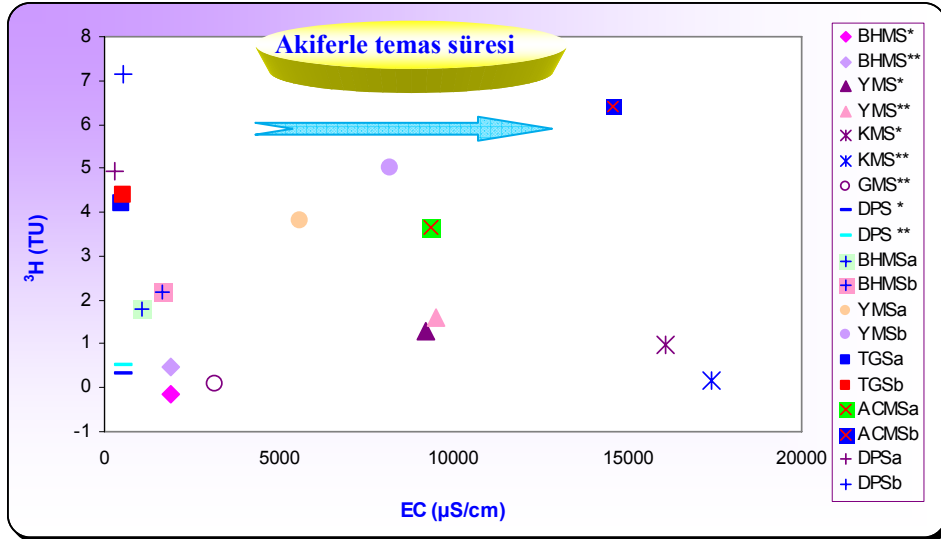
Suların TU ve Cl içeriklerine göre sular sıcaklıklarına ve dolaşım sürelerine bağlı olarak farklı yerlerde konumlanmışlardır. KMS ve ACMS sularının evaporitlerle teması ve CO_2 içeriği bakımından hayli zengin olması nedeniyle Cl içerikleri yüksektir. DPS soğuk suyu yüksek TU içeriği ile, BHMS ise düşük TU içeriği ile uç sular olarak grafik üzerinde konumlanmaktadır.

Çizelge 4.2 İnceleme alanındaki suların serbest CO₂ (mg/l) değerleri

Mayıs 2005	BHMS	YMS	KMS
CO ₂ (mg/l)	140	360	590

4.1.4 ³H-EC ilişkisi

Örneklerin ³H-EC ilişkileri Şekil 4.4’de gösterilmiştir. Buna göre DPS sıcaklığının düşük olması ile birlikte sığ ve hızlı dolaşıma sahip olmasından dolayı düşük çözünürlüğe sahiptir. Kayaçlarla etkileşimi sırasında çözün bünyesine katabileceği iyon ve mineraller diğer sulara göre daha azdır. Bu sebeple de EC (µS/cm) değerleri en düşük sular olarak grafik üzerinde diğer sulardan ayrılmaktadırlar. KMS ise, evaporitlerle teması sırasında yüksek CO₂ içeriğine bağlı olarak yüksek çözünürlüğe erişen ve en yüksek EC değerine sahip olan sudur. EC değerleri boyunca en düşük değerden en yüksek değere doğru gidildikçe suların da aynı şekilde en kısa dolaşımli olan sudan, en uzun dolaşımli suya doğru bir dizilimli oldukları gözlenmiştir. Kurak ve yağışlı dönem sonuçlarına göre suların konumlarında çok büyük bir değişim saptanmamıştır. [1]’in verilerinde YMS ve ACMS sularında kurak dönemde sapma görülmüştür.



Şekil 4.4 ³H-EC ilişkisi
(*: Mayıs 2005; **: Kasım 2005; a: Mayıs 2000; b: Kasım 1999)

4.1.5 $\delta^{13}\text{C}$ - ^{14}C ilişkisi

Analiz sonuçlarına göre $\delta^{13}\text{C}$ (‰PDB), DPS’de 0.2; BHMS, YMS, KMS ve GMS’de ise sırasıyla 4.3, 6.1, 8.4 ve 9.5 olarak saptanmıştır. Bu sonuçlar sulardaki CO_2 ’in kökeninin metamorfik olduğuna işaret etmektedir (Çizelge 4.3, Şekil 4.5). Soğuk sularda $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin düşük olması bunlara metamorfik CO_2 ’in yanı sıra güncel CO_2 girişlerinin de olabileceğini göstermektedir.

Çizelge 4.3 İnceleme alanındaki suların $\delta^{13}\text{C}$, ^{14}C ve $\delta^{34}\text{S}$ analiz sonuçları.

Örnek/Sıc. (°C)	$\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}}$	^{14}C yaş, düzeltilmiş (x1000 yıl) ± hata		^{14}C (pmC, düzeltilmiş) ± hata		$\delta^{34}\text{S}_{\text{VCDT}}$ (‰)	SO_4 (mg/l)
BHMS (42,2°C)	4,3	30,3	210	2,31	0,06	15,2	105,14
YMS (14,4°C)	6,1	36,4	280	1,08	0,04	5,5	1037,88
DPS (12,5 °C)	0,2	13,89	80	17,77	0,18	b	13,24
GMS (17,5°C)	9,5	42,55	530	0,50	0,03	20,9	5,64

b: Belirlenmedi; PDB: Pee Dee Belemnite; CDT: Canon Diablo Troilite)

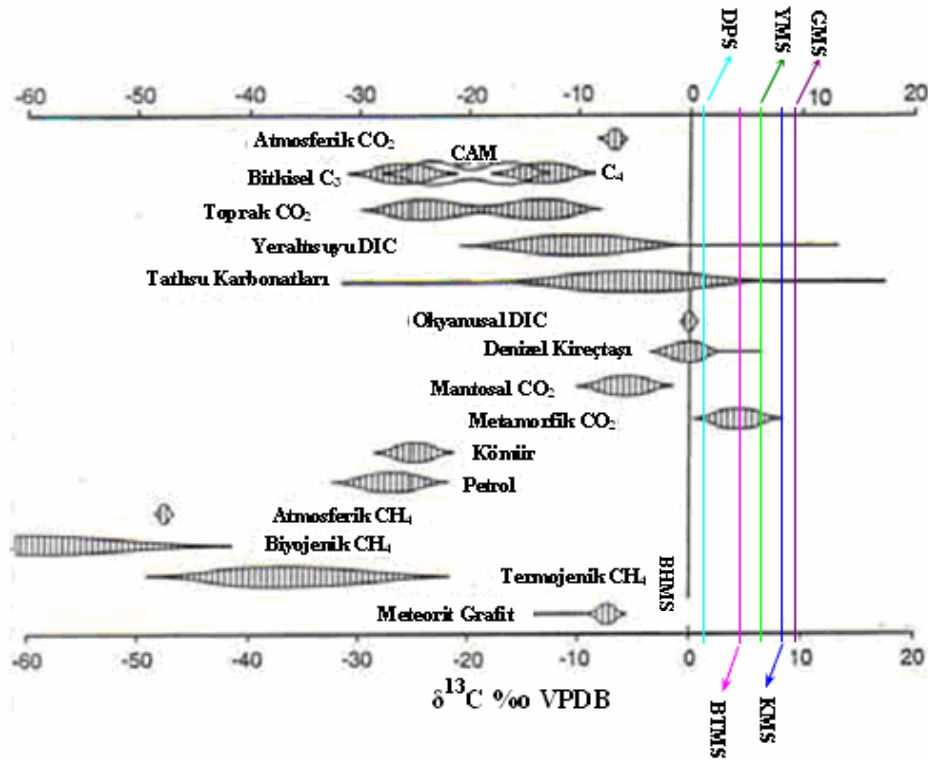
^{14}C yaşlandırmalarında Libby yarılanma ömrü olan 5570 yıl esas alınmış, suların yaşları 1950 sonrasına ait olarak yorumlanmıştır [29]. Düzeltilmiş ^{14}C ile $\delta^{13}\text{C}$ ve modern karbon girdisi ^{14}C (pmC) ile $\delta^{13}\text{C}$ arasındaki korelasyon katsayılarının (r^2) sırasıyla 0.56 ve 0.66 olması düşük derecede de olsa söz konusu suların bu izotop değerlerinin kısmen uyumlu olduğunu göstergesidir (Şekil 4.7).

^{14}C yaşlarının (x1000 yıl) olmak üzere 13,89 ile 47,67 şeklinde DPS’den KMS’ye doğru (DPS<BHMS<YMS<GMS<KMS), modern karbon (pmC) değerlerinin ise 0,27 ile 17,77 arasında KMS’den DPS’ye doğru (KMS<GMS<YMS<BHMS<DPS) artmış olmaları, suların DPS’den KMS’ye sığdan derine doğru bir dolaşıma sahip olduklarının işaretçisidir. ^{14}C (pmC) değerleri sığ dolaşımli genç sularda yüksek, derin dolaşımli yaşlı sularda ise düşüktür.

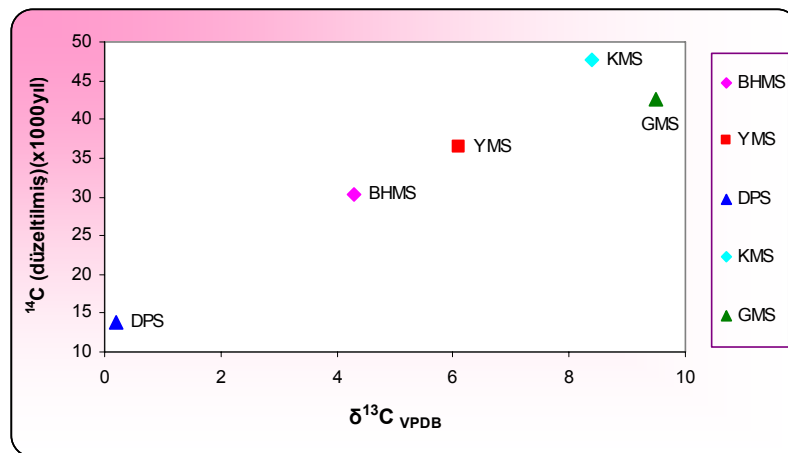
Prof. Kenji Notsu (Tokyo Üniversitesi) ile yapılan yazılı görüşmede suların görünür yaşlarında, toplam çözünmüş karbonat veya bikarbonatlardaki modern biyojenik karbonun katkısının olduğu sonucuna varılmıştır. Çözünmüş karbonların çoğu ^{14}C

içermeyen yaşlı kayalardan türemektedir.

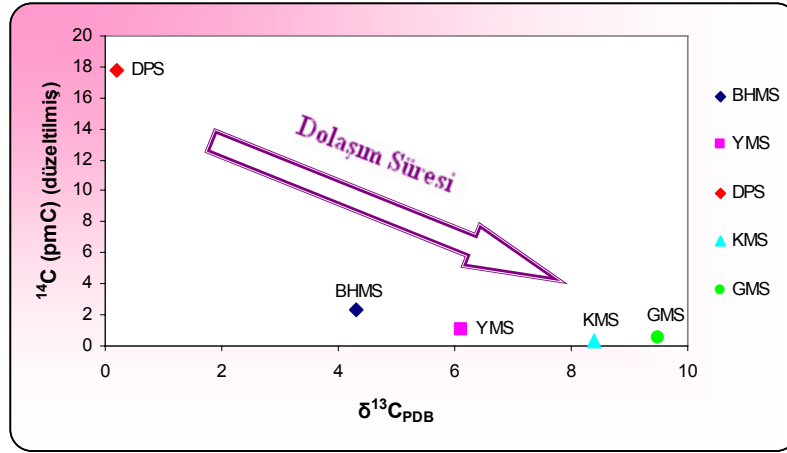
$\delta^{13}\text{C}$ içeriklerine göre tüm sular tatlısu karbonatları ve yeraltındaki dolaşımını esnasında bünyelerine kattıkları serbest karbon içerikleri ile $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinde artışa sebep olmuşlardır (Şekil 4.5). Ayrıca YMS ve BHMS sularında $\delta^{13}\text{C}$ 'e metamorfik CO_2 ve denizel kireçtaşları da katkı sağlamıştır.



Şekil 4.5 Doğal karbon bileşiklerinin kökenlerine bağlı sularındaki $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin [30]'a göre konumu



Şekil 4.6 İnceleme alanındaki sulara ^{14}C ve $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ değişimleri

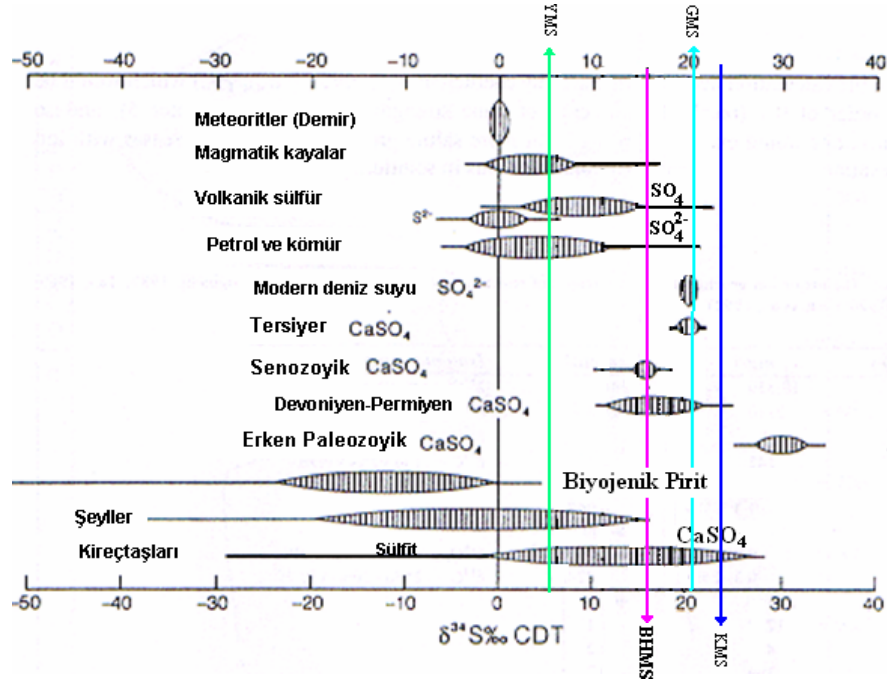


Şekil 4.7 İnceleme alanındaki sularda ^{14}C (yüzde modern karbon) ve $\delta^{13}C_{PDB}$ değişimleri

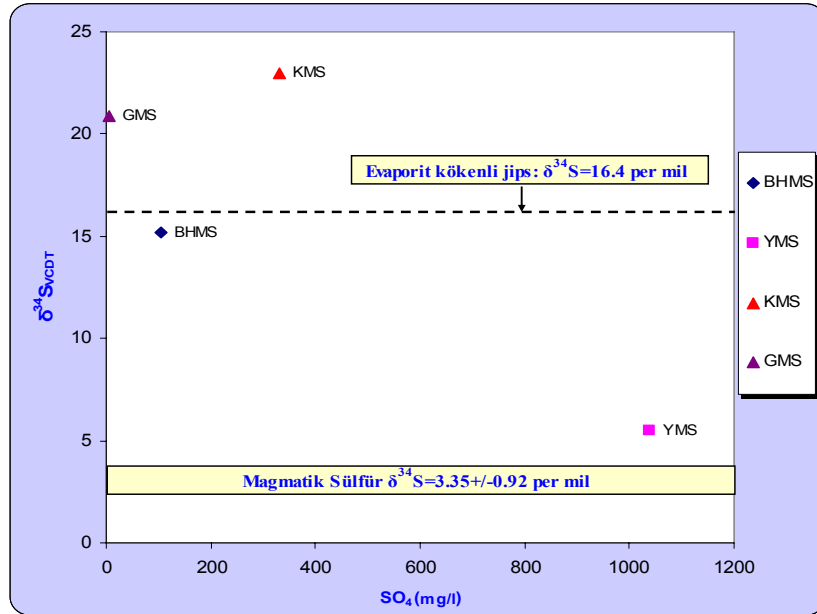
4.1.6 $\delta^{34}S$ - SO_4 ilişkisi

Yerkabuğunda kükürdün bulunuş şekli çözülmüş sülfat, çözülmüş sülfid, hidrojen sülfid, sülfat ve sülfid mineralleri şeklindedir. Atmosferik kükürt ise doğal ve endüstriyel SO_2 ve denizel aerosolü içerir. Kükürtün değişik ortamlardaki dolaşımı kükürt çevrimini oluşturur. Yüzeysel sularındaki çözülmüş kükürt kaynakları denizel aerosol, yağış, topraklardaki ve evaporitlerdeki sülfatın çözünmesi, jeolojik devirlerdeki eski kayaların yeraltı suyu tarafından çözünmesi, sülfid mineralleri ile organik kükürtün oksidasyonu ve gaz fazındaki kükürt oksid ile fosil yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan kükürdün çözünmesidir [30,31].

$\delta^{34}S$ ‰_{VCDT} değerleri YMS’de en düşük (5,5), KMS’de ise kireçtaşları aracılığı ile gelen $CaSO_4$ ve evaporitlerle temasa bağlı olarak en yüksektir (23,0). Kükürt içeriği yüksek olan kaynak alanlarında kükürt çürük yumurta kokusu alınmaktadır. SO_4 miktarları (mg/l) GMS’de en düşük (5,64), YMS’de ise en yüksektir (1037,88). YMS’de sülfatın kaynağını magmatik kayalar, volkanik sülfür, şeyl ve kireçtaşları oluşturur. YMS ve KMS’nin yüksek sülfat içeriği dolaşım sürelerinin diğer kaynaklara göre daha fazla olması ve evaporitlerle temaslarının sonucudur (Çizelge 4.3; Şekil 4.8, Şekil 4.9). BHMS’de $\delta^{34}S$ ‰_{VCDT} ve SO_4 kaynağın beslenme alanındaki metamorfik kayalar ile volkanik birimler ve kireçtaşlarından gelmektedir.



