

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇAN İLÇE SINIRLARI İÇERİSİNDE YAŞAYAN
İNSANLARIN KAN VE SAÇ As-Pb VE Hg
DEĞERLERİNİN YERALTISULARI İLE İLİŞKİSİNİN
TIBBİ JEOLOJİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Fatma ŞENGÜNALP

Danışman:
Doç. Dr. Alper BABA

Ocak, 2009
ÇANAKKALE

**ÇAN İLÇE SINIRLARI İÇERİSİNDE YAŞAYAN
İNSANLARIN KAN VE SAÇ As-Pb VE Hg
DEĞERLERİNİN YERALTISULARI İLE
İLİŞKİSİNİN TIBBİ JEOLJİ AÇISINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Fatma ŞENGÜNALP

Danışman:

Doç. Dr. Alper BABA

Ocak, 2009

ÇANAKKALE

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

Fatma Şengünelp tarafından Doç. Dr. Alper Baba yönetiminde hazırlanan “Çan İlçe Sınırları İçerisinde Yaşayan İnsanların Kan ve Saç As-Pb ve Hg Değerlerinin Yeraltı suları İle İlişkisinin Tıbbi Jeoloji Açısından İncelenmesi” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Alper BABA

Yönetici

Prof. Dr. Erdinç YİĞİTBAŞ

Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Coşkun BAKAR

Jüri Üyesi

Sıra No:.....

Tez Savunma Tarihi:..../..../....

Prof. Dr. Neşet AYDIN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bir yüksek lisans tezi olan bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doç. Dr. Alper Baba denetiminde hazırlanmıştır. Çalışmamın başlangıcından bitimine kadar tezimin her aşamasında bilgi ve tecrübesi ile beni yönlendiren tez danışmanım, değerli hocam Doç. Dr. Alper Baba'ya teşekkürü borç bilirim.

Çalışmam sırasındaki katkılarından dolayı Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde çalışan, Araş. Gör. Özkan Ateş ve Araş. Gör. Deniz Şanlıyüksel'e,

Tez çalışmasının tıbbi verilerinin yorumlanmasında katkıda bulunan kıymetli hocam Doç. Dr. Dilşad Save'ye,

Saha çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Jeoloji Mühendisi arkadaşım Tamer Taşdelen ve Çevre Mühendisi arkadaşım Deniz Okumuşoğlu'na,

Saha çalışmaları sırasında tıbbi verilerin toplanmasındaki yardımlarından dolayı Dr. Onur Özlem Köse ve Uz. Dr. Serdar Sülün'e,

Tez çalışmasında kullanılan bazı görüntü ve çizim tekniklerindeki yardımlarından dolayı Jeoloji Mühendisi arkadaşım Evren Poşluk'a,

Tüm yaşantım boyunca benden maddi ve manevi hiçbir yardımı esirgemeyen ve beni her konuda destekleyen aileme;

Tüm içtenliğimle sonsuz teşekkür ederim.

Fatma ŞENGÜNALP

ÇAN İLÇE SINIRLARI İÇERİSİNDE YAŞAYAN İNSANLARIN KAN ve SAÇ As-Pb ve Hg DEĞERLERİNİN YERALTISULARI İLE İLİŞKİSİNİN TIBBİ JEOLJİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Gerek doğal olsun gerekse endüstriyel kullanımlarına bağlı olsun kayalarda, yeraltısularında ve toprakta bulunan bazı elementlerin belirli sınır değerler üzerinde bulunması canlılar üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilmektedir. Son zamanlarda jeolojik yapılardan kaynaklanan doğal kirleticilerin insan sağlığına etkisi ile ilgili birçok çalışma yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışma kapsamında Çan ilçe sınırları içerisinde yaşayan insanların kan ve saç As-Pb ve Hg değerlerinin yeraltısuları ile ilişkisi irdelenmiştir.

Çalışma sahası olan Çan ilçesinin jeolojisi önceki araştırmacıların bulguları dikkate alınarak derlenmiş, çalışma sahasında yüzlek veren birimler saha nitelikleri ve önceki araştırmaların bulguları da dikkate alınarak beş farklı kaya birimi ayırtlanmıştır. Çalışma sahasının temelini Üst Kretase yaşlı Çetmi melanjı oluşturmaktadır. Temel kayaları Alt Oligosen-Miyosen yaşlı Evciler plütunu kesmektedir. Bu birimlerin üzerine Çan volkanitleri uyumsuzlukla gelmektedir. Çan volkanitlerinin üzerine çalışma sahasında uyumsuzlukla Erken-Orta Miyosen yaşlı Çan formasyonu gelmektedir. Çalışma sahasında tüm birimlerin üzerine Kuvaterner yaşlı alüvyon çökelleri uyumsuz bir dokanakla çökelmiştir.

Çalışma sahasında yüzlek veren bu jeolojik yapılardan çıkan suların insan sağlığına olan etkilerini belirlemek için, Çan ilçesinde rasgele seçilmiş merkez sokak ve köylerden, 40 yaş üzeri sigara kullanmayan ve diyetlerinde son 3 gün içerisinde balık tüketmemiş kadınlarla görüşülerek, bu kadınlara daha önceden hazırlanmış olan anketler uygulanmış, kan ve saç örnekleri alınmıştır. Alınan kan ve saç örneklerinin yanı sıra, bu örneklerin alındığı yerlerden toplam yirmi dokuz adet su örnek lokasyonu seçilmiştir. Bu su örnek lokasyonları Ç001 ve Ç029 arasında değişen şekilde isimlendirilmiştir. Su örneklerinin sıcaklıkları 8,5-19,8 °C, EC değerleri 94-1888 µS/cm ve pH değerleri ise 4,9-8,05 arasında değişmektedir. Yapılan hidrojeokimyasal

çalışmalar sonucu çalışma sahasında yüzlek veren karbonatlı kayalardan gelen sular Ca-Mg- HCO₃ ve volkanik kayalardan gelen sular Na-Ca-SO₄'lü su tipini yansıtmaktadırlar.