Şekil 4.8 İnceleme alanındaki sulara ait $\delta^{34}\text{S}$ grafiği [30]



Şekil 4.9 İnceleme alanındaki sulara ait $\delta^{34}\text{S}$ - SO_4 grafiği [32,33,34]

4.2 Jeotermometre Uygulamaları

Jeotermometrelerin genel amacı yeraltındaki akışkan sıcaklığının ya da hazne kaya sıcaklığının tahmin edilmesidir. Jeotermal kaynaklar yüzeye çıkarken derinlerdeki sıcaklıklarını muhafaza edemezler. Derinlere yapılacak olan sondajlar oldukça yüksek maliyete ve zamana gereksinim göstermektedir. Bu nedenle suların kullanım alanlarının

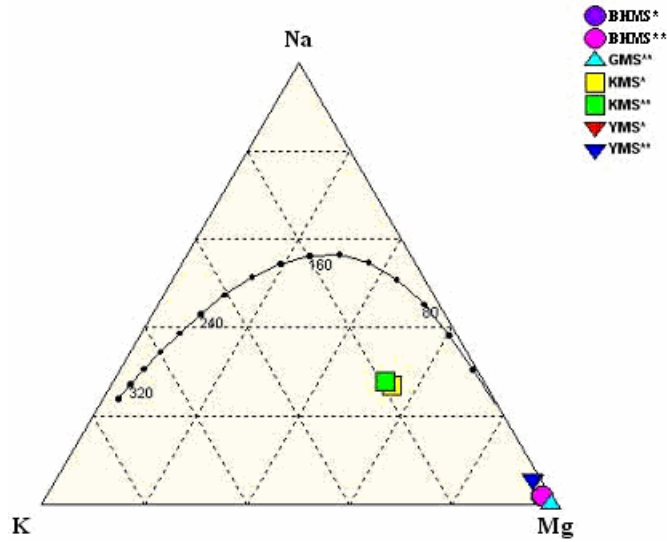
saptanabilmesi için yapılacak derin sondajlardan önce uygulanacak çeşitli jeotermometre yöntemleri ile haznedeki sıcaklıklarının tahmin edilmesi yapılan jeotermal araştırmaların önemli bir parçasını oluşturur [35].

Hazne kaya 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.

İnceleme alanında yer alan sıcak ve mineralli suların, hazne kaya sıcaklıkları uygun jeotermometreler kullanılarak hesaplanmıştır.

4.2.1 Katyon Jeotermometreleri

Katyon jeotermometreleri, iyon değişimine dayalı olup, bunların uygulanabilmesi için bazı şartlar aranır. Bunlardan en önemlisi [28] tarafından önerilmiş olan Na-K-Mg üçgen diyagramıdır. Bu diyagramda, olgun (denge durumunda olan) sular bölümünde yer alan suların analizleri katyon jeotermometresi olarak kullanılabilir. Diğer bölgelerde ise katyon jeotermometresinin kullanılması yanlış sonuçlar verebilir. İnceleme alanındaki sular Na-K-Mg üçgen diyagramında denge durumandan oldukça uzak, olgun olmayan sular grubuna girmektedir (Şekil 4.10). Bu nedenle bu suların hazne kaya sıcaklıklarının hesaplanmasında, katyon jeotermometrelerinin kullanılması hatalı sonuçlar verebilir.



Şekil 4.10 Suların [30] diyagramı üzerindeki dağılımı (*: Mayıs 2005, **: Kasım 2005)

4.2.2 SiO₂ jeotermometresi

SiO₂ jeotermometreleri mineral çözünürlüğüne dayalı bir jeotermometredir. SiO₂'nin çözünürlüğü diğer mineraller gibi sıcaklık ve basınçla değişmektedir. Bu jeotermometrelerin esası bu temel bağıntıya dayanmaktadır. Silis jeotermometre bağıntıları, kimyasal tepkimeyi etkileyen hazne kaya sıcaklığına veya sıcak suyun yükselirken soğumasına bağlı olarak hazırlanmıştır [37].

Kuvars jeotermometreleri çok yüksek sıcaklıklı sulara daha doğru sonuçlar vermektedir. İnceleme alanındaki suların sıcaklıkları çok yüksek olmasa da SiO₂ jeotermometre yöntemi uygulanarak sonuçları Çizelge 4.4'de verilmiştir. Buna göre yağışlı dönemde kuvars jeotermometresine göre hesaplanan hazne kaya sıcaklıkları KMS ve BHMS için sırasıyla 60-78 °C olup, kurak dönemde ise BHMS için 85 °C'dir.

Çizelge 4.4 İncelenen sıcak ve mineralli suların hesaplanan tahmini rezervuar sıcaklıkları (°C) (*: Mayıs 2005, **: Kasım 2005) (kısaltmalar Çizelge 3.1'deki gibidir)

	Örnek Adı	BHMS*	KMS*	BHMS**
	Ölçülen T (°C)	43,4	16,9	42.2
Jeotermometreler	Kristobalit alfa (a)	28.69	11.42	35.49
	Kalsedon(b)	47.04	28.25	54.46
	Kuvars(c)	78.44	60.43	85.48
	K/Mg (d)	52.97	131.29	51.37
	Li/Mg (e)	35,84	141,63	40.46

Jeotermometre referansları: a,b,c,. [38], d. [39], e. [40]

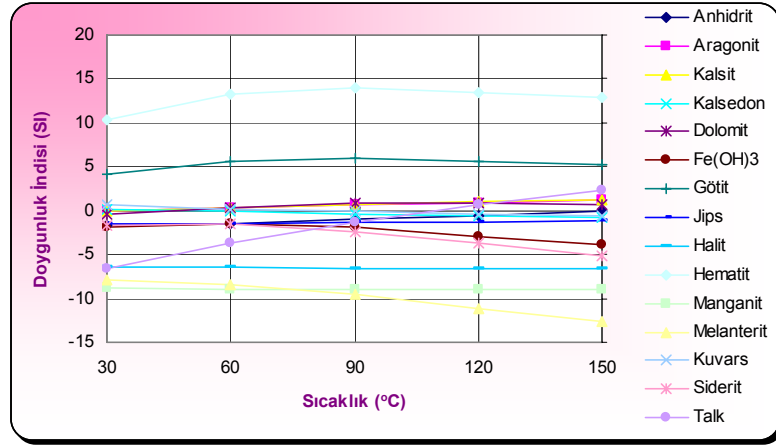
4.2.3 Mineral Denge-Sıcaklık Diyagramı Jeotermometresi

[41]'in jeotermal alanlardaki hazne kaya sıcaklığının tahmin edilmesi için önermiş olduğu bu yöntem sıcaklıkla mineral doygunluklarının değişimi esasına dayalıdır. Gerçekte bilinmektedir ki, minerallerin denge sabitleri hem sıcaklıkla hem de basınçla ilişkilidir. Ancak [42]'nin belirttiği gibi alterasyon minerallerinin denge sabitlerinin değişiminde basıncın etkisi (0-200 bar arası) oldukça sınırlıdır. Bu gerçekten yola çıkılarak her bir su için sıcaklığın bir fonksiyonu olan pek çok hidrotermal mineral ile denge durumları arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi ile oluşturulan sıcaklık-mineral denge diyagramı geliştirilmiştir [41,35].

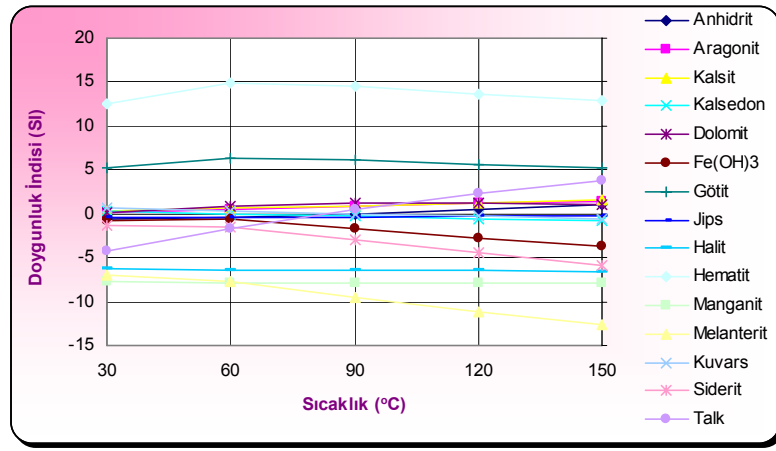
BHMS'ye ait sıcaklık-mineral denge diyagramları Şekil 4.11'de; hesaplanan tahmini hazne kaya sıcaklıkları ise Çizelge 4.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 BHMS'nin mineral denge-sıcaklık diyagramı jeotermometresi ile hesaplanan tahmini hazne kaya sıcaklıkları (°C) (kısaltmalar Çizelge 3.1'deki gibidir)

<i>Ölçüm Yeri</i>	<i>Ölçülen (°C)</i>		<i>Minimum</i>		<i>Maksimum</i>	
	<i>Mayıs</i>	<i>Kasım</i>	<i>Mayıs</i>	<i>Kasım</i>	<i>Mayıs</i>	<i>Kasım</i>
BHMS	43,4	42,2	45	45	70	70



(A)



(B)

Şekil 4.11 Bayramhacı sıcak ve minerali su kaynağının A: Mayıs 2005, B: Kasım 2005 sıcaklık-mineral denge diyagramlarının gösterimi [41]

4.2.4 Karışım oranları

Hidrojeoloji çalışmalarında karışım oranları hesaplanırken fiziksel ya da kimyasal değişiklik göstermeyen parametrelerden yararlanır. Karışım miktarı hesaplamalarında hidrojeokimyasal olarak karışımı sağlayan uç bileşenlerin miktarlarının bilinmesi gerekmektedir. Karışım sularının oranlarını belirlemek için hidrojeokimyasal verilerin eksik olduğu ya da daha pratik ve çabuk çözümler gerektiğinde kullanılabilir bir diğer parametre suyun elektriksel iletkenliğidir.

Suların sıcaklıklarına bağlı olarak karışım oranlarının belirlenmesinde [37] tarafından önerilen eşitlikten yararlanılmaktadır:

$$X = (H_m - H_c) / (H_h - H_c)$$

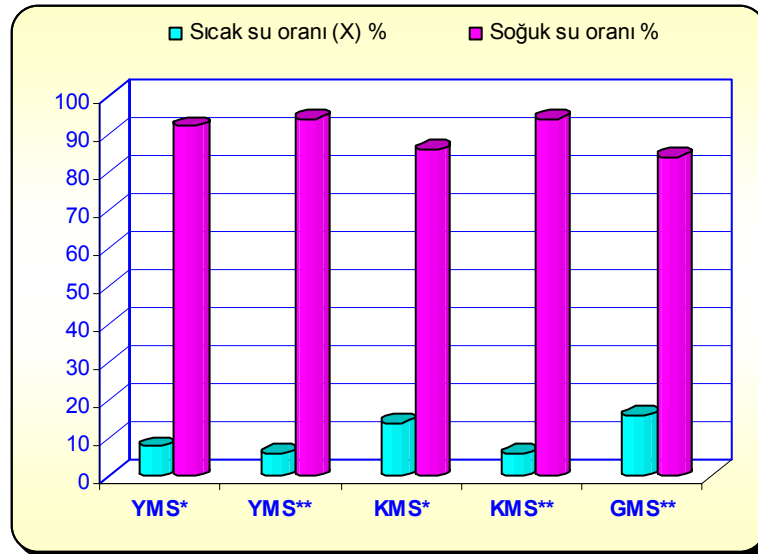
X= Sıcak suyun oranı, H_m=Karışım suyunun entalpisi,

H_c= Soğuk suyun entalpisi (DPS), H_h= Sıcak suyun entalpisi (BHMS)

İncelenen suların karışım oranları Çizelge 4.6 ve Şekil 4.12’de verilmiştir. Buna göre YMS, KMS ve GMS sularının yağışlı dönem için sıcak su karışım oranları (%) sırasıyla 8, 14, 16; kurak dönemde ise 6, 6 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.6 Karışım oranları (*: Mayıs 2005, **: Kasım 2005) (kısaltmalar Çizelge 3.1’deki gibidir)

	Sıcak su oranı (X) %	Soğuk su oranı %
<i>YMS*</i>	8	92
<i>YMS**</i>	6	94
<i>KMS*</i>	14	86
<i>KMS**</i>	6	94
<i>GMS**</i>	16	84



Şekil 4.12 İncelenen suların karışım oranları (*: Mayıs 2005, **: Kasım 2005)

BÖLÜM V

TRAVERTENLER

5.1 Travertenin Tanımı, Traverten ve Tufa Çökeliimi

Latince “tibürtino” ile İtalyanca “travertino” dan türemiş bir terim olan traverten, İtalya’daki Tivoli yakınında yer alan tatlı su karbonatlarına verilen isimdir [43]. Günümüze kadar travertenlerle ilgili pek çok çalışma yapılmış olmasına rağmen traverten teriminin bir tek tanımlaması yapılmamıştır. Literatürde “tufa”, “kalkerli tuf”, “sinter”, “kalkerli sinter” vb terimler kullanılmaktadır [44,45].

Karbonat çökellerinden en yaygın olarak görülenlerden birisi de travertenlerdir. Kaynaklardan çıkan karst suları, doygun ya da çok az doygun olmalarına rağmen önemli ölçüde yüksek karbondioksit kısmi basıncına sahip, çözünmüş kalsit içerirler. Artan sıcaklığa bağlı olarak ve suyun kanalda akışı sırasında meydana gelen havalanma sonucu CO₂ kaybı olur. Böylece su kalsite doygun hale geçerek kalsitin çökmesine neden olur.

5.2 Travertenlere Ait İnce Kesitler ve SEM Analizleri

İnceleme alanındaki suların kaynak alanlarından (BHMS’den 2 adet, GMS’den 2 adet, KMS’den 3 adet ve YMS’den 1 adet) traverten örnekleme yapılarak, ince kesit ve SEM analizleri için laboratuarlara gönderilmiştir (Foto 5.1).



Foto. 5.1 BHMS kaynak alanındaki travertenlerin genel görünümü

Yeşilhisar mineralli kaynak alanını temsil eden traverten örneğinde alg yumrularının üzerine mikritik kalsit yerleşmiş, kalan boşluğu ise idiomorf lifsi kalsit doldurmuştur. Safsızlık olarak kuvars minerali bulunmaktadır. Alg yumruları ile birlikte kuvars gibi yabancı minerallerin bulunması, travertenin suyun akış yolu boyunca çökelmiş olabileceğini göstermektedir (Foto 5.2).

Bayramhacı sıcak ve mineralli su kaynak alanından alınan 1. eski traverten örneğinin ince kesitinde az miktarda alg yumruları gözlenmiş olup, kalan boşluklar ise iri taneli CaCO_3 ile doldurulmuştur. Örneğin alındığı travertenin çökme ortamı durgun su ortamıdır (Foto 5.3). Bayramhacı sıcak ve mineralli su kaynak alanından alınan 2. eski traverten örneğinde alg kolonileri ve iri taneli lifsi kalsitin yanı sıra bu boşluklar iri taneli CaCO_3 ile doldurulmuştur. Buna traverten dingin su ortamına geçiş kısmında çökelmiş olabilir (Foto 5.4).

Karakaya mineralli su kaynak alanından alınan 1. traverten örneğinde kriptokristalin alg yumruları ve bunun etrafını sargılayan iri taneli kalsit kristalleri ve köpek dişi çimento gözlenmektedir. Geriye kalan kısmın önemli bir bölümü ise boşluk şeklindedir. Safsızlık olarak feldispat, kuvars ve kayaç parçaları gözlenmektedir. Traverten örneğinin suyun akış yolu boyunca çökelmiş olduğu anlaşılmaktadır (Foto 5.5). Karakaya mineralli su kaynak alanından alınan 2. traverten örneğinde kayaç parçaları, feldispat, kuvars, iri kalsit kristalleri ve alg yumruları ile yer yer de opak mineral şeklinde cevherleşmeler bulunmaktadır. Bu traverten örneği suyun akış yolu boyunca çökelmiş olabilir (Foto 5.6). Karakaya mineralli su kaynak alanından alınan 3. traverten örneğinde alg yumruları ve iri taneli lifsi kalsitler mevcuttur. Bu lifsi kalsitler radyaksiyal özelliktedir. Bu örnek travertenin havuz kesiminde, yani durgun su ortamında çökelmiş olmalıdır (Foto 5.7).

Gümüşkent mineralli suyu kaynak alanından alınan 1. traverten örneğinde alg kolonileri, kripto (mikritik) kristalli kalsit, iri kristalli kalsit (lifsi kalsit), kayaç parçaları ve boşluklar gözlenmiştir. Kalan kısımlar iri taneli sparit kalsitlerle doldurulmuştur. Çökme ortamı yukarıdaki bilgiler ışığında akış kanalıdır (Foto 5.8). Gümüşkent mineralli suyu kaynak alanından alınan 2. traverten örneğinde alg yumruları bulunmaktadır. Kalan kısımlar iri taneli kalsit veya radial lifsi sparit ile doldurulmuştur. Örneğin alındığı travertenin suyun akış kanalı ile durgun halde olduğu havuz kısmı

arasında çökeldiği söylenebilir (Foto 5.9).

Yeşilhisar mineralli suyu kaynak alanından alınan traverten örneğinin SEM analizinde, çubuksu görünümlü aragonit kristalleri ve CaCO_3 yüzeyleri üzerinde meydana gelen erimeler görülmektedir. İncelenen örnekteki boşlukta / çatlakta hidrotermal sular ile ikincil olarak iri kalsit kristali oluşmuştur (Foto 5.10).

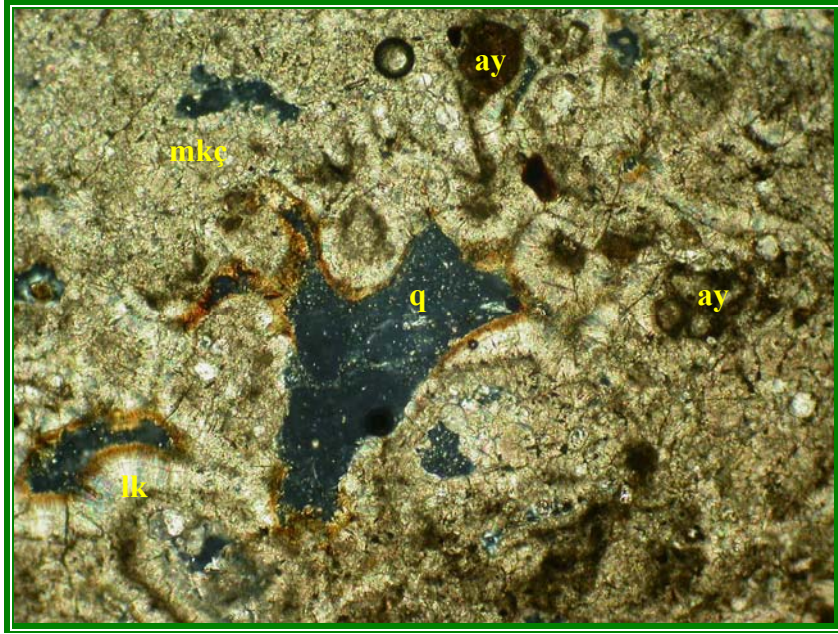
Bayramhacı sıcak ve mineralli su kaynak alanından alınan traverten örneğinin SEM görüntüsünde CaCO_3 yüzeyinde meydana gelen erimeler ve bu erime yüzeylerinde oluşan dolomit kristalleri tespit edilmiştir. Yapraksı görünümü ile karakteristik olan simektit türü kil mineralleri saptanmıştır (Foto 5.11).

Karakaya mineralli suyu kaynak alanını temsil eden traverten örneğinin SEM görüntüsünde kalsifiye olmuş alg filamentleri ile birlikte yuvarlak görünümlü alg yumruları ve dolomit kristalleri bulunmaktadır (Foto 5.12).

Gümüşkent mineralli suyu kaynak alanından alınan traverten örneğinin SEM görüntüsünde, boşlukta büyüme gösteren iri kalsit ve dolomit kristalleri tespit edilmiştir. Bu boşluğun kenarlarında da kalsit mineralleri üzerinde oluşan alg kolonileri mevcuttur (Foto 5.13).



(A)

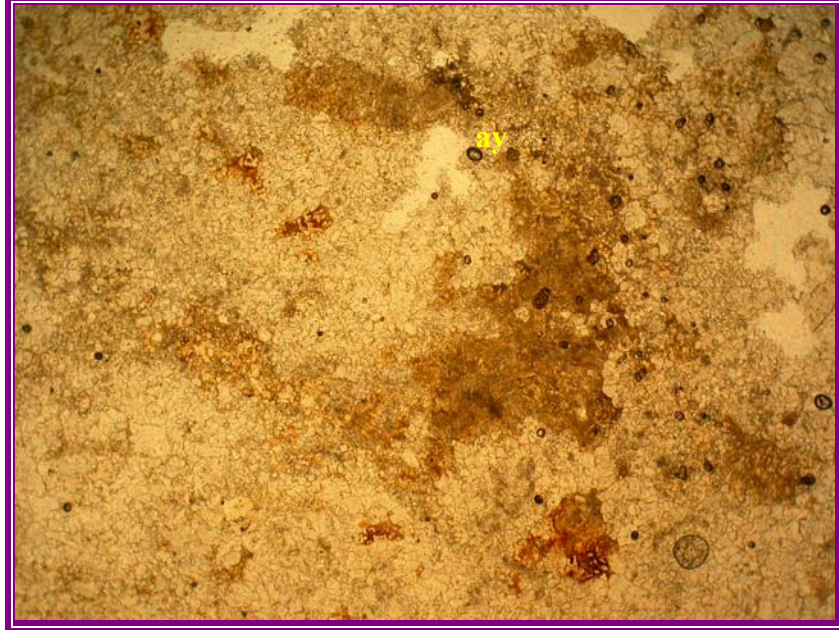


(B)

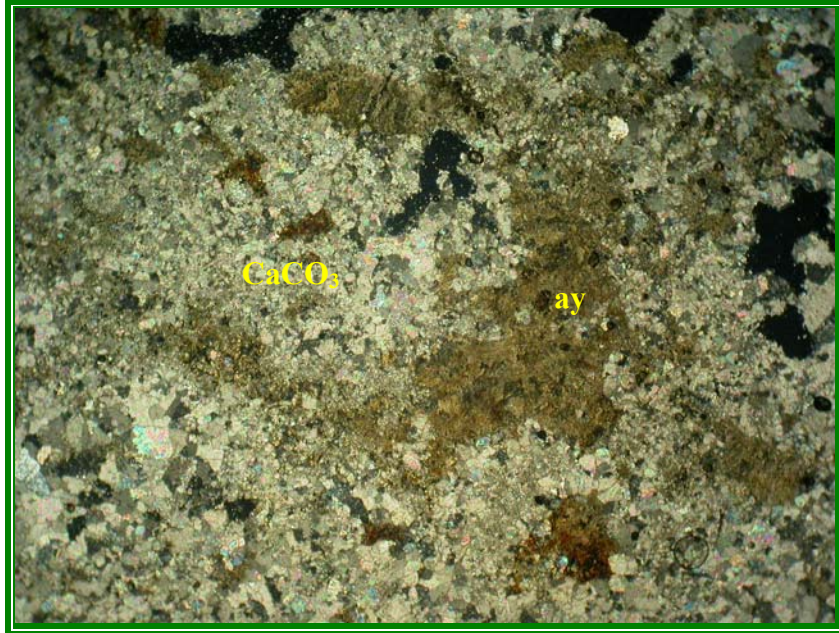
Foto. 5.2 Yeşilhisar (1) travertenlerine ait ince kesit fotoğrafları (10X)

(A: Tek nikol, B: Çift nikol)

[Alg yumruları (ay), mikritik kalsit (mkç), idiomorf lifsi kalsit (lk)]



(A)

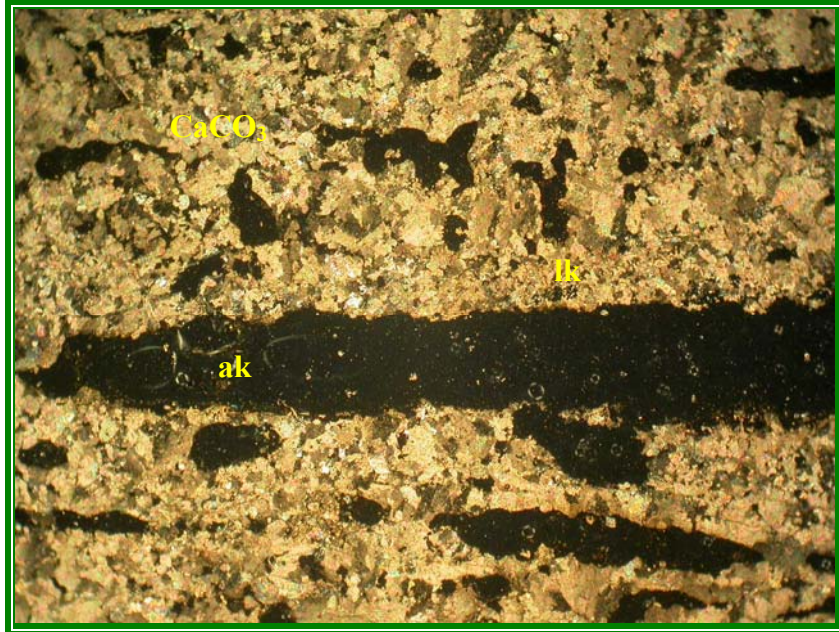


(B)

Foto. 5.3 Bayramhacı (1) travertenlerine ait ince kesit fotoğrafları (X4)
(A: Tek nikol, B: Çift nikol)
[alg yumruları (ay), kalsiyum karbonat (CaCO_3)]

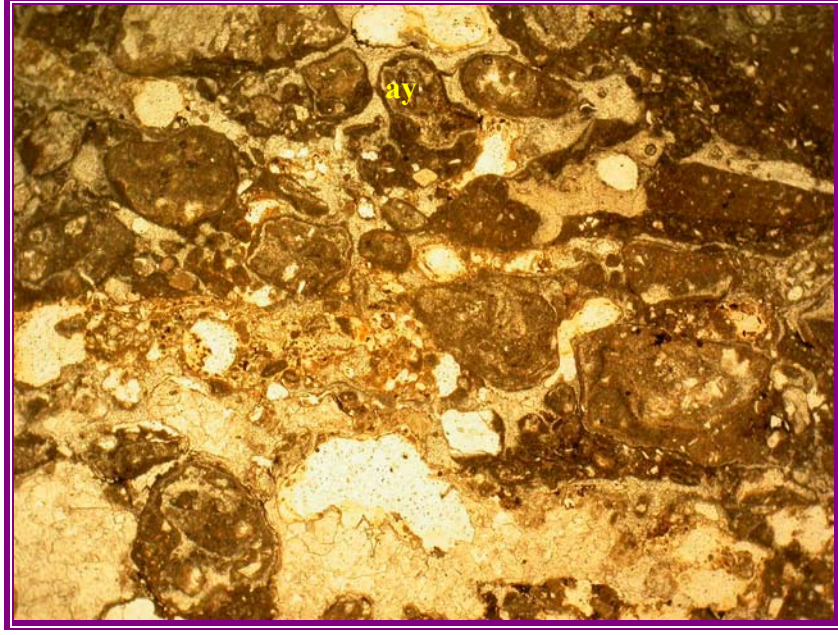


(A)

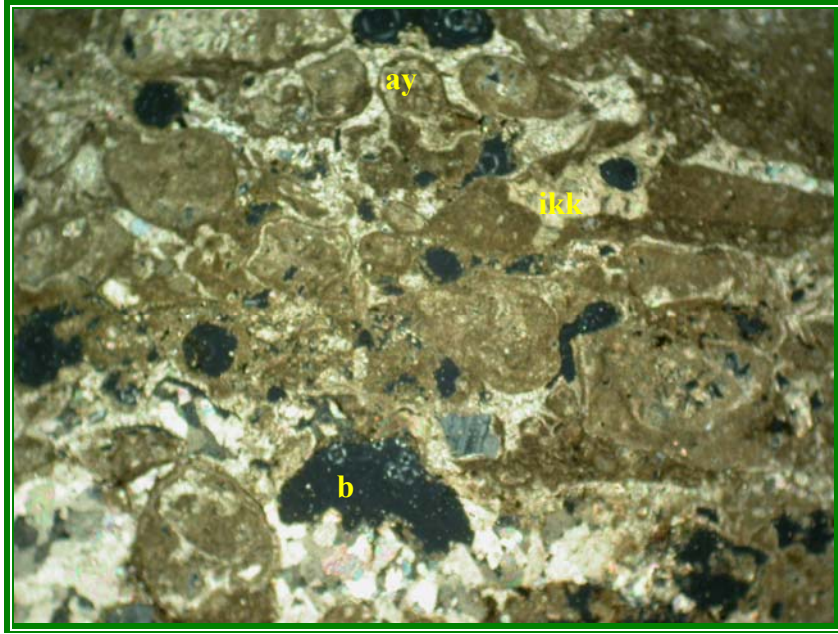


(B)

Foto. 5.4 Bayramhacı (2) travertenlerine ait ince kesit fotoğrafları (X4)
(A: Tek nikol, B: Çift nikol)
[Alg kolonileri (ak), iri taneli lifsi kalsit (lk)]

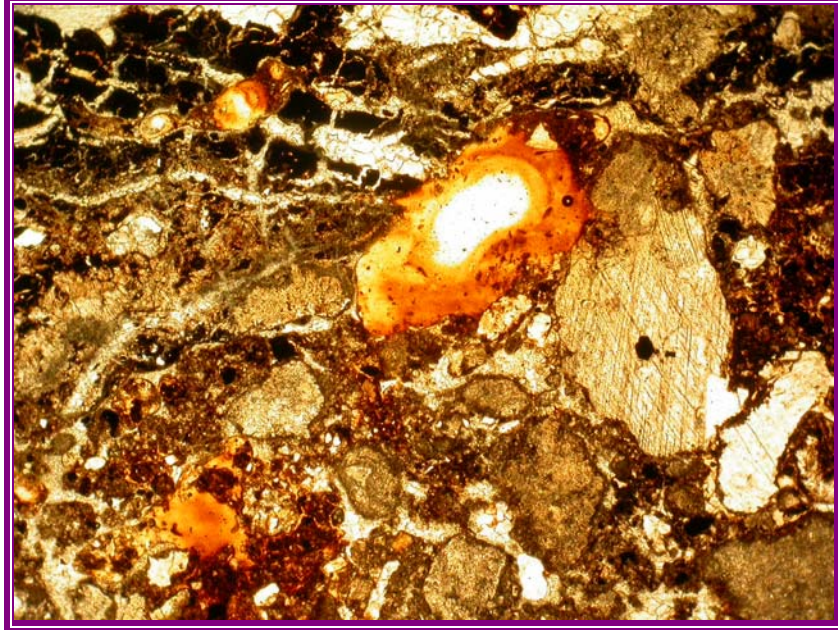


(A)



(B)

Foto. 5.5 Karakaya (1) travertenlerine ait ince kesit fotoğrafları (X4)
(A: Tek nikol, B: Çift nikol)
[alg yumruları (ay), iri taneli kalsit kristalleri (ikk), boşluk (b)]

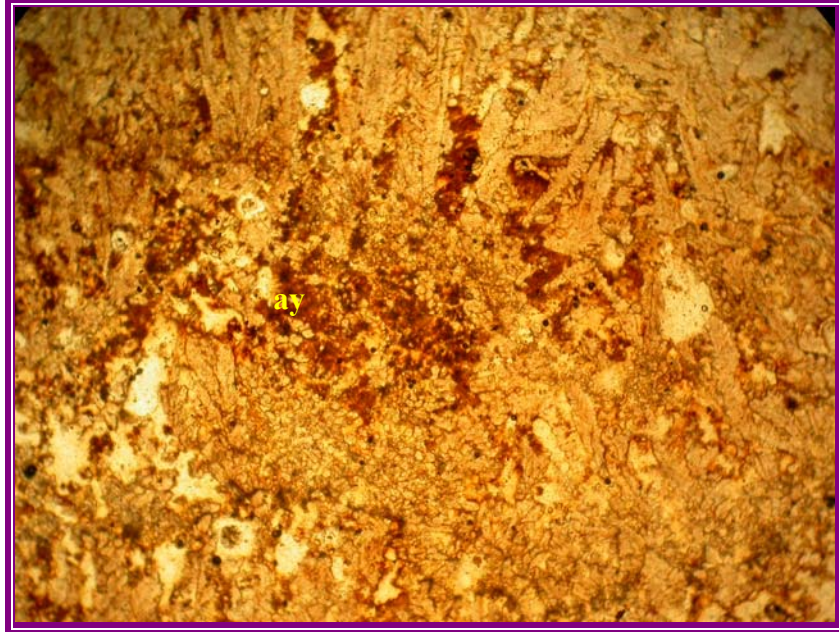


(A)



(B)

Foto. 5.6 Karakaya (2) travertenlerine ait ince kesit fotoğrafları (X4)
(A: Tek nikol, B: Çift nikol)
[kuvars (q), iri kalsit kristalleri (ikk), alg yumruları (ay), cevherleşmeler (ch)]

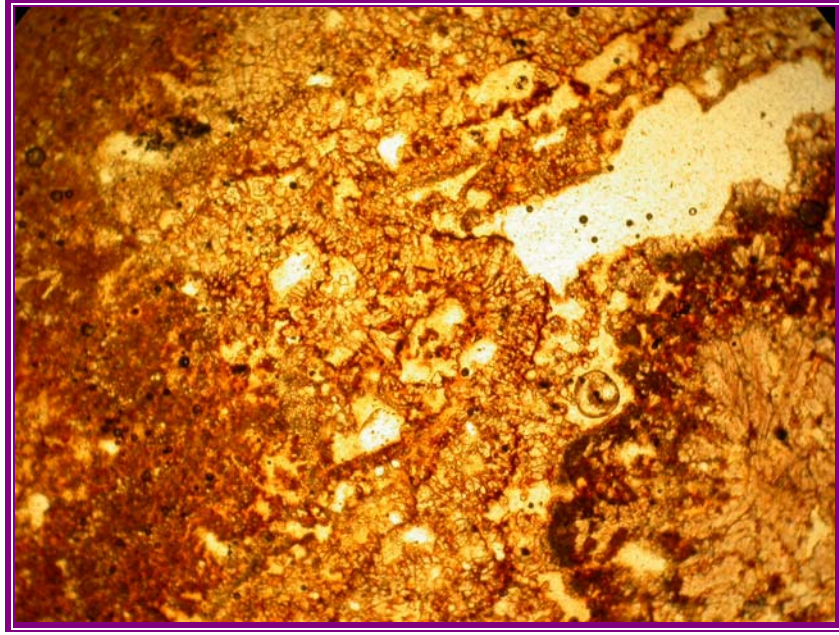


(A)

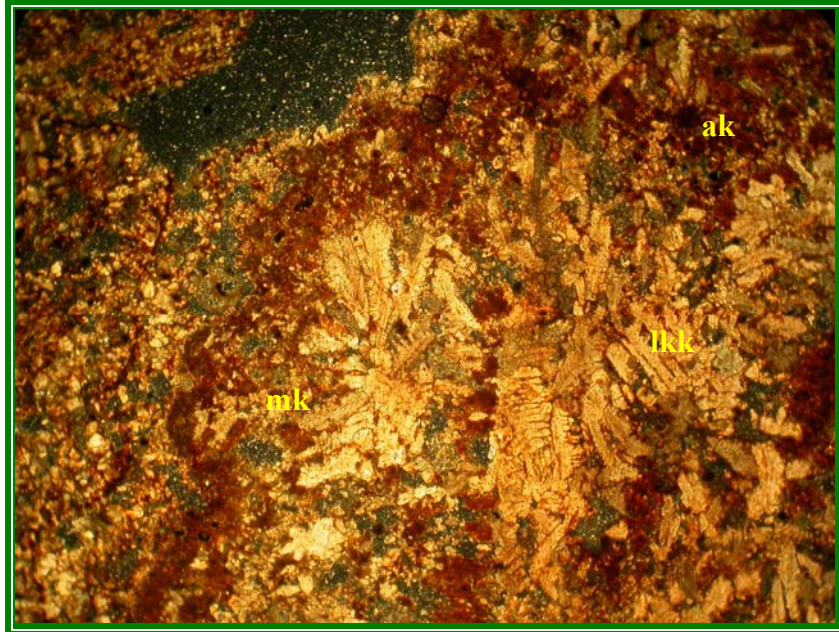


(B)