Çalışma sahasında kişilerden alınan kan ve saç örnekleri arsenik-kurşun açısından değerlendirilmiş ve bu değerler bölgeden alınan su örneklerinin arsenik-kurşun değerleriyle karşılaştırılmıştır. Buna göre çalışma sahasındaki su arsenik-kurşun değerleriyle kan arsenik-kurşun ve saç arsenik-kurşun değerleri dağılımları arasında yakın bir ilişki bulunmuştur. Ancak elde edilen verilere göre kan arsenik ve saç arsenik değerleri köylerde merkeze göre daha yüksek iken bu durum kurşun için aynı değildir. Kan kurşun ve saç kurşun değerleri Çan merkezde köylere göre daha yüksek bulunmuştur. Kurşun değerlerindeki bu yükseklik, Çan Havzası'nın kapalı bir konumda olmasının ve diğer kirleticilerin de çalışma sahasında (hava gibi) etkin olduğunun bir göstergesidir.

Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara göre bölgede madencilik faaliyetlerinin sağlık etkileşimi her ne kadar gösterilememiş olsa da bu durumun maruziyet yükü vardır. Ancak henüz sağlığı tehdit edecek konsantrasyonlara ulaşmamıştır. Kronik maruziyetin devam etmesi durumunda değerlerin artması beklenebilir. Jeolojik oluşumların insan sağlığını etkileyebilecek olaylara neden olabileceği göz önüne alınmalıdır. Yerleşim yerlerinin jeolojik açıdan değerlendirilmesi bölgede bulunan ve insanları etkileyebilecek olası maruziyetlerin tahmin edilip bu konuda önlem alınması önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Çan, madencilik, çevre, tıbbi jeoloji, ağır metal, arsenik, kurşun, su, sağlık

Hazırlanan bu Yüksek Lisans tezi TÜBİTAK tarafından 106Y041 no'lu projeden desteklenmiştir.

THE ASSESSMENT OF RELATIONSHIP BETWEEN PEOPLE LIVING IN ÇAN, WHOSE BLOOD AND HAIR As-Pb AND Hg VALUES AND GROUNDWATER FROM MEDICAL GEOLOGY POINT OF VIEW

ABSTRACT

Some elements in rocks, groundwater and soil which has higher values than limits due to not only but also industrial usages can make negative impacts on human health. Many studies have been done due to natural geological structure of the pollutants on human health effects recently. Within the scope of this study, the assessment of relationship between people living in Çan, whose blood an hair As-Pb and Hg values and groundwater.

In the study area, five different lithological units are determined according to characteristics of the rocks and previous studies. Upper Cretaceous aged Çetmi Ophiolitic Melange constitutes the basement of the area. Late Oligocene-Miocene aged Evciler Pluton cuts the basement rocks. These units are overlain unconformably by the Çan Volcanics. In the study area, these volcanic rocks are overlain with a disconformity by Lower–Middle Miocene aged Çan Formation and Quaternary alluvium overlies all the units unconformably.

Determining of the negative impacts of groundwater on human health which come from geological structures of study area. In the study area, we interviewed with women over age of 40, who haven't smoked before and haven't eaten any fish last three days in their diet. From these women, blood and hair samples were collected. Together with these samples also twenty nine water sampling locations were selected in the study area. Water sampling locations were named between Ç001 and Ç029. These water sample temperatures are between 8,5–19,8 °C, electrical conductivity (EC) values are 94-1888 µS/cm and pH values are 4,9–8,05. According to the result of hydrogeochemical investigations, these samples are generally Ca-Mg-HCO₃ and Na-Ca-SO₄ water type.

Blood and hair samples which collected from the women in the study area were examine about arsenic and lead. Blood and hair samples' arsenic and lead values were compared water samples' arsenic and lead values. According to this comparison, water samples' arsenic-lead values and blood and hair samples' arsenic-lead values are shown the similarities. On the other hand, in Çan's villages' blood and hair samples' arsenic values are higher than Çan's center's. Lead values are higher in Çan's center. Higher values of lead pointed that Çan Basin has a close basin structure and the other pollutants has an active role in the study area.

According to the results of this study, mining activities in area will influence the human healthy. Geological formations may have also features to affect the human health. It's important that when choosing the settling area, geological formations should be assessed and take accuse about the influence of people in bad way.

Keywords: Çan, mining, environment, medical geology, heavy metal, arsenic, lead, water, health

This M.Sc. thesis was supported by TUBİTAK under the project no of 106Y041.

İÇERİK

	Sayfa
TEZ SINAVI SONUÇ BELGESİ.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
BÖLÜM I-GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	1
1.2. Çalışma Sahasının Tanıtılması.....	2
1.2.1. Çalışma Sahasının Konumu.....	2
1.2.2. Çalışma Sahasına Ulaşım.....	3
1.2.3. Çalışma Sahasının Morfolojik Özellikleri.....	3
1.2.4. Çalışma Sahasının İklim ve Bitki Örtüsü Özellikleri.....	4
1.3. Önceki Çalışmalar.....	5
1.3.1. Jeolojik Çalışmalar.....	5
1.3.2. Hidrojeolojik Çalışmalar.....	9
1.4. Çalışma ve Değerlendirme Yöntemleri.....	13
1.4.1. Saha Çalışmaları.....	13
1.4.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	15
1.4.3. Büro Çalışmaları.....	15
BÖLÜM II-JEOLOJİ	17
2.1. Bölgesel Jeoloji.....	17
2.2. Çalışma Sahasının Jeolojisi.....	21
2.2.1. Çetmi Ofiyolitik Melanji.....	23
2.2.2. Evciler Plütonu.....	23
2.2.3. Çan Volkanitleri ve Küçükkuşu Formasyonu	24
2.2.4. Çan Formasyonu.....	27
2.2.5. Alüvyon.....	27
2.3. Yapısal Jeoloji.....	28
2.3.1. Uyumsuzluklar.....	29