Foto. 5.7 Karakaya (3) travertenlerine ait ince kesit fotoğrafları (X4)
(A: Tek nikol, B: Çift nikol)
[alg yumruları (ay), iri taneli lifsi kalsitler (ilk)]

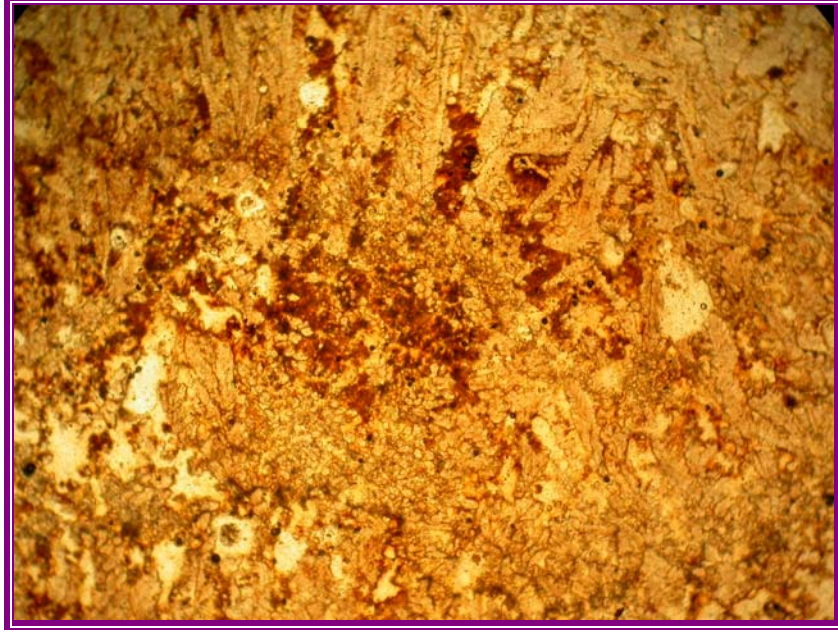


(A)



(B)

Foto. 5.8 Gümüşkent (1) travertenlerine ait ince kesit fotoğrafları (X4)
(A: Tek nikol, B: Çift nikol)
[alg kolonileri (ak), mikritik kristalli kalsit (mk), iri kristalli kalsit (ikk)]



(A)



(B)

Foto. 5.9 Gümüşkent (2) travertenlerine ait ince kesit fotoğrafları (X4)
(A: Tek nikol, B: Çift nikol)
[alg yumruları (ay), iri taneli kalsit (ik)]

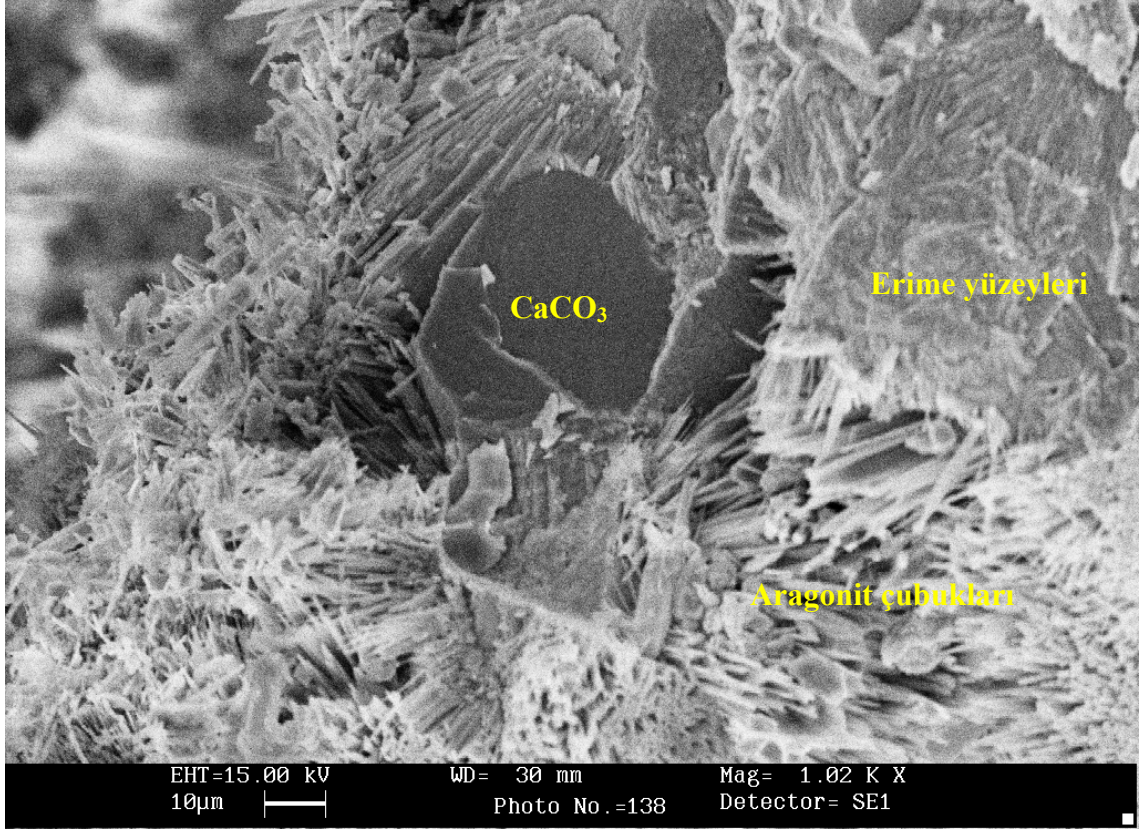


Foto. 5.10 YMS kaynak alanından alınan traverten örneğine ait SEM görüntüsü

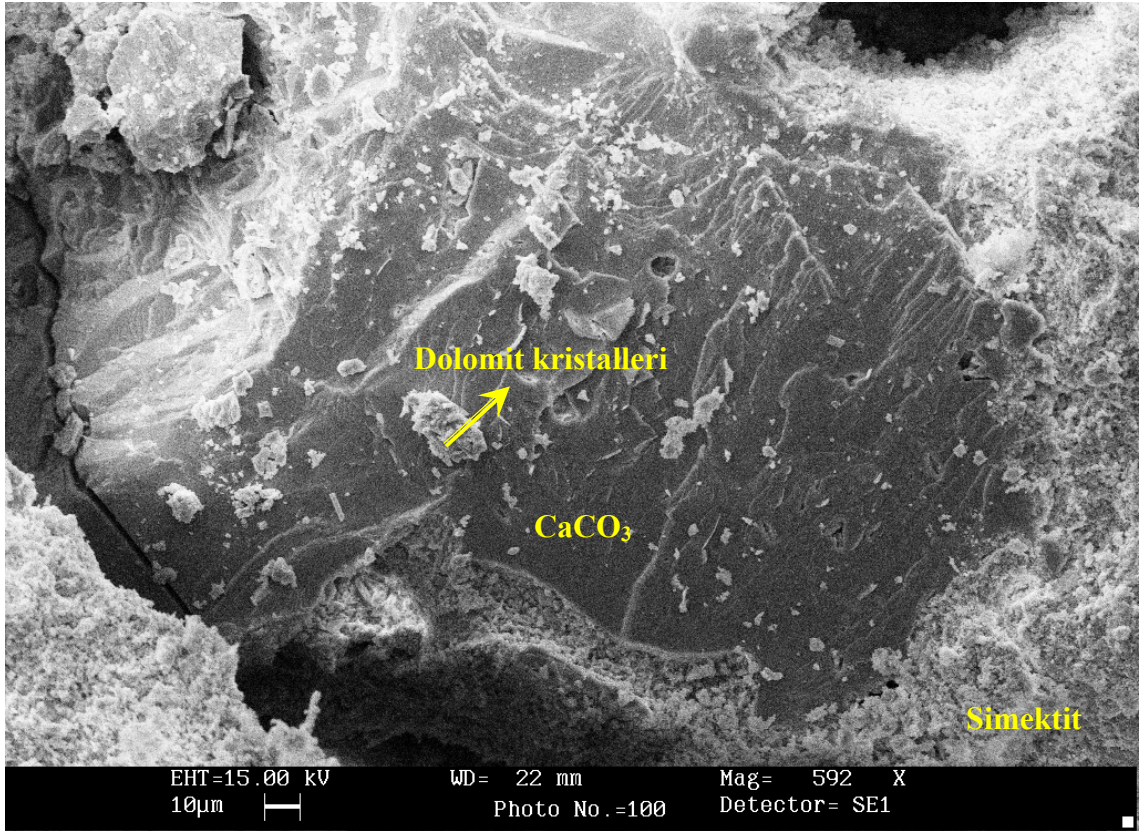


Foto. 5.11 BHMS kaynak alanından alınan traverten örneğinin SEM görüntüsü

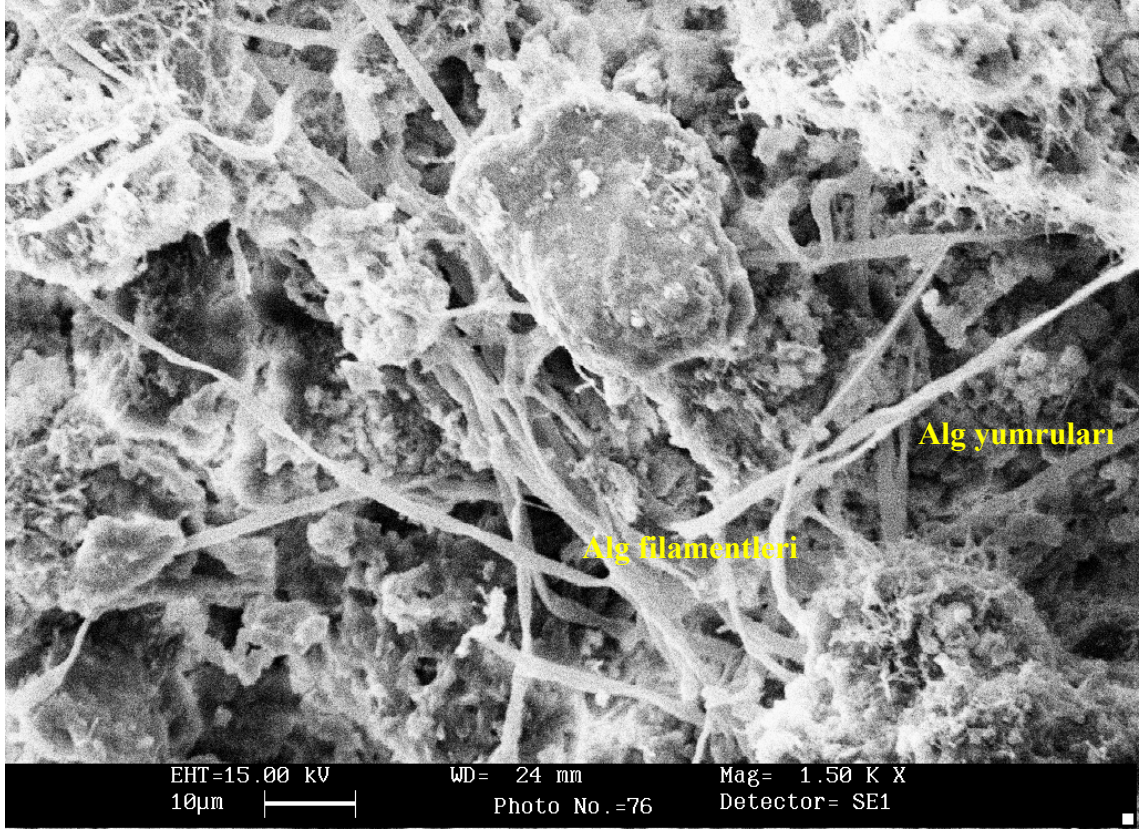


Foto. 5.12 KMS kaynak alanından alınan traverten örneğinin SEM görüntüsü

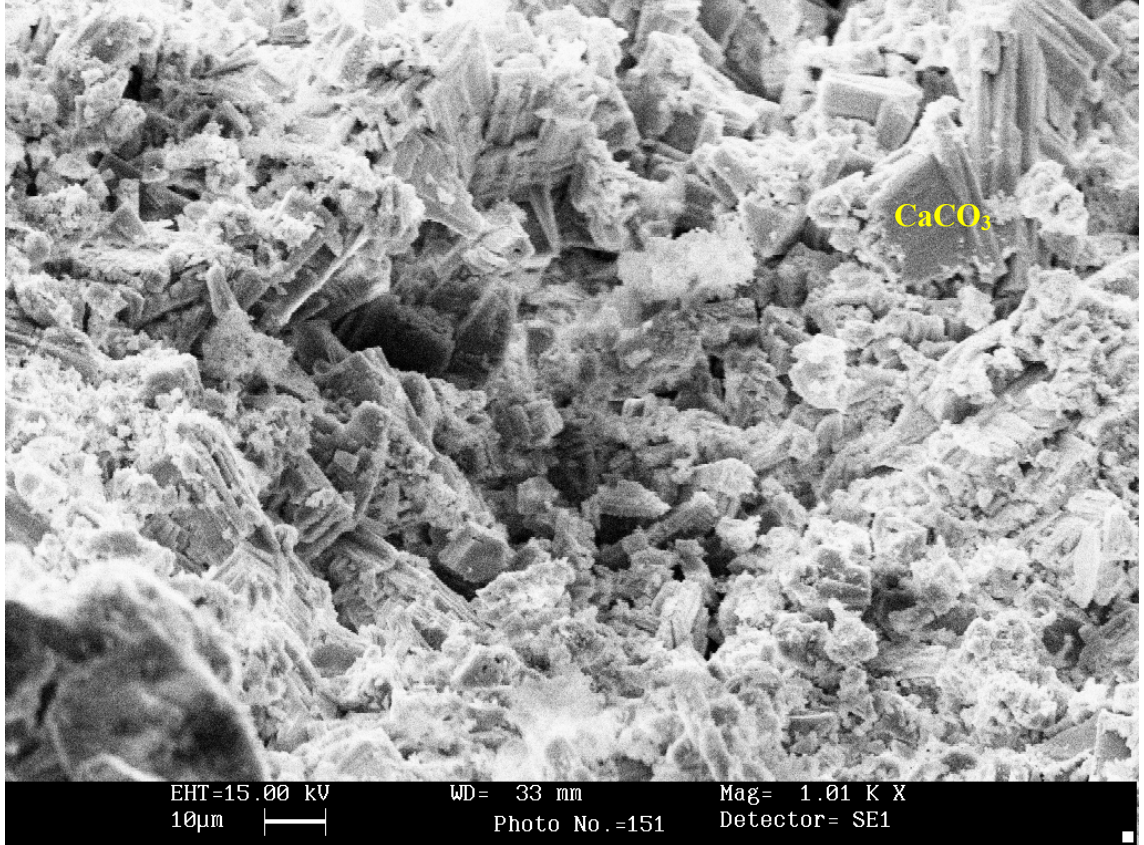


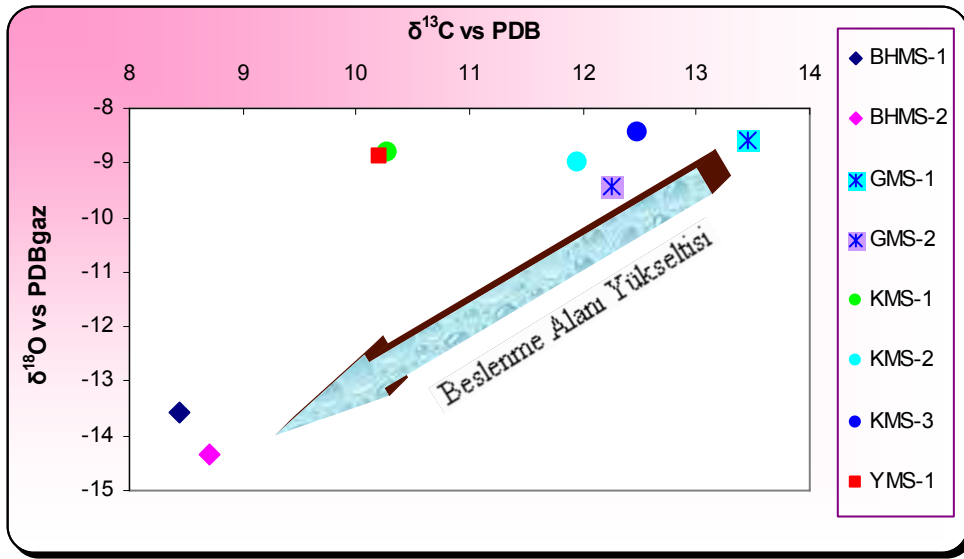
Foto. 5.13 GMS kaynak alanından alınan traverten örneğinin SEM görüntüsü

5.3 Travertenlerin İzotopik Özellikleri

İnceleme alanındaki suların kaynak alanlarında bulunan travertenlerden alınmış örneklerin $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop analizleri Çizelge 5.1’de ve analiz sonuçları ise Şekil 5.3’de gösterilmiştir. Diğerlerine göre en yaşlı ve derin dolaşıma sahip konumda olan BHMS düşük $\delta^{13}\text{C}$ içeriği ile, en genç su konumunda olan GMS ise yüksek $\delta^{13}\text{C}$ içeriği ile diğer sulardan ayrılmaktadır. $\delta^{18}\text{O}$ değerlerindeki azalma beslenme alanındaki ortalama hava sıcaklığının azalması anlamına gelmektedir [46]. Buna göre BHMS’nin grafik üzerindeki konumuna bakarak, travertenin soğuk iklim şartlarına bağlı olarak çökeldiği söylenebilir. GMS ve KMS’de akım yolu boyunca akiferdeki karbonatlı kayacın çözünmesine bağlı olarak $\delta^{13}\text{C}$ içeriği artmaktadır.

Çizelge 5.1 İnceleme alanındaki travertenlerden alınmış örneklerin $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop analiz sonuçları

Örnek Adı	$\delta^{13}\text{C}$ vs PDB	$\delta^{18}\text{O}$ vs PDBgaz
BHMS-1	8,45	-13,56
BHMS-2	8,71	-14,35
GMS-1	13,46	-8,58
GMS-2	12,25	-9,44
KMS-1	10,27	-8,80
KMS-2	11,95	-8,99
KMS-3	12,49	-8,45
YMS-1	12,49	-8,45



Şekil 5.1 İnceleme alanındaki travertenlerin $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^{13}\text{C}$ grafiği

BÖLÜM VI

TIBBİ VE BİYOİKLİMSEL DEĞERLENDİRME

İnceleme alanındaki kaynakların tıbbi ve biyoiklimsel değerlendirilmesi yapılarak söz konusu suların insan sağlığı için en uygun kullanımın belirlenmesi ve kullanım çeşitliliğinin artırılması amacıyla yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir [29].

6.1 Tıbbi Değerlendirme

Kaynakların termik ve toplam mineralizasyonlarına göre tanımlanmaları Çizelge 6.1’de görülmektedir. Tanım ve sınıflamada 2005 yılı Mayıs ve Kasım ayları sıcaklık ve toplam mineralizasyonları ortalamaları esas alınmıştır. Buna göre mineral içeriği 500 mg/l’nin altında olan Dokuzpınar kaynak suyu niteliğindedir. Yeşilhisar, Karakaya ve Gümüşkent sularının mineralizasyonları 1 g/l’nin üzerinde ve sıcaklıkları da 20 °C’nin altında olduğundan mineralli sular sınıfında yer almaktadırlar. Bayramhacı ise hem mineralizasyonu 1 g/l’nin üzerinde hem de doğal sıcaklığı 20 °C’nin üzerinde olduğundan termomineral sular kapsamında yer almaktadır.

Çizelge 6.1 Kaynakların toplam mineralizasyon ve termik özelliklerine göre sınıflandırılması

İl	Kaynak Adı	Sıcaklık °C	Top. Mineral	Tanım
Kayseri	Yeşilhisar	14,7	7597	Mineralli
Kayseri	Dokuzpınar	12,5	418	Kaynak suyu
Kayseri	Bayramhacı	42,8	1602	Termomineral
Nevşehir	Karakaya	15,65	13076	Mineralli
Nevşehir	Gümüşkent (Salanda)	17,5	3167	Mineralli

6.1.1 Termik Özellikler

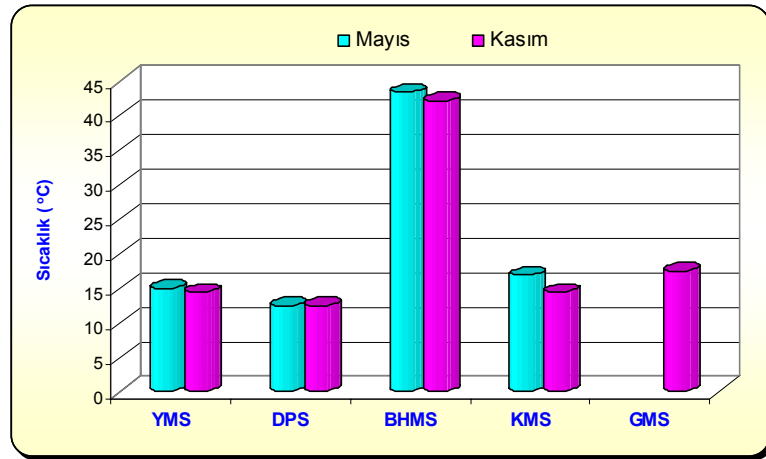
2005 yılı Mayıs ve Kasım aylarında alınan örnekler sıcaklıkları yönünden karşılaştırıldığında YMS, BHMS ve KMS sularının Mayıs ayı sıcaklıklarının Kasım ayı sıcaklıklarından daha yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 6.2 ve Şekil 6.1). DPS’de ise sıcaklık değişimi gözlenmemiştir. Kaynakların yılın iki farklı dönemindeki

sıcaklıkları karşılaştırıldığında iki ölçüm arasında 0-2.5°C arasında değişen farklar saptanmış, ancak bu farkların suların genel özelliğini etkilemediği tespit edilmiştir.

Kaynak sıcaklıkları 12.5-43.4°C arasında değişmektedir. Mayıs ve Kasım ayları ortalama sıcaklıklarına göre YMS, DPS, KMS ve GMS suları sıcaklığı 20°C altında olan hipotermal, BHMS ise 40°C üzerindeki sıcaklığı ile hipertermal sular grubuna girmektedir.

Çizelge 6.2 Kaynakların sıcaklıklarının dağılımı (Kısaltmalar Çizelge 3.1'deki gibidir)

Kaynak Adı	Mayıs 2005 (T°C)	Kasım 2005 (T°C)	Ortalama (T°C)	Fark (T°C)
YMS	15	14.4	14.7	0.6
DPS	12.5	12.5	12.5	0
BHMS	43.4	42.2	42.8	1.2
KMS	16.9	14.4	15.65	2.5
GMS	-	17.5	17.5	-



Şekil 6.1. Kaynakların sıcaklıklarının dağılımı (Kısaltmalar Çizelge 3.1'deki gibidir)

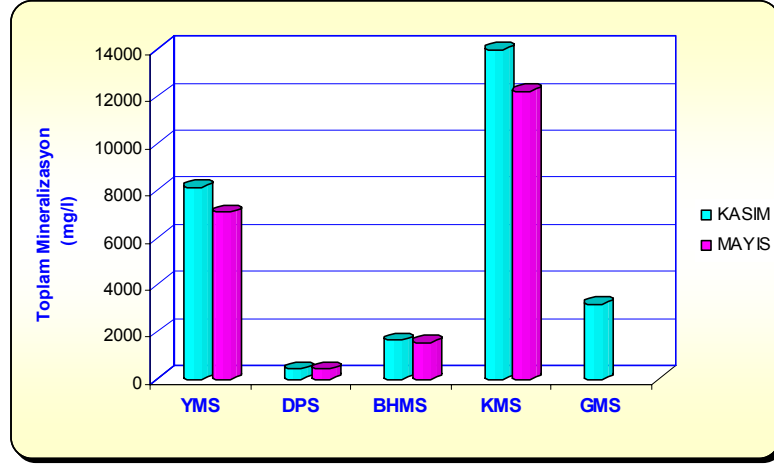
6.1.2 Mineralizasyonlarının Değerlendirilmesi

Kasım ve Mayıs ayı toplam mineralizasyonları karşılaştırıldığında 19-1768 mg/l değişim olduğu saptanmış, ancak bu değişimin suların genel özelliğini etkilemediği görülmüştür. Suların Kasım ayı toplam mineralizasyonları Mayıs ayından daha yüksektir (Çizelge 6.3).

Kaynakların toplam mineralizasyonları 418-13076 mg/l arasında değişmektedir. DPS hariç, diğer suların toplam mineralizasyonu 1g/l üzerindedir (Şekil 6.2).

Çizelge 6.3 Kaynakların toplam mineralizasyonlarının dağılımı

İl	Kaynak Adı	Toplam Mineralizasyon (mg/l)		Fark
		Kasım 2005	Mayıs 2005	
Kayseri	YMS	8120,98	7074,29	1046
Kayseri	DPS	428,42	409,37	19
Kayseri	BHMS	1646,74	1558,15	88
Nevşehir	KMS	13960,52	12192,94	1768
Nevşehir	GMS	3167,73	-	-



Şekil 6.2 Kaynakların toplam mineralizasyonlarının dağılımı

6.1.3 İçerdikleri Mineral ve Gazlara Göre Sınıflandırılması

Bölgede banyolar için eşik değer üzerinde serbest CO₂ içeren tek kaynak olarak Karakaya mineralli suyu (590 mg/l) saptanmıştır. Ancak bu konsantrasyon içme kurlerinde özel etkiler ortaya çıkaracak düzeyde değildir. Bununla birlikte Yeşilhisar mineralli suyu 360 mg/l, Bayramhacı sıcak ve mineralli suyu ise 140 mg/l CO₂ içermektedir (Çizelge 4.2).

Suların Radyoaktivite tayinleri yapılamadığı için kaynaklar radon yönünden değerlendirilememiştir. İnceleme alanındaki sulardan sadece BHMS'nin florür değeri 1 mg/l'yi aşmıştır. Buna göre BHMS, 3.1 mg/l olan florür içeriği ile florürlü kaynak sınıfına tabidir. YMS ve KMS, 2 g/l üzerinde olan NaCl konsantrasyonları ile tuzlu sular grubuna girmektedirler.

6.1.4 Anyon ve Katyon İçeriklerine Göre Sınıflandırılması

Bu değerlendirme 1 g/l üzerinde mineral içeriği olan 4 kaynaktan yapılmıştır. İnceleme alanındaki kaynakların %20 meq/l üzerindeki anyon ve katyonlarına göre sınıflandırılması ve dağılımı Çizelge 6.4 ve Şekil 6.3’de görülmektedir. Bu dağılıma göre YMS magnezyumlu, BHMS florürlü, KMS karbondioksitli ve GMS bikarbonatlı sulardır.

Çizelge 6.4 Kaynakların %20 meq/l üzerindeki anyon ve katyonlarına göre sınıflandırılması

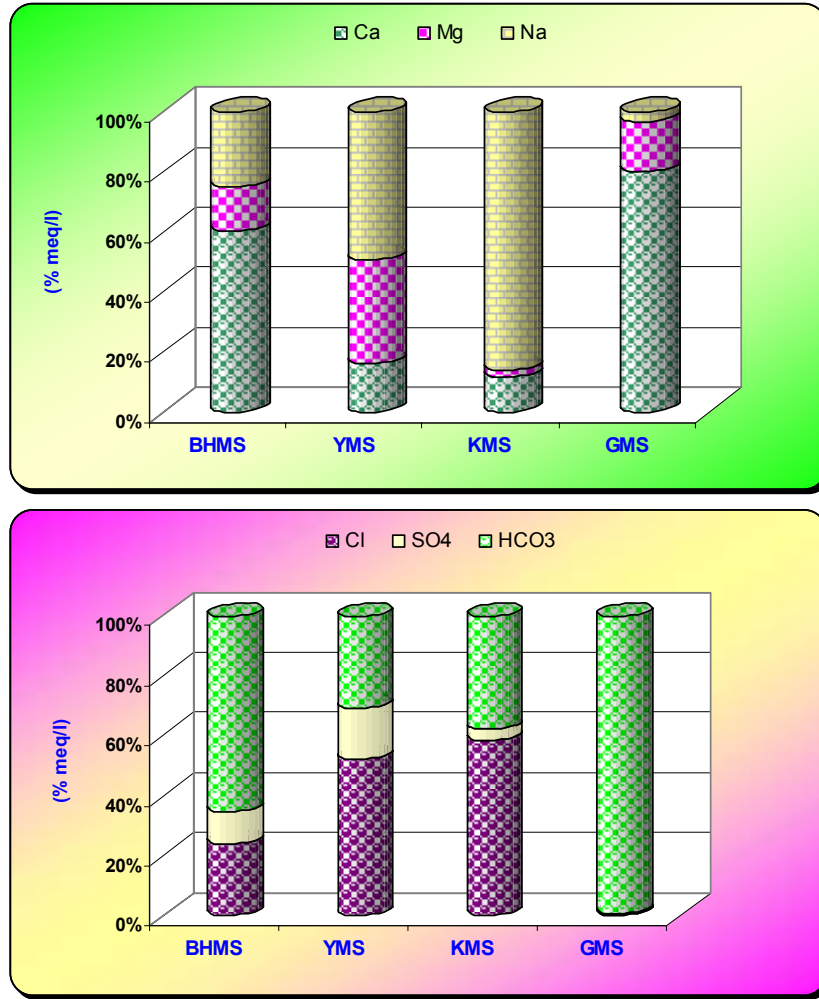
İl	Kaynak Adı	Kimyasal Tanım	Termik Tanım
Kayseri	Yeşilhisar	Na, Mg, Cl, HCO ₃ , Mg’lu	Mineralli
Kayseri	Bayramhacı	Ca, Mg, HCO ₃ , Florürlü	Termomineral
Nevşehir	Karakaya	Na, Cl, HCO ₃ , CO ₂	Mineralli
Nevşehir	Gümüşkent (Salanda)	Ca, HCO ₃	Mineralli

Bikarbonat anyonu Gümüşkent ve Bayramhacı sularında %20 meq/l üzerindeki tek anyondur. Çizelge ve şekiller gözden geçirildiğinde bölge kaynaklarının ağırlıklı olarak kalsiyumlu, sodyumlu, bikarbonatlı ve klorürlü kaynaklar olduğu anlaşılmaktadır. Bölgede 2311-4553 mg/l arasında değişen konsantrasyonlarında bikarbonat içeren üç kaynak bulunmaktadır (Çizelge 6.5).

Çizelge 6.5 İçme kürlerinde kullanılan eşik değerlerine göre bikarbonatlı sular

İl	Kaynak adı	Bikarbonat (mg/l)
Kayseri	Yeşilhisar	2393,3
Nevşehir	Gümüşkent	2311,6
	Karakaya	4553,1

İnceleme alanında 150 mg/l üzerinde magnezyum içeren tek kaynak Yeşilhisar’dır. Toplam 2 kaynaktan sodyum miktarı 1000 mg/l üzerindedir. Yeşilhisar ve Karakaya, kaynaklarında 1344-4091 mg/l arasında değişen miktarlarda sodyum bulunmaktadır (Çizelge 3.1).



Şekil 6.3 Kaynakların %20 meq/l üzerindeki anyon ve katyonlarına göre dağılımı

6.1.5 Suların Tıbbi Kullanımları

Kirliliğin kimyasal göstergeleri bakımından, hiçbir örnekte nitrit bulunmamaktadır. Nitrat ise kaynaklarda iki ölçümde de eşik değerinin altındadır. Amonyum her iki ölçümde de bazı kaynaklarda sınırı aşmış durumdadır. Ancak, amonyumun derin dolaşımli kaynaklarda jeolojik kökenli de olabileceği bilinmektedir. Nitrit, nitrat ve amonyum döngüsü içinde bu üç parametre birlikte değerlendirilerek, mikrobiyolojik analizle konfirme edilmelidir [47].

Dokuzpınar toplam mineralizasyonu 500 mg/l altında kaynak suyu niteliğindedir. Bakteriyolojik analizleri de içme suyu standartlarına uygun bulunduğu takdirde şişelenerek veya doğrudan sofr suyu olarak kullanılabilirler.

NaCl konsantrasyonu 2 g/l üzerinde olan Yeşilhisar ve Karakaya suları ısıtılarak romatizmal hastalıkların tedavisinde kullanılabilir önemli kaynaklardır. Bu kaynaklardan aynı zamanda başta sedef hastalığı olmak üzere atopik dermatit, seboreik dermatit ve akne gibi deri hastalıklarının tedavisinde yararlanılabilir [48].

Bu kaynakların tamamı % 20 meq/l üzerinde bikarbonat anyonu içermektedir ve hepsinde bikarbonat miktarı içme kürlerinde eşik değer kabul edilen 1300 mg/l üzerindedir. Bikarbonatlı suların mide asidini nötralize edici, ürik asit atımını artırarak serumda ürik asit düzeyini düşürücü metabolik etkileri yanında idrar pH'sını yükseltmek yoluyla idrarda kalsiyum oksalat ve ürik asit yoğunluğunu azaltıcı etkileri vardır [49,50]. Bu nedenlerle sindirim sisteminin fonksiyonel hastalıkları, şeker hastalığı, gut hastalığında [51] içme kürleri şeklinde kullanıldıklarında olumlu etkiler sağlarlar. İdrar yollarında ise ürik asit ve sistin taşlarının oluşumlarının ve nükslerinin önlenmesinde içme kürü şeklinde kullanılabilirler [52,53].

Sıcaklığı 42,8 °C olan Bayramhacı sıcak ve mineralli suları balneolojik uygulamalarda, uygun sıcaklıklara kadar soğutularak tam ve kısmi banyolar şeklinde romatizmal hastalıklarda kullanılabilirler [54]. Toplam NaCl miktarı 1g/l'yi aşan bu kaynak aynı zamanda tuzlu sular sınıfında da yer almaktadır. Tuzlu sular kronik artritlerde, dejeneratif eklem hastalıkları ve eklem dışı romatizmal hastalıklarda tam ve lokal banyolar şeklinde uygulanabilirler. Romatizmal iltihabi olayları azaltıcı etkileri gösterilmiştir. İçme kürleri şeklinde ise 2 g/l üzerinde sodyum klorür içerenler soğutularak; iştahın düzenlenmesi, mide ve ince bağırsakların fonksiyonel bozuklukları, yaşlılıkta sıvı ve elektrolit yetersizliğinde, gut ve diabette (destekleyici olarak) ve ortostatik dolaşım disregülasyonlarında kullanılır.

Sodyum klorür miktarı 1 g/l civarında olan sular idrar yolları kronik infeksiyonlarında içme kürü olarak kullanılabilirler [55]. Ancak içme kürü şeklinde kullanıldıklarında içerdikleri sodyum miktarı dikkate alınmalıdır. Çünkü, tuz tüketimi artışı ile kan basıncı artışı arasında ilişki olduğu, diyetle tuz kısıtlaması ile insan ve hayvanlarda kan basıncı düşüşü sağlandığı gösterilmiştir. Bu nedenle 700 mg/l üzerinde sodyum içeren Yeşilhisar ve Karakaya gibi kaynaklarda içme kürlerinde özellikle hipertansif hastalarda suyun sodyum alımına katkısı dikkate alınmalı ve hastalar aşırı sodyum alımına karşı uyarılmalıdır [56,57,58].