2.3.2. Faylar.....	30
BÖLÜM III-MADENCİLİK VE ÇEVRE.....	31
3.1.Maden Sahalarında Hidrojeolojik Yaklaşım.....	33
3.2.Madencilik Faaliyetleri ile Oluşan Kirleticilerin Yeraltısuyuna Etkileri.....	36
3.2.1. Sedimentasyon Havuzlar.....	37
3.2.2. Maden Atık Suları.....	38
3.2.3. Asit Maden Drenajı	38
3.2.4. Katı Atıklar.....	40
3.3. Madencilik Faaliyetleri ile Oluşan Kirleticilerin Yeraltısuyunda Taşınımı....	41
3.4. Çalışma Sahasındaki Madencilik Faaliyetleri ve Etkileri.....	42
BÖLÜM IV-HİDROJEOKİMYA.....	46
4.1. Çalışma Sahasındaki Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri	46
4.1.1. Çetmi Ofiyolitik Melanjı.....	47
4.1.2.Çan Volkanitleri.....	47
4.1.3. Çan Formasyonu.....	47
4.1.4. Alüvyon.....	48
4.2. Analiz Yöntemleri.....	49
4.3. Su Örnek Lokasyonları.....	49
4.4. Suların Fiziksel Özellikleri.....	54
4.4.1. Elektriksel İletkenlik (EC).....	54
4.4.2. Sıcaklık (T).....	56
4.4.3. Hidrojen İyonu Aktivitesi (pH).....	57
4.5. Suların Kimyasal Özellikleri.....	59
4.5.1. Majör İyonlar.....	59
4.5.1.1. Sodyum (Na).....	59
4.5.1.2. Potasyum (K).....	60
4.5.1.3. Kalsiyum (Ca).....	62
4.5.1.4 Magnezyum (Mg).....	63
4.5.1.5. Alkalinite (HCO_3^- ve CO_3^{2-}).....	63
4.5.1.6. Klorür (Cl^-).....	64

4.5.1.7. Sülfat (SO_4^{-2}).....	64
4.6. Su Kaynaklarının Sınıflandırılması.....	65
4.6.1. Su kaynaklarının iyon karakteristikleri.....	65
4.6.2. Schoeller Yarı Logaritmik Diyagramı.....	67
4.6.3. Piper (Üçgen) Diyagramı İle Suların Sınıflandırılması.....	68
4.7. Ağır Metaller.....	70
4.7.1. Kurşun (Pb).....	73
4.7.2. Cıva (Hg).....	75
4.7.3. Arsenik (As).....	79
BÖLÜM V –TIBBİ JEOLJİ.....	82
5.1. Analiz Yöntemleri.....	83
5.2. Ağır Metaller.....	88
5.2.1. Ağır Metallerin İnsan Sağlığına Etkileri.....	89
5.2.1.1. Arsenik (As).....	93
5.2.1.2. Kurşun (Pb).....	101
5.2.1.3. Cıva (Hg).....	109
BÖLÜM VI –SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	112
KAYNAKLAR.....	115
Şekiller Listesi.....	I
Tablolar Listesi.....	IV
Yaşam Öyküsü.....	V

BÖLÜM I

GİRİŞ

Bu bölümde çalışmanın amacı, kapsamı, çalışma sahasının yeri, morfolojik özellikleri, sahada yapılmış önceki çalışmalar ile çalışmada izlenen ve uygulanan yöntemlerle ilgili bilgilerin verilmesi amaçlanmıştır.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Ağır metaller su kaynaklarına, endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının toprağı ve dolayısı ile bileşimde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltısularına ulaşmasıyla geçerler.

Gerek doğal olsun gerekse endüstriyel kullanımlarına bağlı olsun kayaçlarda, yeraltısularında ve toprakta bulunan bazı elementlerin (arsenik, selenyum, florin, kurşun, çinko, kadmiyum, bor, uranyum vb.) belirli sınır değerler üzerinde bulunması canlılar üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilmektedir. Bu etkiler toprakta ve yeraltısularında doğal jeolojik özelliklere bağlı çevre kirliliğine yol açmaktadır. Bu kirliliğin kaynağını çoğu zaman maden yatakları ve bazı elementlerce zenginleşen yan kayaçlar oluşturmaktadır. Bu tür bir çevre kirliliği çözelti-yan kayaç bileşimi ve ortama bağlı olarak gelişmektedir.

Element ve minerallerin insan sağlığı ile olan ilişkisini, insan vücudundaki her doku, sıvı, hücre ve organda dengelerini koruduğunu bilmenin insan sağlığını korumada temel olduğu açıktır.

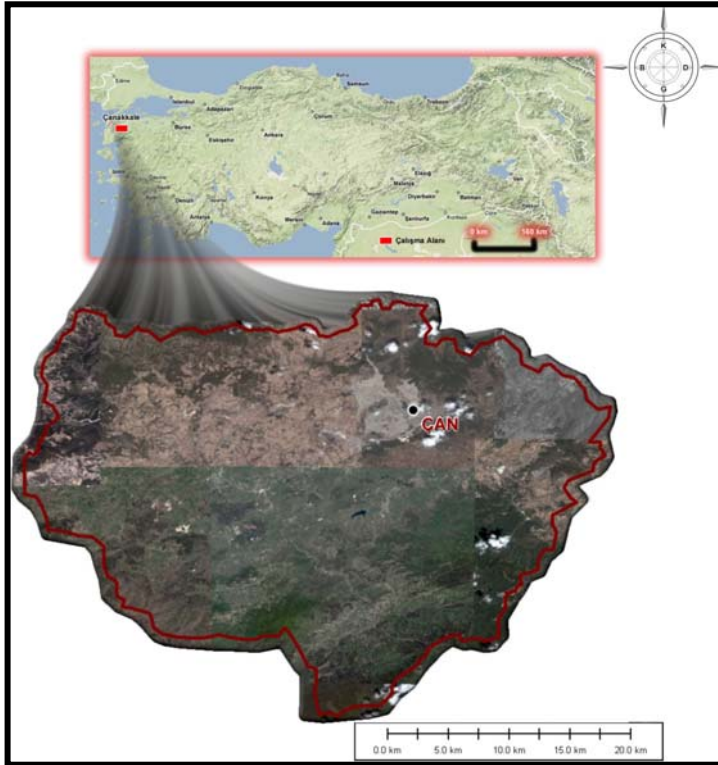
Ağır metallerin insan sağlığı üzerinde yarattığı etkiler düşünüldüğünde, Çan kömür havzasındaki madencilik faaliyetleri göz önünde bulundurularak bu bölgenin tıbbi jeolojik açıdan değerlendirilmesi düşünülmüştür. Bu amaç kapsamında bölgeye ait jeolojik veriler önceki çalışmalardan yararlanılarak derlenmiş, çalışma sahasındaki formasyonların litolojik ve hidrojeolojik özellikleri yapılan saha çalışmaları ile birlikte değerlendirilmiş, Çan ilçesinde rasgele seçilmiş merkez sokak ve köylerden, 40 yaş üzeri sigara kullanmayan ve diyetlerinde son 3 gün içerisinde

balık tüketmemiş kadınlarla görüşülerek, bu kadınlara daha önceden hazırlanmış olan anketler uygulanmış, kan örnekleri ve saç örnekleri alınmıştır. Çalışma sahasındaki su kaynaklarından yapılan örnekleme ve analiz çalışmaları sonucunda bu suların kimyasal özellikleri, suların kökenleri ve çeşitli alanlarda kullanım özellikleri saptanmıştır. Ayrıca alınan kan ve saç örneklerinden yaptırılan analizler sonucu elde edilen arsenik, kurşun ve cıva değerleri bu ağır metallerin sulardaki oranlarıyla karşılaştırılmış ve bölgede herhangi bir etkilenim olup olmadığı araştırılmıştır.

1.2. Çalışma Sahasının Tanıtılması

1.2.1. Çalışma Sahasının Konumu

Çalışma sahası Çanakkale iline bağlı Çan ilçesi ve yakın çevresini kapsayan yaklaşık 156 km²'lik bir alandır. 1/25000 ölçekli Bandırma H 18 d 4 ve Çanakkale H 17 c3 paftalarında, 496000–507000 enlemleri ve 4427000–4434000 boylamları arasında yer almaktadır. Önemli yerleşim yerleri; Çan Merkez, Etili, Kulfal, Durali ve İlyasağa Çiftliği köyleridir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Çalışma sahasının yerbulduru haritası.

1.2.2. Çalışma Sahasına Ulaşım

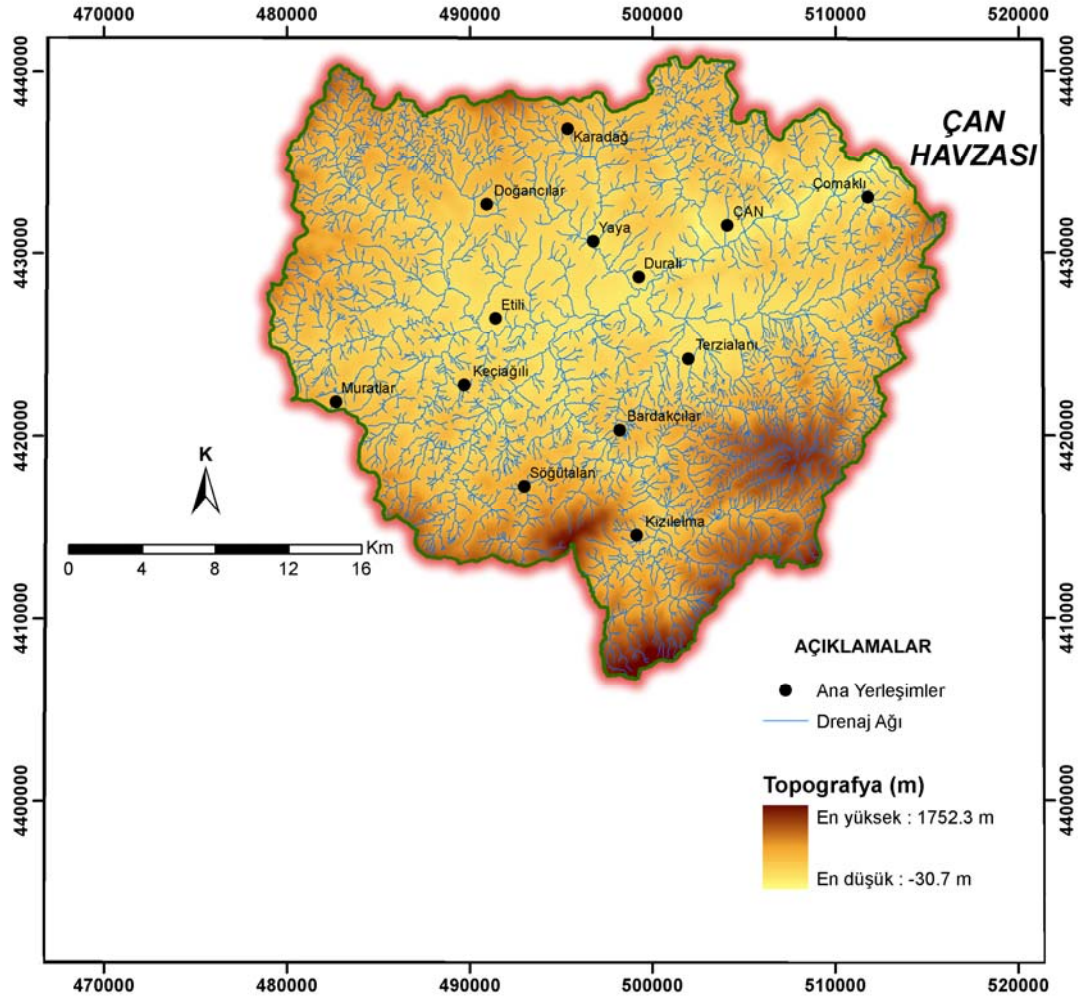
Denize kıyısı bulunmayan Çan ilçesinde demiryolu ve hava yolu ulaşımı mevcut değildir. Ulaşım karayolu ile yapılmaktadır. Çanakkale il merkezine yaklaşık 76 km mesafede bulunan Çan ilçesinden Çanakkale merkez, Biga, Bayramiç, Yenice ve Edremit gibi çevre ilçeler arasındaki yolların çoğu asfalt yol olmasına karşın köyler arası ulaşımı sağlayan yollar ise genellikle stabilize yollardır. Ayrıca Çan ilçesinden çevre büyük illere de ulaşım karayolu ile sağlanmaktadır.