Kimyasal bileşimleri yönünden %20 meq/l üzerindeki iyonlar ele alındığında, yörede bikarbonat ve sodyumun egemen olduğu dikkati çekmektedir. Bu nedenle termik etkilerinin yanısıra Orta Anadolu Bölgesi termal ve termomineral suları, genel olarak bikarbonatlı suların kullanım alanı olan gastrointestinal sistemin fonksiyonel hastalıklarında, ülserlerde, üriner sistemin kronik enfeksiyonlarında, üriner taşların önlenmesi ve tekrarların önlenmesi, taş kırma sonrasında ve ameliyat ertesi durumlarda, içme kürleri şeklinde değerlendirilebilirler [59].

Gümüşkent, Karakaya ve Yeşilhisar kaynakları mide bağırsak sistemi hastalıklarında kullanım için en iyi örneklerdir. Bu kaynaklarda bikarbonat konsantrasyonu tedavi edici etki için gerekli olan 1300 mg/l ve üzerindedir. Bu kaynaklar hiperasidite ile seyreden gastrointestinal sistem hastalıklarında, diabette ve üriner sistemin yukarıda sayılan hastalıklarında içme kürü şeklinde değerlendirilebilirler [50, 53].

Yeşilhisar kaynağında %20 meq/l altında sülfat olmasına karşın sülfat düzeyi eşik değer olan 1200 mg/l'ye yakındır (1037 mg/l). Eşik değer üzerinde olmamasına rağmen bu sular sülfalı suların ortaya çıkardığı safra yapımı ve boşalmasının artışı, dolayısıyla safra yollarının bir tür temizliği amacıyla içme şeklinde kullanılabilirler. Ayrıca bağırsaklar üzerine laksatif etkisi de vardır [60,61].

Yeşilhisar mineralli suları bikarbonat anyonu sodyum yanı sıra eşik değer üzerinde magnezyum da içermektedir. Mg^{+2} miktarı 150 mg/l üzerindeki bu kaynaklar, Mg^{+2} 'leri nedeniyle kronik iltihabi idrar yolu hastalıkları, idrar yolu taşları önlenmesi ve ikincil korumada, taş kırma işlemi sonrasında, postoperatif dönemlerde içme kürü şeklinde tedavide yer alabilirler. Gebelikte ve ağır sporlar sonrası artan magnezyum gereksimi durumlarında kullanılabilirler. Ayrıca Mg^{+2} 'nin hipotansif etkili olduğu, iskemik kalp hastalıkları ve ani ölümleri azalttığı, kemik mineral yoğunluğunun kazanılmasında önemli rolü olduğunu bildiren çalışmalar vardır. Prostat ve meme kanseri sıklığının Mg^{+2} 'den zengin sularla beslenenlerde daha az görüldüğüne ilişkin çalışma sonuçları bulunmaktadır [62,63,64,65].

İnceleme alanındaki sulardan sadece BHMS florürlü su niteliğindedir. Florür konsantrasyonu 3.1 mg/l'dir. Beslenmeye bağlı florür eksikliklerinde ve diş çürükleri profilaksisinde bu sular kullanılabilir. Ancak, uzun süreli içilmeleri halinde özellikle

çocuklar olmak üzere hastalar florozis yönünden uyarılmalıdır. Şişelendiklerinde ise etiket bilgilerinde uyarı yer almalıdır [66,67].

Karbondiyoksitli sular banyolar şeklinde çevresel damarlarda genişleme sağlayarak tansiyon düşürücü ve kalbin yükünü azaltıcı etki gösterirler. Periferik (çevresel) damarların tıkaçıcı hastalıklarında, hipertansiyonda yaygın olarak kullanılırlar [68]. Bu nedenle, karbondiyoksitli banyolar için eşik değer kabul edilen 500 mg/l üzerinde CO₂ içeren Karakaya minerali suları, termik etkisi yanı sıra periferik damar hastalıklarında ve esansiyel hipertansiyon tedavisi için uygundur.

6.2 Biyoiklimsel Değerlendirme

6.2.1 Hava Kalitesi

Hava kalitesinin, dinlenme ve sağlıkla ilgili mekanlar için uygun olup olmadığı, kirlilik parametreleri ve iklim verileriyle birlikte değerlendirilmiştir (Çizelge 6.6 ve Şekil 6.4). Türkiye'de hava kalitesi sınır değerleri "Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği"nde verilmiştir. Kükürtdiyoksit ve havada asılı partikül maddeler için yıllık uzun vadeli sınır değer 150 µg/m³, hedef sınır değerler ise 60 µg/m³'tür. Kür ortamlarındaki hava kalitesi sınır değerlerinin Avrupa Birliğinin şehirler için öngördüğü hedef sınır değerlere (paralel olarak yine % 40 düşük olarak) 2010 yılına kadar kademeli azaltılarak ulaşılması amaçlanmaktadır ki, bu değerler 2010 da Max EU sınır değeri yıllık ortalama partikül miktarının 20µg/m³ olduğu ve kaplıca ortamı için bu değerlerin % 40'ı düşünüldüğünde çok daha temiz, hava kalitesi yüksek, sağlıklı bir ortam hedeflenmektedir.

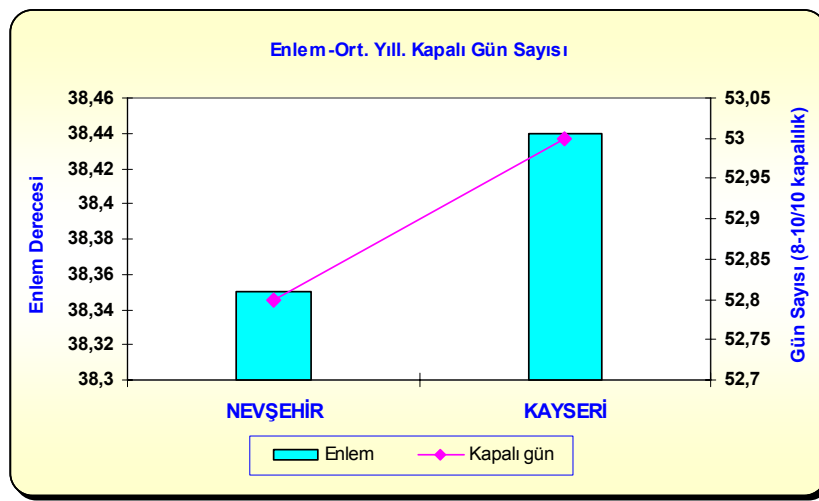
Proje kapsamında yeralan il merkezlerinin son 6 yıla ait hava kirliliği parametrelerinde hedef sınır değerlerler aşılmış olup, bunlar Kayseri'de kış döneminde 2004-2005'de 76 gün, 2005-2006 da ise 41 gündür. Nevşehir'de en yüksek değer 2002 yılı Şubat ayında SO₂ 106 µg/m³'tür [69].

Bunaltıcılık ve dondurucu soğuk oluşturan termal kompleks, çok düşük solar radyasyon veya kapalı, sisli, puslu hava koşulları, hava kalitesini olumsuz etkileyen biyoiklimsel özelliklerdir. Orta Avrupa'da kür merkezlerinde olumsuz biyoiklimsel özellikler için

sınır değerler bildirilmiştir ve bu değerlerde zaman içinde daha kaliteli hava yönünde gelişmeler öngörülmektedir; yıllık sisli gün sayısının 53'ün altında olması, bunaltıcılık veya dondurucu soğuk yaratan termal konforsuzluğun 20 günden az olması ve yıllık güneşlenme süresinin 1500 saatin üzerinde olması istenmektedir.

Çizelge 6.6 Hava kalitesi özellikleri

Meteoroloji İstasyonu	Ortalama sisli gün sayısı / yıl	8-10/10 Kapalı gün sayısı	Ortalama kar örtülü gün sayısı / yıl	Ortalama Fırtınalı gün sayısı / yıl
Kayseri	20.1	53	53.9	41.5
Nevşehir	29.4	52.8	62.0	6.6



Şekil 6.4 Ortalama kapalı günler sayısının enlemle ilişkisi

Kayseri'de Temmuz ve Ağustos aylarında öğle saatlerinde bunaltıcı hava olasılığı görülmektedir. Saat 14⁰⁰'deki ortalama yüksek sıcaklık ve ortalama nem değerlerinden bunaltıcılık (HI) hesaplandığında 29°C değerine yaklaşmaktadır ki bu değer kategori IV yani sıcağa bağlı rahatsızlık oluşumunun hafif derecesine karşılık gelmektedir (Çizelge 6.7).

Çizelge 6.7 Termal Bunaltıcılık (Saat 14⁰⁰ deki ort. Sıcaklık ve bağıl nem değerlerinden hesaplanmıştır)

Meteoroloji İst.	Temmuz HI (°C)	Ağustos HI (°C)	Termal konfor
Kayseri	28	28.1	Hafif düzeyde bunaltıcı sıcak
Nevşehir	27.0	27.0	Konforlu

Kış döneminde ise, WCT Index hesaplarına göre dondurucu soğuk yaşanan iller olabilecektir. Uzun yıllar ortalama en düşük sıcaklık (°C) ve ortalama rüzgar hızı

(km/saat) değerlerinden hesaplandığında Kayseri’de hafif ve orta düzeyde dondurucu soğğun yaşanabileceği anlaşılmaktadır (Çizelge 6.8). Hafif düzeyde yarım saat, orta düzeyde ise on dakikadan az süre açık havaya maruz kalındığında cilt ve yüzeysel dokularda donma oluşturacak düzeyde soğuk etkisi bulunmaktadır.

Çizelge 6.8 Dondurucu Soğuk Termik Etki (Uzun yıllar ortalama En düşük sıcaklık (°C) ve ortalama rüzgar hızı (Km/saat) değerlerinden hesaplanmıştır)

Meteoroloji İst.	WCT (°C) İndeks	Termal konfor
Kayseri	-34	hafif / orta düzeyde dondurucu soğuk
Nevşehir	-26	Konforlu

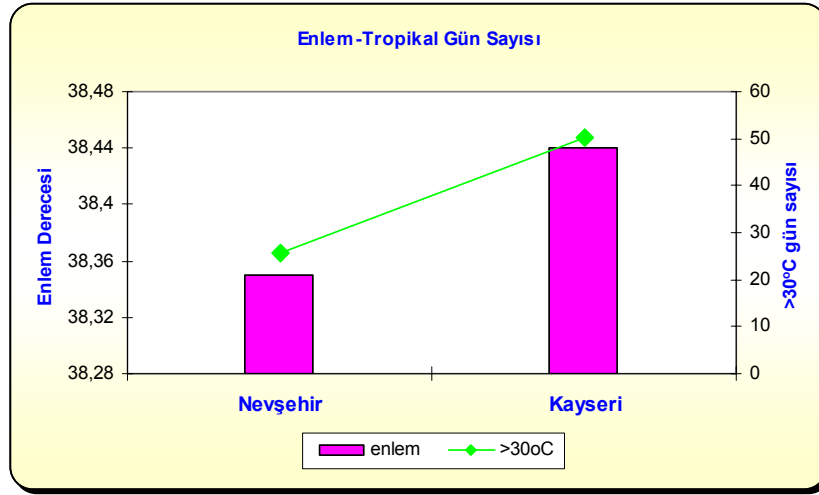
Kür merkezleri planlandığında, bu bölgede günlük değerlerden yapılacak hesaplamalarla ortalama yıllık dondurucu soğuk etkili gün sayısının bilinmesi gerekecektir. Bir fikir vermesi için düşük sıcaklığın -20°C ve altında olduğu ortalama gün sayısı 2.9 gün ile en yüksek Kayseri’dedir ki, bu sayı da çok düşüktür. Dolayısı ile hava kalitesini etkileyen olumsuz biyoiklimsel özelliklerin genellikle sınır değerlerin altında olduğu söylenebilir Dondurucu soğuk beklenen dönemlerde ise uyarılar ve alınacak tedbirlerle kürler sürdürülebilir.

6.2.2 Sağlık Amaçlı Değerlendirilebilecek Biyoiklimsel Özellikler

Termik etki kompleksi içinde yer alan başlıca iklimsel faktörler, hava sıcaklığı, su buharı basıncı ve rüzgardır. Yaz döneminde sıcak ve kış aylarında ise soğuk termik uyarı dikkat çekmektedir. Tropikal gün sayısının enleme ilişkisine göre güney enlemlerde yüksek olması beklenirken korele olmadığı görülmektedir (Çizelge 6.9, Şekil 6.5).

Çizelge 6.9 Sıcak termik etki

Meteoroloji İstasyonu	Ocak saat14 ⁰⁰ ort. sıcak (°C)	Temmuz saat14 ⁰⁰ ort. sıcak (°C)	Yüksek Sıcaklık 20°C ve üzeri ort. gün sayısı	Yüksek Sıcaklık 30°C ve üzeri ort. gün sayısı
Kayseri	2.6	29.0	171.8	50.0
Nevşehir	2.3	26.8	151.0	25.5



Şekil 6.5 Tropikal gün sayısının (yüksek sıcaklık 30°C üzeri) enlemle ilişkisi

Kayseri’de tropikal gün sayısı (30°C’den yüksek sıcaklık olan günler) daha güney enlemlerde bulunan illerden daha yüksektir. Yani Kayseri termal uyarıcı etkisi yüksek olan (ekstrem sıcaklık farkı yüksek) illerdendir (Çizelge 6.10).

Çizelge 6.10 Soğuk termik etki

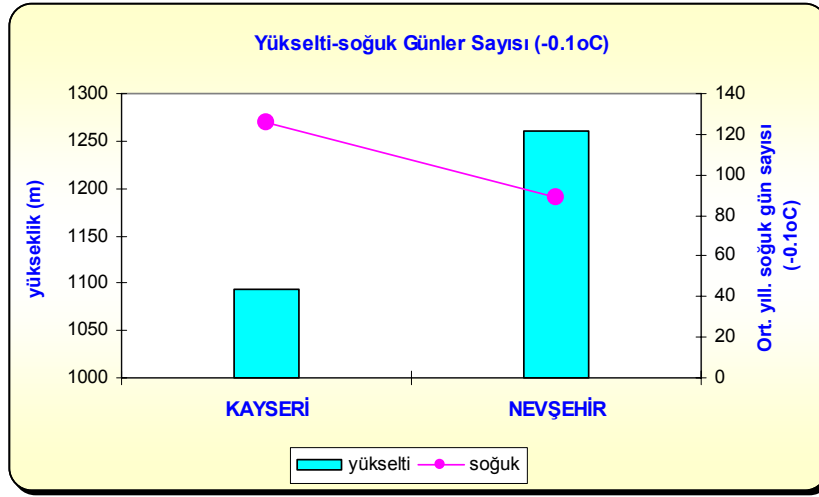
Meteoroloji İstasyonu	Düşük sıcaklık -0,1 °C ▼ gün sayısı	Düşük sıcaklık -5°C den ▼ gün sayısı	Düşük sıcaklık -10°C ▼ gün sayısı	Düşük sıcaklık -15°C ▼ gün sayısı	Düşük sıcaklık -20°C ▼ gün sayısı
Kayseri	125.6	57.5	23.5	9.0	2.9
Nevşehir	88.7	40.7	13.4	3.0	0.2

Buna göre Kayseri’de karasal iklim şiddetinin yüksek olduğunu yani yaz sıcakları ve kış soğğunun belirgin olarak şiddetli yaşandığını söylemek mümkündür (Çizelge 6.11).

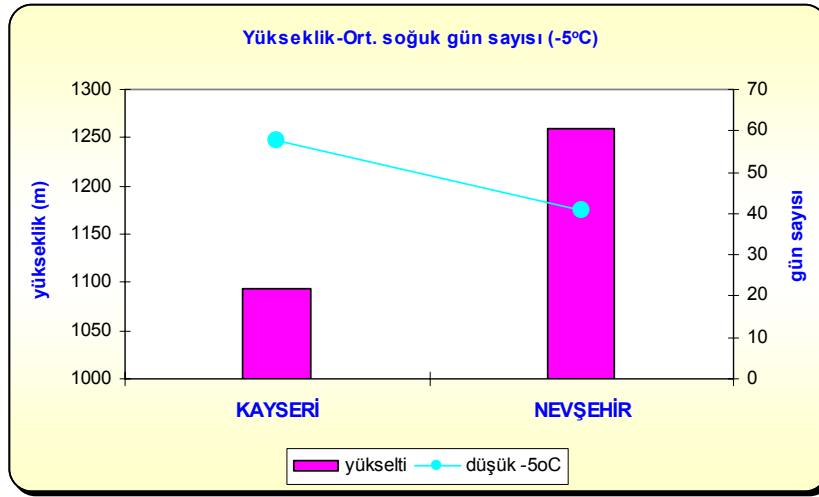
Çizelge 6.11 Termik uyarıcı etki

Meteoroloji İstasyonu	Ort.günlük Sıcaklık farkı(°C)	Ort. Mevsiml. sıcaklık farkı(°C)	En yüksek / düşük sıcaklık aralığı
Kayseri	14.9	26.4	69.1
Nevşehir	11.2	24.6	60.7

Soğuk günler sayısının (-0,1°C aşağı ve -5°C altında) yükseklikle korrele olduğu (Şekil 6.6, 6.7) ancak Kayseri’de sıçrama yaptığı görülmektedir. Ortalama kar örtülü gün sayısı da yükseklik artışıyla pozitif korrelasyon göstermektedir. Kayseri ve Nevşehir’de 53’den 62 güne ulaşan sayılar görülmektedir ki bu durum kür sırasında açık havada yapılacak etkinlikleri sınırlayıcıdır.