1.2.3. Çalışma Sahasının Morfolojik Özellikleri

Çan ilçesinin genellikle engebeli bir morfolojisi vardır. İlçenin en önemli yükseltileri; güney batıdaki Ağı Dağı (983 m) ve Yangılık Tepesi (737 m), güney doğudaki Düzipirem Tepesi (523 m), doğudaki Asmalı Tepesi (516 m), Erenler Tepesi (424 m), kuzey batıdaki Azap Tepesi (749 m)'dir. İlçenin en alçak yeri ise Koca Çay'ın oluşturduğu, ortalama yüksekliği 70 m olan alüvyon ovasıdır. Ovalar, su kenarlarında ve tepeler arasındadır. Karakoca Ovası, Bahadırlı Ovası, Helvacı Ovası en önemli ovalarıdır.

Çalışma sahasındaki en önemli akarsu Koca Çayı'dır (Şekil 1.2). Menderesler çizerek akan bu çayın suları yazın bir miktar azalmaktadır. İnceçay, Yayıçukuru, Yapraklı ve Küçük Çay derelerinin suları Koca Çay'a karışmaktadır. Bu tali derelerin suları genellikle yazın kurumaktadır. Sakar Dağı, Ağı Dağı ve Künk Dağlarının yüksek bölgelerindeki derelerden beslenen Koca Çay'ın uzunluğu 80 km., minimum debisi 10-15 m³, maksimum debisi ise 1345 m³'tür. Çalışma sahası içerisinde Koca Çay olarak adlandırılan bu çay değişik isimler alarak, Biga ilçe merkezinden geçerek Marmara Denizi'ne dökülür.

Çalışma sahası genelde alüvyon ovalarında düz ve az engebeli, diğer yerlerde ise genelde engebeli ve çok engebelidir. Çalışma sahasındaki genel eğim yönü Koca Çay ve bununla bağlantılı olan derelere doğru azalmaktadır.



Şekil 1.2. Çalışma sahasının drenaj ağı ve yükseltileri.

1.2.4. Çalışma Sahasının İklim ve Bitki Örtüsü Özellikleri

İlçede genellikle Karadeniz iklimi ve Akdeniz iklimleri arasında bir geçiş özelliği gösteren Marmara iklimi hüküm sürer. Kuzey rüzgarları etkilidir. Yıllık yağış miktarı 600-850 mm kadardır. Yağışlar daha çok sonbahar, kış ve ilkbahar mevsiminde görülür. En yüksek sıcaklık $+38,7^{\circ}\text{C}$, en düşük sıcaklık ise $-11,5^{\circ}\text{C}$ 'dir.

İlçenin %58'i ormanlıktır. İlçe sınırları içindeki ormanlarda daha çok akçam, karaçam, köknar, meşe, kayın, gürgen ve kestane ağaçları görülür. Son yıllarda yapılan dikimlerle yeni orman alanları meydana getirilmektedir.

1.3. Önceki Çalışmalar

Çalışma sahasında daha önce yapılan jeolojik araştırmaların çoğu, bölgenin genel jeolojisine, tektonik yapısının incelenmesine ve hidrojeolojik özelliklerinin ortaya konmasına yöneliktir. Bölgedeki madencilik faaliyetlerinin çevre, hava ve insan sağlığı üzerindeki etkilerine yönelik çalışmalar bundan önce yapılmamıştır. Bölgede bugüne kadar yapılan jeolojik ve hidrojeolojik çalışmalar ile ilgili kısa değerlendirmeler aşağıda sunulmuştur.

1.3.1. Jeolojik Çalışmalar

Kalafatçioğlu (1961), yılında yaptığı çalışmalarda Paleozoik yaşlı mermer ve şistlerin Kaledoniyen orojenezi ile, Permiyen yaşlı serilerin genç varistik orojenezi ile kıvrımlandığını, ofiolitik ve asit intrüzyonların da bu devreye ait olduğunu, Neojenin göl rejimi ile temsil edildiğini, volkanizmanın Pliosende aktif olduğunu bildirmiştir.

Özcanoğlu (1962), Çanakkale-Çan linyitlerinin rezervlerini saptamıştır. 384 km²'lik bir alanı incelemiştir. Ümitli olarak saptadığı sahalar 90 km²'dir. 35 sondajdan 19'u kömür kesmiştir. Sondajlara göre muhtemel rezervi 54 milyon ton olarak hesaplanmıştır. Kömürün yaşını Üst Pliyosen olarak kabul etmiştir.

Wedding (1966), Yapmış olduğu jeolojik çalışmaların sonunda tavan efüzlülerinin kömür içerikli seriye nazaran daha kuzeye doğru uzanmakta olduğunu saptamış Sarıoluk ocağındaki mostraların 1-2 milyon ton rezervinde olabileceğini söylemiştir. Problemlerin çözümü için 3 sondaj önermiştir. Yörede mostra vermeyen ancak sondajlar ile saptanabilen kil-tüfit seviyesi mevcuttur. Spilitlerin yaşı muhtemelen Kretase (?), kömürün yaşı ise Miyosen ve Pliyosen (?) olarak kabul etmiştir.

Bingöl ve diğ., (1975), Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve Karakaya Formasyonu'nun özellikleri konulu çalışmasında, Kaz Dağı, Balya, Manyas Gölü,

Bilecik ve Sivrihisar'dan Ankara'ya kadar uzanan hatta, Permo-Karbonifer birimleri örten çok az metamorfize olmuş spilit ve grovaklar ile diğer bloklardan oluşan birimi Karakaya Formasyonu olarak tanımlamışlardır.

Hazerfen (1976), Sahanın genel jeolojik durumu ile stratigrafisini incelemiştir. Neojen öncesi kayaçlar (spilitler, andezitler, bazaltlar ve tüfler), Neojen çökelleri (Linyit horizonu, kil, tuf-tüfit ardalanması), Neojen sonrası çökelleri (konglomeralar ve alüvyonlar) incelemiş ve ayırtlamıştır. Çan Havzası'ndaki kömür kalınlığını ortalama 16 m olduğunu saptamıştır.

MTA (1976), Çan linyit sahasında jeoloji ve rezerv çalışmaları yapmışlardır. 1975-1976 yıllarında yapmış oldukları toplam 66 adet sondajın 56 adedi kömürü kesmiş, 1 adedi teknik nedenlerden dolayı tavanda durdurulmuş, 9 adedi ise kömürü kesmemiştir. Kömürü kesen 41 adet sondajdan alınan numuneler üzerinde kimyasal analiz yapmışlardır.

Akyol (1982), Kömürlü sahada incelediği spor ve polenlere göre kömürün yaşının Orta Miyosen olduğunu belirtmiştir. Yaptığı incelemeye göre kömürün kuzeye gittikçe incelmekte ve sterilleşmekte olduğunu belirtmiştir.

Öngen (1982), Yenice (Çanakkale) yöresindeki granitoyitlerin ve yan kayaçların petrolojisini çalışmıştır. Birbirinden bağımsız altı granitoyit stoku ayıran çalışmacı, bunların mineralojisi, petrografisi, jeokimyası ve jeodinamiğini ortaya koymuştur. Ayrıca bu stokların yaptığı kontakt metamorfizmayı incelemiş ve kontakt ısısının 550–600 °C civarında olduğunu belirtmiştir. Biga Yarımadası'ndaki plütonizmanın kökenini Kretase'de okyanusal kabuğun kuzeye doğru Sakarya kıtası altına dalarak kısmi ergimesinden türeyebileceğini ileri sürmüştür.

Siyako ve diğ., (1989), Biga ve Gelibolu Yarımadaı'nın Tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon olanaklarını araştırdıkları çalışmalarında, Erken-Orta Miyosen'de kalkalkalen volkanizmaya eş zamanlı olarak, faylarla sınırlanmış ufak göl havzalarında şeyl, siltaşı, tuf ve linyit çökeldiğini belirtmiştir. Pliyo – Kuvaterner'

de ise Gelibolu ve Biga Yarımadaı'nda flüviyal çökeller ve gölşel karbonatlar depolanmıştır. Erken Miyosen'de Kuzey Anadolu Fayı araştırıcılara göre faaliyete başlamış ve Biga Yarımadaı'nda kuzeydoğu-güneybatı gidişli saç yanal atımlı faylar oluşmuştur.

Okay ve diğ., (1990), Biga Yarımadaı'nın jeolojisini, birimlerin litolojik özelliklerini ve tektonik evrimini incelemişlerdir. Noriyen'de gerçekteşen Karakaya Orojenezi sonrasında geç Triyas – erken Liyas'da Biga Yarımadaı yükselmiş, aşınmış ve Liyas'da molas tipi klastikler ile tanımlanan bir transgresyona uğramıştır. Geç Jura – Orta Kretase arasında Biga Yarımadaı kuzeyde pontid-içi okyanusuna güneyde ise İzmir-Ankara okyanusuna bakan bir kıtasal şelf oluşturur.

Ercan ve diğ., (1995), Tersiyer volkanizmasının Kuzeybatı Anadolu'daki bölgesel yayılımını incelemişlerdir. Yazarlar petrografik çalışmalarla Miyosen yaşlı lavların çoğunlukla andezitik, yer yer dasitik, ender olarak da riyodasitik türde, Pliyosen yaşlı lavların ise bazaltik türde olduklarını belirlemişlerdir. Jeokimyasal çalışmalar sonucu, Miyosen yaşlı lavların tamamen kalkalin nitelikte olup, kabuksal köken özellik taşıdıklarını saptamışlardır. Ayrıca, Tersiyer volkanizmasının Kuzeybatı Anadolu'da Eosen, Üst Oligosen, Miyosen, Pliyosen olmak üzere farklı dört gruba ayrılabilieceğini belirtmişlerdir. İnceleme alanımızda da bulunan Çan Volkanitlerine Oligosen yaşını vermişlerdir.

Öngen ve diğ., (2002), Çan güneyinde yer alan volkanik birimlerin stratigrafisini belirleyerek, alttan üste doğru andezit, riyolit, bazalt sıralanmasını vermiştir. Yaş açısından andezitler Miyosen, riyolitler Üst Miyosen, bazalt ise Pleistosen yaşlarını vermektedir. Bazalt akması esnasında riyolit topografyası düşey faylarla şekillenmiş ve bazalt vadileri izleyerek batıya doğru ilerlemiştir. Bazalt yayılımının daha çok Tepeköy ve Çekiçler Sirtının güney yamaçlarını işgal ettiğini tespit etmişlerdir.