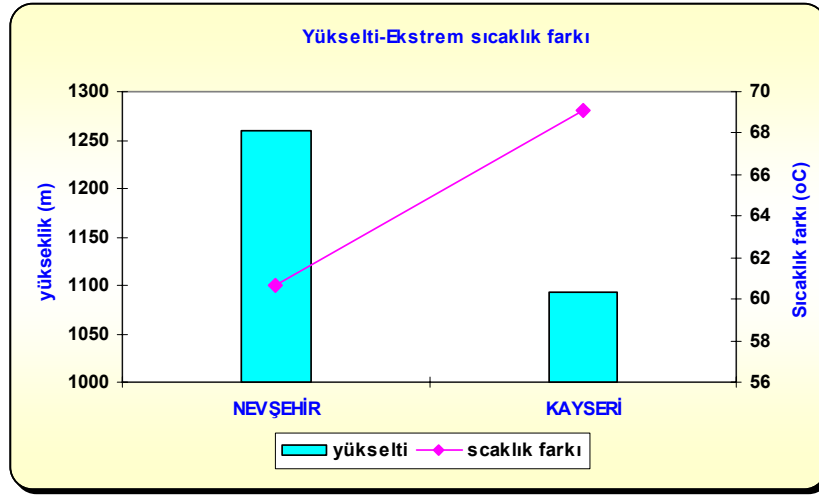


Şekil 6.6 -0.1°C'nin altındaki soğuk gün sayısının yükseltiyle ilişkisi



Şekil 6.7 -5°C'nin altındaki soğuk gün sayısının yükseltiyle ilişkisi

İncelenen bölgenin en belirgin termik özelliği günlük ve mevsimlik ortalama sıcaklıklarda 15-25°C gibi yüksek oynamaların görülmesidir. Ekstrem sıcaklıklardaki fark 70°C'ye kadar çıkmaktadır. Bu değerlere göre termik uyarıcılık en fazla Kayseri'de bulunmaktadır (Şekil 6.8).

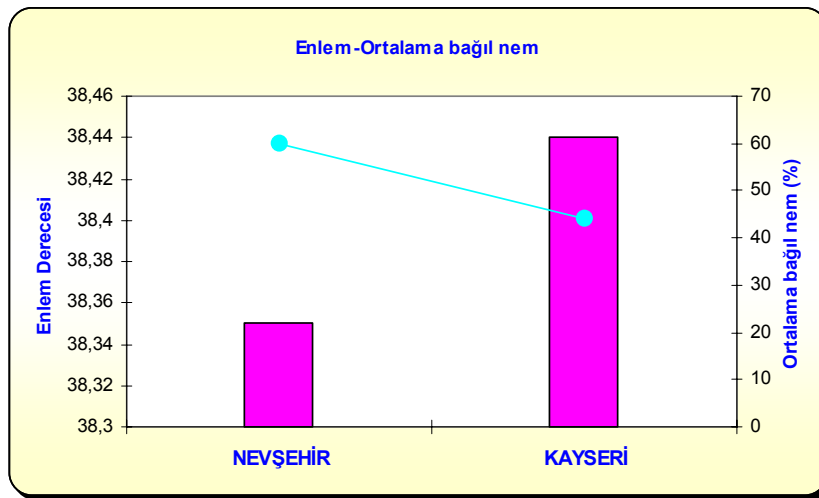


Şekil 6.8 Ortalama ekstrem sıcaklık farklarının yükselti ile ilişkisi

Yazın en sıcak, kışın ise en soğuk il olan Kayseri'de ortalama bağıl nem % 44 civarındadır (Çizelge 6.12, Şekil 6.9). Nemin düşüklüğü, rüzgâr şiddetinde artışla birlikte gündüz yaz sıcaklığında bunaltıcılığın olmayışını sağlayan koruyucu bir faktör olarak değerlendirilebilir ancak, ekstrem değerlere bakıldığında ise % 2-4 gibi aşırı kuru değerler görülmektedir ki, solunum yolları mukozası için olumsuz biyoiklimsel özellik olarak yorumlanabilir.

Çizelge 6.12 Nemsel özellikler

Meteoroloji İstasyonu	Yükseklik (m)	Enlem	Ortl. bağıl nem %	En düşük bağıl nem %
Kayseri	1093	38.44	44	4
Nevşehir	1260	38.35	60	9

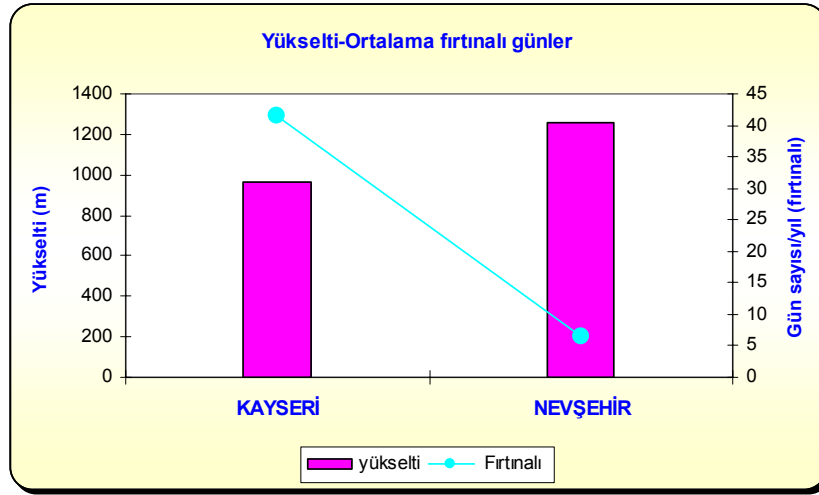


Şekil 6.9 Ortalama yıllık bağıl nem ile enlem derecesi arasındaki ilişki

Mekanik uyarıcı faktörler olarak basınç ve rüzgar şiddetini incelediğimizde, rüzgar hızının yüksek olduğu gün sayısı en fazla Kayseri'dedir (Çizelge 6.13). Fırtınalı gün sayısı ve maksimum rüzgar şiddeti de yine en fazla Kayseri'de olduğundan mekanik uyarıcı etki bu ilde diğerlerine göre daha yüksektir (Şekil 6.10).

Çizelge 6.13 Mekanik etki

Meteoroloji İstasyonu	Ort. yerel basınç (hPa)	En düşük yerel basınç (hPa)	En yüksek yerel basınç (hPa)	Yerel basınç değişim aralığı (hPa)	Fırtınalı gün sayısı
Kayseri	892	868.3	908	39.7	41.5
Nevşehir	874	851	889	38.0	6.6



Şekil 6.10 Ortalama yıllık fırtınalı gün sayısının yükselti ile ilişkisi

Rüzgar esme sayısı Kayseri dışındaki illerde yaz aylarında, Kayseri'de ise kış döneminde yüksektir (Çizelge 6.14). Rüzgarlar, yaz mevsiminde bunaltıcılığı azaltan koruyucu özellik, kış aylarında ise soğuk etkiyi arttıran uyarıcı biyoiklimsel özellik olarak değerlendirilebilir. Mart ve Nisan ayları bölgede rüzgar hızının en yüksek olduğu aylar olup, mekanik uyarıcı etki ve soğutma gücünün yüksek olduğu dönemdir.

Çizelge 6.14 Rüzgar özellikleri

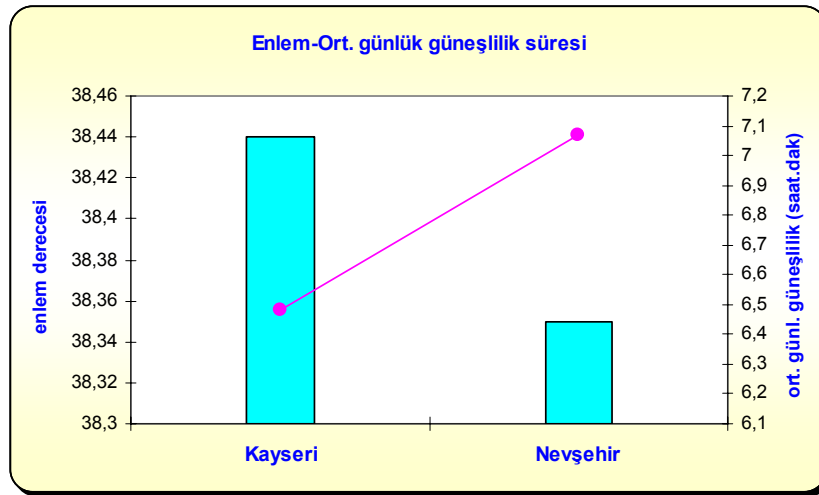
Meteoroloji İstasyonu	14 ⁰⁰ de ort. rüzgar hızı m/sn	Hakim Rüzgar yönü	Maks. rüzgar hızı m/sn	Fırtınalı gün sayısı	14 ⁰⁰ de ort. Rüzgar hızı en yüksek olan ay
Kayseri	2.6	S	41.5	41.5	Nisan (3.7)
Nevşehir	2.8	SSW	30.5	2.2	Nisan (3.3)

1300 m'nin altındaki yüksekliklerde bulunan bu bölgede yerel basınçtaki düşme eritropoezi uyuracak düzeyde olmayıp, solunum sistemi için inspirasyonu kolaylaştıran koruyucu biyoiklimsel özellik olarak yorumlanabilir [70,71].

Aktinik uyarıcı faktör olarak günlük ortalama güneşlenme süresi (saat.dakika) ve günlük ortalama güneşlenme şiddeti ($\text{cal/cm}^2/\text{dak}$) incelenmiştir (Şekil 6.11).

Çizelge 6.15 Aktinik etki

Meteoroloji İstasyonu	Yükseklik	Enlem	Günl.ort. Günş Süre saat:dak.	Temmuz Günl.ort. Güneşl. Şiddeti $\text{cal/cm}^2/\text{dak}$	Günl.ort. Güneşl. Şiddeti $\text{cal/cm}^2/\text{dak}$
Kayseri	1093	38.44	6.48	556.34	348
Nevşehir	1260	38.35	7:07	380.33	375



Şekil 6.11 Enlem-ortalama günlük güneşlilik süresi

Helioterapi, vücudun hasta olan bölgesinin veya tümünün güneşe maruz bırakılmasıyla yapılmaktadır. Özellikle ciltte pigmentasyon gelişimi, D vitamini sentezinde etkilidir. Psoriasis başta olmak üzere cilt hastalıkları, osteoporoz ve osteomalazi, fonksiyonel kalp dolaşım sistemi hastalıkları belli başlı endikasyonlarıdır. İyi doze edilerek tedavi ve koruyucu amaçlı yararlanılabilir. Ancak çok sıcak hissi olmayan bulutlu yaz günlerinde bile güneş yanıkları cilt ve göz hasarı riski unutulmamalıdır [72,73,74].

BÖLÜM VII

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

- Orta Anadolu Bölgesinin güneyinde yer alan inceleme alanı ve civarında Orta Anadolu Kristalen Kompleksi (OAKK)'ne ait kristalen kayalar temeli, üst Kretase-Kuvaterner yaşlı birimler sedimanter örtüyü oluştururken, Miyosen-Kuvaterner yaşlı volkanitler bu evrede faaliyet gösteren magmatizmanın ürünlerini temsil ederler.
- İnceleme alanındaki kaynaklar tektonizma ve Erciyes volkanizması ile ilişkili olarak açığa çıkmaktadırlar.
- Sıcak ve mineralli su kaynaklarının sıcaklıkları 14.4°C-43.4°C arasında değişim gösterirken; soğuk suların sıcaklıkları ise 12.5°C'dir. EC değerleri sıcak ve mineralli sularda 1915-17400 ($\mu\text{S/cm}$), soğuk sularda ise, 520-530 ($\mu\text{S/cm}$) değerindedir.
- Suların baskın katyonu Bayramhacı sıcak ve mineralli su kaynağı ile Gümüşkent mineralli kaynağında Ca^{+2} , diğerlerinde ise Na^{+} 'dir. Sularda hakim anyon HCO_3^{-} olup, bunu sırasıyla Cl^{-} ve SO_4^{-2} izlemektedir.
- İnceleme alanındaki suların iyon dizilimleri, Yeşilhisar mineralli kaynağında $(\text{Na}^{+}+\text{K}^{+})>\text{Mg}^{+2}>\text{Ca}^{+2}$, $\text{HCO}_3^{-}>\text{Cl}^{-}>\text{SO}_4^{-2}$; Dokuzpınar soğuk suyu ile Karakaya mineralli suyunda $(\text{Na}^{+}+\text{K}^{+})>\text{Ca}^{+2}>\text{Mg}^{+2}$, $\text{HCO}_3^{-}>\text{Cl}^{-}>\text{SO}_4^{-2}$; Bayramhacı sıcak ve mineralli su kaynağında $\text{Ca}^{+2}>(\text{Na}^{+}+\text{K}^{+})>\text{Mg}^{+2}$, $\text{HCO}_3^{-}>\text{Cl}^{-}>\text{SO}_4^{-2}$; Gümüşkent mineralli su kaynağında $\text{Ca}^{+2}>\text{Mg}^{+2}>(\text{Na}^{+}+\text{K}^{+})$, $\text{HCO}_3^{-}>\text{SO}_4^{-2}>\text{Cl}^{-}$ şeklindedir.
- Piper diyagramına göre; Yeşilhisar ve Karakaya mineralli suları, iyonlarının hiçbiri %50'yi geçmeyen karışık bileşimli sulardır. Karakaya mineralli suyu karbonat olmayan alkalitesi %50'den fazla olan sulardır. Bayramhacı sıcak ve mineralli suyu, karbonat sertliği %50'den fazla olan, CaCO_3 'lü ve MgCO_3 'lü sulardır. DPS ise iyonlarının hiçbiri %50'yi geçmeyen karışık bileşimli sulardır.
- İnceleme alanındaki suların doygunluk indislerine göre, sıcak ve mineralli sular genelde hematit, götit, kuvars, kalsedon, kalsit, dolomit, aragonit, minerallerine doygun olup, bunları çökeltme; jips, halit, anhidrit, manganit, melanterit, talk minerallerine doygun olmayıp, bunları çözebilme özelliklidirler.

- İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların, kuvars jeotermometresi ile hesaplanan tahmini hazne kaya sıcaklıkları BHMS’de 78-85°C, YMS’de 114-121°C, KMS’de 60-69°C, GMS’de 143°C’dir.
- İnceleme alanındaki suların $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ ve ^3H izotop analiz sonuçlarına göre Dokuzpınar soğuk suyu sığ ve hızlı dolaşımli en genç, Bayramhacı sıcak ve mineralli suyu derin dolaşımli ve en yaşlı su konumundadır. Yeşilhisar, Karakaya ve Gümüşkent mineralli suları ise karışım suları özelliğindedirler.
- Suların analiz sonuçlarına göre $\delta^{13}\text{C}$ (‰PDB) soğuk sulara (DPS) 0.2; BHMS, YMS, KMS ve GMS sıcak ve mineralli sularında ise sırasıyla 4.3, 6.1, 8.4 ve 9.5 olarak saptanmıştır. Bu sonuçlar sulardaki CO_2 ’nin kökeninin metamorfik olduğuna işaret etmektedir
- $\delta^{34}\text{S}$ ‰ VCDT değerleri YMS’de en düşük (5,5), KMS’de ise evaporitlerle temasa bağlı olarak en yüksektir (23,0). SO_4 miktarları (mg/l) en düşük GMS’de (5,64), en yüksek ise YMS’dedir (1037,88). YMS’nin yüksek sülfat içeriği atmosferle ve evaporitlerle temasının sonucudur.
- Gümüşkent ve Karakaya mineralli suları kaynak alanlarından alınan traverten örneklerinin $\delta^{13}\text{C}$ içerikleri, akım yolu boyunca akiferdeki karbonatlı kayacın çözünmesine bağlı olarak diğer sulara oranla daha fazladır.
- İnceleme alanındaki suların kaynak alanlarından alınan travertenlerine ait ince kesitlerinde, Yeşilhisar mineralli kaynağını temsil eden traverten suyun akış yolu boyunca; Bayramhacı sıcak ve mineralli kaynak alanını temsil eden traverten örneklerinin 1.’si dingin su ortamında, 2.’si ise suyun akış kanalında; Karakaya mineralli suyu kaynak alanını temsil eden traverten örneklerinden 2’ si suyun akış yolu boyunca, 3.’sü ise durgun su ortamında çökelmişlerdir. Gümüşkent mineralli suyu kaynak alanından alınan traverten örnekleri de suyun akış kanalı boyunca çökeltme işaret etmektedir.
- Kaynak alanlarından alınan traverten örneklerinin SEM analizleri ile travertenin iç yapısı ve oluşumuna dair yorum yapma imkanı bulunmuştur.
- Bölgede koruma alanları belirlenip, burada gerekli kurallara uyulmalıdır.
- Kaynak sıcaklıkları 12.5-43.4°C arasında, toplam mineralizasyonları 418-13076 mg/l arasında değişmektedir. Bu iki kritere göre; örneklerden DPS kaynak suyu, YMS, KMS, GMS mineralli ve BHMS termomineral su karakterindedir.
- Kimyasal kompozisyonları yönünden %20meq/l üzerindeki anyon ve katyonlar

ele alındığında, yörede egemen olan anyonun bikarbonat, katyonun sodyum olduğu dikkati çekmektedir. Orta Anadolu Bölgesi termal ve termomineral suları, genel olarak bikarbonatlı suların kullanım alanı olan mide bağırsak sisteminin fonksiyonel hastalıklarında, ülserlerde, metabolizma hastalıklarından diyabet ve gut hastalığında, idrar yolları ve böbreklerin kronik enfeksiyonlarında, idrar yolu taşlarının önlenmesi ve tekrarların önlenmesi, taş kırma sonrasında ve ameliyat ertesi durumlarda, içme kürleri şeklinde kullanılabilirler.