Önder ve diğ., (2003), İl Çevre Müdürlüğü'nün bir çalışması olarak hazırlamış oldukları Çanakkale İli Çevre Durum Raporu'nda, ilin coğrafik özellikleri, doğal

kaynakları, klimatolojik ve hidrolojik özellikleri, madencilik faaliyetleri gibi birçok konu hakkında değerlendirmeler yaparak çözüm önerilerinde bulunmuşlardır.

MTA (2003), Çan linyit sahasında 2001-2002 ve daha önceki yıllarda MTA tarafından yapılan sondajları değerlendirerek, poligon yöntemiyle yapmış oldukları rezerv hesabı sonucunda, TKİ'nin belirlediği açık işletme sahasının görünür rezervini 99 371 000 ton, açık işletme bölümü dışında kalan bölümün görünür rezervini ise 43 288 000 ton olarak hesaplamışlardır.

Okay ve Göncüoğlu (2004), Karakaya kompleksini iki bölüme ayırmıştır. Alt Karakaya kompleksi; Paleozoyik sonu veya Triyas'ta yeşilist ve mavişist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş mafik lav, mafik piroklastik kaya, şeyl ve kireçtaşı ardalanmasından oluştuğunu, Üst Karakaya kompleksinin ise şiddetli deforme olmuş Permiyen veya Triyas yaşta klastik, volkanoklastik ve volkanik kayalardan oluştuğunu vurgulamıştır. Karakaya kompleksinin çökme ortamını ve tektonik gelişimini açıklayan iki model ileri sürmüşlerdir. Rift modelinde, Karakaya kompleksi kayaları Geç Permiyen yaşında bir riftte oluştuğunu, bu riftin daha sonra okyanusal bir kenar denize dönüştüğünü ve en Geç Triyas'ta kapandığını belirtmişlerdir. Dalma batma-eklenme modelinde ise Karakaya kompleksinin, Paleo-Tetis'in Triyas'ta kuzeye aktif kıta kenarı boyunca dalma-batmasıyla oluştuğunu eklenir prizmayı temsil ettiğini belirtmektedirler.

Erçetin (2005), Yüksek lisans tez çalışmasında Arabaalan-Elmalı yöresinde jeolojik çalışmalarda bulunmuş ve bölgede yer alan alkali kaolen olarak adlandırılan riyolitik tüfler ile ilgili ayrıntılı incelemeler sonucunda tüflerin seramik sanayisinde kullanılıp, yer karosu için uzun yıllar hammadde sağlayacağını belirlemiştir.

Şengün (2005), Yüksek lisans tez çalışmasında Kuzeybatı Anadolu'da Biga Yarımadası'nda Ezine'nin kuzey ve kuzeydoğusunda bulunan çalışma alanına ait kaya birimlerinin temel jeolojik ve petrografik özelliklerini ortaya koymuş, özellikle Çamlıca Grubu'nu oluşturan kaya birimlerini kendi içerisinde ayrıntılı olarak ilk kez haritalamış ve incelemiştir.

Türkdönmez (2007), Yüksek lisans tez çalışmasında Kazdağı yükseliminin kuzeyinde yer alan, Etili ve çevresini kapsayan 154 km²'lik bir alanda magmatik kayaların 1/25.000 ölçekli ayrıntılı jeoloji haritası yapmış, kayaların jeolojik konumları ile petrografik ve jeokimyasal özelliklerini araştırmıştır. Çalışma sahasında yer alan granodiyoritler ile volkanik kayaçların kendi aralarındaki ve diğer litoloji birimleri ile arasındaki ilişkiyi inceleyerek, magmatik kayaların kökenlerini ortaya çıkarmıştır.

Tunç (2008), Yüksek lisans tez çalışmasında Kazdağ Grubu'na ait ileri dereceli metamorfik çekirdek kayaları ile düşük dereceli metamorfik örtü kayalarının ve melanaj kayalarının en iyi yüzlek verdiği alanlardan biri olan Bayramiç güneyinde çalışmış, bu toplulukların hala sorunlar içeren köken ve tektonik anlamlarının ortaya konulmasına katkıda bulunmuştur.

1.3.2. Hidrojeolojik Çalışmalar

Şamilgil (1966), Tuzla sahasındaki kaynakların 102°C ve 20 lt/sn debileri ile buhar enerjisi yönünden dünyanın sayılı havzalarından birisi olduğunu ileri sürmüş, suların kökensele olarak konne tipte 1500–2000 m Mesozoyik sedimanları içinde hapsolan denizel ve lagünel sular olduğu tanımlamasını getirmiştir.

Ürgün (1971), Tuzla-Kestanbol (Çanakkale) bölgesinin jeolojik ve jeotermik enerji yönünden incelemek amacıyla Edremit körfezinden kuzeye doğru 1200 km²'lik alanın etüdünü yapmıştır. Oluşturduğu stratigrafide, temelde kristalin şist, mermer ve üzerinde kristalin kalker, daha üstte ise Neojen sedimanların yer aldığını belirtir. Magmatikleri, granit, siyenit, damar kayaçları, ignimbrit, andezit, latit, dasit ve spilit olarak haritalamıştır. K-G tektonik hatları sıcak suları taşıyan faylar olarak yorumlamıştır. Hedefi Tuzla ve Kestanbol sahalarına ait hazne ve örtü kaya hakkında yorum yapmak olan çalışmada, örtü kayaçları Neojen volkanikleri olarak belirtmiş fakat daha detaylı bilgi için rezistivite yönteminin uygulanması gerektiğini vurgulamıştır.