- Ayrıca termomineral suların tamamı aynı zamanda tuzlu sulardır. Bu nedenle termik etkileriyle banyolar şeklinde romatizmal hastalıkların tedavisinde kullanılabilmesi yanı sıra ultraviyole radyasyonu ile birlikte başta sedef hastalığı olmak üzere deri hastalıklarının tedavisinde kullanılırlar.
- Bölgede çok çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılacak karakterde sular bulunmaktadır. Bu olanakların insan sağlığı için kullanımının ve kullanım çeşitliliğinin artırılması, turizm potansiyeli yüksek olan bölgenin uluslararası sağlık turizmi açısından da gelişiminin sağlanması için yörede modern kaplıca merkezleri artırılmalı ve Tıp Fakülteleriyle işbirliği içinde yapılacak çalışmalarla kaynakların çeşitli hastalıklarda etkilerinin kanıtlanması sağlanmalıdır.
- İncelenen bölgede koruyucu biyoklimatik faktörler; sisli günlerin çok az oluşu, kısmi oksijen basıncı düşmesinin yüksek olmayışı, bağıl nem değerlerinin düşük ve bunaltıcılığın zayıf oluşudur. Termik ve aktinik uyarıcı biyoiklimsel özellikler ise sağlığın geliştirilmesi ve klimaterapide değerlendirilebilir.
- Proje kapsamındaki il merkezlerinde kirlilik yönünden hava kalitesi iyi değildir, ancak bu insan kaynaklı düzeltilebilir bir parametredir.
- Nevşehir'de ortalama yıllık sisli gün sayısı 29.5'tir. Kayseri'de ise 20.1 gündür. Sınır değerlerin çok altında olmakla beraber kirlenici konsantrasyonunun yüksek olduğu günlerde özellikle solunum sistemi hastalıkları için olumsuzluk yaratan smog (sis + duman ve kirlilik) oluşabilir.
- İklimsel özellikler bakımından hava kalitesi iyidir. Sınırlı bunaltıcılık ve dondurucu soğuk termal uyarıya dikkat çekmek gerekmektedir.
- Kayseri'de diğer illere göre daha yüksek termik uyarı bulunmaktadır; sağlıklı kişiler ve sporcularda performans arttırmada değerlendirilebilir. Aynı bölgede bulunan magnezyumdan zengin sularla içme kürleriyle kombine edilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Afşin, M., Elhatip, H., Dirik, K., Kuşcu, İ., Kavurmacı, M. ve Kurmaç, Y., Kayseri-İncesu-Himmetdede ve dolayındaki sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrokimyasal ve izotopik açıdan incelenmesi, TÜBİTAK ÇAYDAG 199Y041 no'lu proje, 69 sayfa, 2002.
- [2] PASQUARE, G., Geology of the Cenozoic Volcanic area of Central Anatolia: Atti Della Accad. Nazio. Die. Linceli Memorie. ser: 8/9 - 3, 55 - 204, 1968.
- [3] PASQUARE, G., POLI, S., VEZZOLI, L. and ZANCHI, A., Central Arc Volcanism and Tectonic Setting In Central Anatolia. Tectonophysics 146, 217 - 230, Amsderdam, 1987.
- [4] Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Radicatidibrozo, F. and Villari, L., The Neogene calckaline volcanism of Central Anatolia: Geochronological data on Kayseri-Niğde area. Geol. Mag., 112, 349-360, 1975.
- [5] Batum, İ., Nevşehir güneybatısındaki Göllüdağ ve Acıgöl yöresi volkanitlerinin jeolojisi ve petrografisi. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri, 4, 50-69, 1978.
- [6] KETİN, İ., Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış. İTÜ yayını, Sayı: 1259, 595 s. İstanbul, 1983.
- [7] GÜNER, Y., EMRE, Ö., BAŞ, H., Erciyes Yanardağının Jeolojisi ve Jeomorfolojisi. MTA Gen. Md. Derleme rapor No: 7570, Ankara, 1984.
- [8] MUMCUOĞLU, G. ve diğ., Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Niğde-Nevşehir-Kayseri Yöresinin Jeolojisi ve tektoniğinin incelenmesi. MTA. Rapor No: 7947, 1985.
- [9] ÖZGÜR, R., Erciyes Kalderası. Türkiye 10. Jeomorfoloji Kurultayı, Bildiri Özleri, Ankara, 1986.
- [10] ERCAN, T., Orta Anadolu Senozoyik Volkanizması. MTA Genel Müdürlüğü Dergisi, Sayı: 107, Ankara, 1986.
- [11] ATABEY, E. ve diğ., Hacıbektaş-Gülşehir-Kalaba (Nevşehir), Himmetdede (Kayseri) Arasının Jeolojisi MTA. Rapor.No: 8523, 1988.
- [12] ÖZMUTAF, M. ve TEKİN, Z., Kayseri-Himmetdede-Çiftgöz Kaplıcası Jeoloji-Hidrojeoloji Etüdü MTA. Rapor.No: 8981, 1990.
- [13] Göncüoğlu, M. C., Geologie des westlichen Niğde Massivs. Ph. D Thesis, Bonn University, 167 s, 1977.
- [14] Göncüoğlu, M. C, Erler, A., Toprak, V., Olgun, E., Yalınız, K., Kuşcu, İ., Köksal,

- S. ve Dirik, K., Orta Anadolu Masifinin Orta Bölümünün Jeolojisi, Bölüm III: Orta Kızılırmak Tersiyer Baseninin Jeolojik Evrimi. TPAO Rap. No:3313, 104 s, 1993.
- [15] Göncüoğlu, M. C., Dirik, K., Erler, A. ve Yalınz, K., Orta Anadolu Masifinin Doğu Bölümünün Jeolojisi, Bölüm 4: Orta Anadolu Masifinin Sivas Baseni ile ilişkisi. TPAO Rap. No: 3535, 135 s, 1994.
- [16] Göncüoğlu, M. C., Toprak, V., Kuşçu, İ., Erler, A. ve Olgun, E., Orta Anadolu Masifi batı bölümünün jeolojisi. Bölüm 1: Güney Kesim. TPAO Rapor No: 2909, 1991.
- [17] Köksal, S. ve Göncüoğlu, M. C., İdiş Dağı-Avanos alanının jeolojisi (Nevşehir, Orta Anadolu). MTA Bült., 119, 41-58, 1997.
- [18] Akgün, F., Olgun, E., Kuşçu, I., Toprak, V. ve Göncüoğlu, M. C., Orta Anadolu Kompleksinin Oligo-Miyosen örtüsünün stratigrafisi, çökeltme ortamı ve gerçek yaşına ilişkin yeni bulgular. TPJD Bülteni, 6/1, 51-68, 1995.
- [19] Blumenthal, M. M., Niğde ve Adana vilayetleri dolayındaki Torosların jeolojisine umumi bir bakış. MTA, Seri B, 6, 95s, 1941.
- [20] Uygun, A., Geologie and Diatomit-vorkommen des Neogen-Beckens von Emmiler-Hırka (Kayseri-Turkey), Bonn Üniv. Doktora Tezi. 127 s, 1976.
- [21] Temel, A., Kapadokya eksplozif volkanizmasının petrolojik ve jeokimyasal özellikleri. H.Ü. Doktora Tezi, 1992.
- [22] Dirik, K. and Göncüoğlu, M. C, Neotectonic characteristics of Central Anatolia. International Geology Review, 38, 807-817, 1996.
- [23] Dirik, K., Göncüoğlu, M. C. and Kozlu, H., Tectonic evolution of the southwestern part of the Sivas basin. Geological Journal, 34, 303-319, 1999.
- [24] Dirik, K., Neotectonic evolution of the northwestward arched segment of the Central Anatolian Fault Zone, Central Anatolia. Geodinamica Acta, 14, 147-158, 2001.
- [25] Koçyiğit, A. and Erol, O., A tectonic escape structure: Erciyes pull-apart basin, Kayseri, central Anatolia, Turkey, Geodinamica Acta, 14, 133-146, 2001.
- [26] Koçyiğit, A. and Beyhan, A., A new intracontinental transcurrent structure. The Central Anatolian Fault Zone, Turkey. Tectonophysics, 284, 317-336, 1998.
- [27] Güleç, N., Hilton, D. R., ve Mutlu, H., Helium Isotope Variations in Turkey: Relationship to Tectonics, Volcanism and Recent Seismic Activites, Chemical Geology, Vol. 187, pp. 129-142, 2002.

- [28] Arnorsson, S., *Isotopic and Chemical Techniques in Geothermal Exploration, Development and Use*. IAEA publication, 351s., Vienna, 2000.
- [29] Afşin, M., Erdoğan, N., Gürdal, H., Gürel, A., Onak, A., Oruç, Ö., Kavurmacı, M. ve Durukan, G., Orta Anadolu'daki sıcak ve mineralli suların ve travertenlerin hidrojeokimyasal ve izotopik incelemesi ve suların tıbbi ve biyoiklimsel değerlendirmesi, TÜBİTAK ÇAYDAG 104Y197 no'lu proje, 126 sayfa, 2007 (yayımlanmamış).
- [30] Clark, I. and Fritz, P., *Environmental Isotopes in Hydrogeology*. Lewis publishers, 328 s, 1997.
- [31] Yıldırım, N., Güner, İ. N., Büyük Menderes Grabeninin Doğusunda Yeralan Jeotermal Sahalarda Bulunan Suların İzotopik ve Hidrojeokimyasal Özellikleri. Hidrojeolojide İzotop Tekniklerinin Kullanılması Sempozyumu (21-25 Ekim 2002) Adana, Düzeltilmiş ikinci baskı, s. 83-101, 2002.
- [32] Inguaggiato, S., Rizzo, A., Dissolved Helium Isotope Ratio in Ground waters: a New Technique Based on Gas-water reequilibration and its application to Stromboli Volcanic System. *Appl. Geochem.* 19, 665-673, 2004.
- [33] Golf, F., Janik, C. J., Delgado, H., Werner, C., Counce, D., Stimac, J. A., Siebe, C., Love, S. P., Williams, S. N., Fischer, T., Johnson, L., *Geochemical Surveillance of Magmatik Volatiles at Popocatepetl Volcano , Mexico*. *Geol. Soc. Am. Bull.* 110, 695-710, 1980.
- [34] Nielsen, H., Pilot, J., Grinenko, L. N., Grinenko, V. A., Lein, A. Yu., Smith, J. W., Pankina, R.G., *Litospheric Sources of Sulphur*. In: Krouse, H.R., Grinenko, V.A. (Eds.), *SCOPE 43-Stable Isotopes: Natural and Anthropogenic sulphur in the environment*. Wiley, Chichester, pp. 65-132, 1991.
- [35] Tarcan, G., *Jeotermal su kimyası*. Dokuz Eylül Üniversitesi Jenarum Yaz Okulu, 11-21 Haziran 2002, *Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar*, 198-245s, 2002.
- [36] Giggenbach, W. F., *Collections and Analyses of Geothermal and Volcanic Water and Gas Discharge*. In: D'Amore, F. (Co-ordinator). *Application of geochemistry in geothermal reservoir development*, UNITAR/ANDP Publications, p. 199-144, Rome, 1991.
- [37] Şahinci, A., *Jeotermal Sistemler ve Jeokimyasal Özellikleri*. Reform Matbaası, No.37/4 Beyler-İzmir, 247s, 1991b.
- [38] Fournier, R. O., *Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems*, *Geothermics*, 5, 41-50, 1977.

- [39] Giggenbach, W. F., Gonfiantini, R., Jangi, B. L. and Truesdel, A. H., Isotopic and Chemical Composition of Parbatia Valley Geothermal Discharges, NW-Himalaya, India, *Geothermics*, 12, 199–222, 1983.
- [40] Kharaka, Y. K. and Mariner, R. H., Chemical Geothermometers and Their Application to Formation Waters from Sedimentary Basins, In: Naeser, N. D. and Mc Collon, T. H. (Eds), *Termal History of Sedimentary Basins*, Springer-Verlag, New York, 99–117, 1989.
- [41] 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.
- [42] Arnorsson, S., Chemical Equilibria in Icelandic Geothermal Systems, Implications for Chemical Geothermal Investigations, *Geothermics*, 12, 119-128, 1983.
- [43] Viles, H. A., Goudie, A. S., Tufas Travertines and Alliet Carbonate Deposits: *Prog. Phys, Geogr.*, 14, 19, 1990.
- [44] Bögli, A., *Karst hydrology and physical speleogy* Verlag, Berlin, 284 p, 1980.
- [45] Bayarı, S. ve Kurttaş, T., An important in deposition of Karstic Travertines observation and natural bridge Yerköprü Travertines, Aladağlar, Eastern Tourids, Türkiye (H.Ü.) Ankara, 1997.
- [46] Bayarı, C. S. ve Özyurt, N. N., Konya Kapalı Havzası yeraltısuyunda karbon-14 yaş dağılımı, 2'nci Ulusal İzotop Hidrolojisi Sempozyumu, DSİ TAKK Dairesi Başkanlığı, 26-30 Eylül 2005 Gümöldür-İzmir, 18s, 2005.
- [47] Karagülle, M. Z., Doğal mineralli sular, özellikleri nitrit, nitrat sorunu ve Türkiye'deki yasal düzenlemeler, III. Ulusal Su Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s: 31-38, 1998.
- [48] Gutenbrunner, C., Ganderman, G., Wendt, R., Grebe, D., Gehrke, A., Verleichende Klinische Untersuchung uber die wirkung von kurortlichen Trinkuren mit einem Hydrogenkarbonat Heilwasser bei Patienten mit Hyperurikamie. *Phys rehab kur Med*, 7, 257-259, 1997.
- [49] Gutenbrunner, C., Hildebrandt, G., *Handbuch der Heilwasser-Trinkkuren*. Stuttgart, Sontag, 207-212, 1994.
- [50] Karagülle, M., Bikarbonatlı sular. *Balneoloji ve Kaplıca Tıbbı*, ed: Karagülle M. Z., Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, s:191-195, 2002.
- [51] Eşref, A., Akrotermal su ile banyo ve sodyum bikarbonatlı su ile içme kürü şeklinde bir balneoterapötik uygulamanın glukoz toleransı bozuk ve tip II diabetik

- hastalarda glukoz regulasyonu üzerine etkisi, (Uzmanlık Tezi), İstanbul, 1997.
- [52] Gürdal, H., Karagülle, O., Karagülle, M. Z., İçme kürleri, Balneoloji ve Kaplıca Tıbbı. Ed: Karagülle M. Z., Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, s:153-161, 2002.
- [53] Yüzbaşıoğlu, N., Sindirim sistemi hastalıklarında kaplıca tedavisi. Balneoloji ve Kaplıca Tıbbı, ed: Karagülle, M. Z., Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, s:147-153, 2002.
- [54] Erdoğan, N., Osteoartritlerde Kaplıca Tedavisi, Osteoartrit, ed: Karaaslan, Y., MD yayıncılık, Ankara, s.159-72, 2000.
- [55] Hildebrandt, G., Gutenbrunner, C., Balneologie, Handbuch der Balneologie and Medizinischen Klimatologie, ed: Gutenbrunner, C., Hildebrandt, G., Springer Verlag, Berlin Heidelberg, Pp187-474, 1998.
- [56] Karagülle, M., Doğal mineralli sularda sodyum ve hipertansiyon, Balneoloji ve Kaplıca Tıbbı, ed: Karagülle M. Z., Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, s:177-183, 2002.
- [57] Sacks, F. M., Svetkey, L. P., Vollmer, W. M., Effects on blood pressure of reduced dietary sodium and the dietary approaches to stop hypertension (DASH) diet, N Engl J Med, 344, 3-10, 2001.
- [58] Kaplan, N. M., The dietary guideline for sodium: should we shake it up? No Am J Clin Nutr, 71, 1020-1026, 2000.
- [59] Bertoni, M., Oliveri, Manghetti, M., Boccolini et al, Effects of a bicarbonate-alkaline mineral water on gastric functions and functional dyspepsia: a preclinical and clinical study Pharmacological Research, Vol. 46, No. 6, 2002.
- [60] Karagülle, M., Sülfatlı sular, Balneoloji ve Kaplıca Tıbbı, ed: Karagülle M. Z., Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, s:183-191, 2002.
- [61] Heizer, W. D., Sondler, R. S., Seal, Ejr., Murray, S. C., Busby, M. G., Schliebe, B. G., Pusek, S. N., Intestinal effects of sulfate in drinking water on normal human subjects. Dig Dis Sci, 42, 1055-1061, 1997.
- [62] Yang, C. Y., Chiu, H. F., Tsai, S. S., Cheng, M. F., Lin, M. C., Sung, F. C., Calcium and magnesium in drinking water and risk of death from prostate cancer, J Toxicol Environ Health, 60, 17-26, 2000.
- [63] Yang, C.Y., Calcium and magnesium in drinking water and risk of death from cerebrovascular disease, Stroke, 29, 411-414, 1998.
- [64] Rubenowitz, E., Axelson, G., Rylander, R., Magnesium in drinking water and death from acute myocardial infarction, Am J Epidemio, 143, 456-462, 1996.

- [65] Linda Kao, W. H., Folsom, A., Nieto, F. J., Et al, Serum dietary magnesium and the risk for type 2 diabetes mellitus. Arch Intern Med,159, 2151-2159, 1999.
- [66] Yüzbaşıoğlu, N., Demirli, iyotlu, florlu sular. Balneoloji ve Kaplıca Tıbbı, ed: Karagülle M.Z., Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, s:195-199, 2002.
- [67] Mc Donagh M. S., Whiting P. F., Wilson P. M., Et al, Systematic review of water fluoridation. BMJ, 321, 855-859, 2000.
- [68] Amelung, W., Hildebrandt G., Kohlensäurewasser (sauerlinge). In: Balneologie and medizinische klimatologie. Band 2, Springer Verlag, Berlin ,190-201, 1985.
- [69] T.C.Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu
www.tuik.gov.tr, <http://www.die.gov.tr/>
- [70] Schuh, A., Angewandte Medizinische Klimatologie, Grandlagen and Praxis Sontag Verlag, Stuttgart, 1995.
- [71] Simon, D., Borelli, S., Wissenschaftliche Untersuchungen zur Wirkung der Hochgebirgsklimatherapie, Phys. Med. Rehab. Kuror., 11, 104-109, 2001.
- [72] Leaute-Labreze, C., Saillour, F., Chene, G., Et al., Saline spa water or combined water and UV-B for psoriasis vs conventional UV-B: lessons from the Salies de Be'arn randomized study, Arch Dermatol, 137, 1035-9, 2001.
- [73] Schmidt, K. L., Rheumatischer Erkrankungen, Handbuch der Balneologie and Medizinischen Klimatologie. ed: Gutenbrunner, C., Hildebrandt, G., Springer Verlag, Berlin Heidelberg, s: 606-21, 1998.
- [74] Schuh, A., Klimaexpositionsverfahren; Klimatherapie in verschiedenen Klimazonen, Kompendium klassische Naturheilverfahren, ed: Beer, M. A., Lukonov, J., Karl, C., ISMH. Verlag. Pp: 87-97, 1998.