Kartal (1975), Kestanbol kaplıcasında jeolojik ve hidrojeolojik çalışmalar yapmıştır. Çalışma sahasında yüzeylenen sıcak suyun magmatik orijinli olup faylarla yüzeye ulaştığını, örtü kayasının olmadığını belirtmiştir. Yüzey sıcaklığı 70°C olan

suyun debisinin 5 lt/sn olduğunu ve sıcak suyun Na ve Cl iyonlarınca zengin olduğunu ifade etmiştir.

Özbayrak (1980), “Çanakkale-Yenice Hıdırlar Sahası'nın Jeotermal Enerji Olanakları” isimli çalışmada alanın jeolojik özelliklerini inceleyerek bölgenin jeotermal enerji olanaklarını araştırmıştır. Hazne kaya, örtü kaya ve ısı kaynağı ile ilgili bilgiler vermiştir. Ayrıca araştırmacı alanın jeotermal potansiyelinin artırılması ile ilgili yapılması gereken çalışmalara değinmiş ve önerilerde bulunmuştur.

Özbayrak (1984), Çanakkale iline bağlı Yenice ilçesi, Hıdırlar sahasında jeotermal amaçlı bir çalışma yapmış, hazne kaya, örtü kaya ve ısıtıcı kayalar konusuna açıklık getirmiştir. Araştırmacı, 87°C'ye varan sıcak suların yüzeye ulaşmasının belirli bir çatlak sistemine bağlı olduğunu vurgulamış, sondajlar aşamasında bazı değerlerin göz önünde bulundurulmasına dikkat çekerek jeotermal açıdan sahanın olumluluğunu belirtmiştir.

Yürür (1985), “Çanakkale-Ezine Kestanbol Kaplıcası Dolayının Hidrojeolojisi ve Termal Suların Kökeninin Araştırılması” isimli yüksek lisans tezinde termal suların siyenit bileşimli asit intrüzif kayalardan çıktığını belirtmiş ve 100-139 m ve 237-290 m arasında iki basınçlı akiferin varlığını tespit etmiştir. Kaplıcada yer alan termal suların magmatik ve denizel kökenli suların yüksek jeotermik gradyan nedeniyle ısındıklarını ve kırık hatlar boyunca yükselerek yüzeyde meteorik sularla karıştığını ifade etmiştir.

Mützenber (1990), Tuzla ve Kestanbol jeotermal sistemlerinin hidrokimyasal özelliklerini çalışmıştır. Jeotermal sisteminin ana kaynağının eski bir evaporitik göl olduğunu vurgulamıştır.

Öktü ve Dilemre (1997), Çanakkale İli'nin termal ve mineralli sular envanterini oluşturmak amacıyla hazırlamış oldukları MTA raporunda Çanakkale'nin Ayvacık, Bayramiç, Biga, Çan, Ezine, Lapseki ve Yenice ilçelerinde belirlemiş oldukları 19 adet kaynağın jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerini irdemişlerdir.

Gevrek ve diğ., (2000), Çanakkale-Tuzla jeotermal alanında yer alan hidrotermal alterasyon zonları x ışınları kırınımı ve jeokimyasal analizlerle incelemişlerdir. Çalışma sahasında alünit, kaolinit, montmorillonit, illit, silis ve silisifiye zonlar saptanmışlar ve bu hidrotermal alterasyon zonlarının dağılımına göre, çalışma sahası içinde sıcaklığı 150°-225°C olan jeotermal akışkanın varlığı ortaya çıktığını vurgulamışlardır. Çalışma sahasının tektonik yapısı, KB-GD ve KD-GB yönlü kuvvetlerle geliştiğini, bu kuvvetlerin etkisi ile oluşan D-B doğrultulu faylara bağlı gelişen diyagonal çatlaklardan gelen jeotermal akışkanlar, hidrotermal alterasyon için gerekli zemini hazırladığını belirtmişlerdir.

Çalışma sahasında hidrotermal alterasyon zonlarının gözlemlendiği volkanik kayalar alt-orta Miyosen yaşlı olup, latit, andezit, dasit, riyolit türde lavlar ile tüf ve ignimbritlerle temsil olduğunu ve yapılan petrokimyasal çalışmalarla, volkanitlerin yüksek potasyumlu kalkalkalen ve şoşonitik özellikler taşıyan kabuksal nitelikli bir kıta içi volkanizması olduğu sonucuna varmışlardır.

Baba (2003), Tuzla jeotermal sahasının çevresel özellikleri ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmada yöredeki sıcak su kaynaklarının bazı ağır metalleri, toprak ve soğuk su kaynaklarını etkilediğini vurgulamıştır.

Baba ve Özcan (2005), Tuzla jeotermal alanındaki sıcak su çıkışlarının toprak ve sudaki etkilerini incelemek için farklı dönemlerde alınan toprak ve su örneklemelerinin EC ve pH değerleri harita üzerine yerleştirilmiştir. Elde ettikleri veriler ile jeotermal su çıkışlarının Tuzla Ovasının bir kısmında tuzlanmaya sebep olduğunu belirlemişlerdir.

Baba ve Armannsson (2006), Türkiye'nin jeotermal potansiyelinin dünyada 7. sırada olduğunu, direk kullanım için 992 MWt, enerji üretimi için ise 20,4 MWe kapasiteye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Son kırk yıldır gelişen jeotermal enerji kullanımıyla birlikte çevresel etkilerde artarak jeotermalin kullanımını kısıtladığını vurgulamıştır. Türkiye'deki jeotermal sularda As, B, Cd ve Pb değerleri korozyon ve bunun gibi olumsuz etkilere neden olduğunu açıklamıştır.

Ayrıca Tuzla yöresindeki sıcak sulardaki ağır metallerin varlığı ile ilgili detaylı çalışma yaparak Tuzla jeotermal sahasının klor ve bor içeriğinin yüksek olduğunu vurgulamıştır.

Şanlıyüksel ve Baba (2007), Kırkgeçit jeotermal alanında yaptıkları çalışmada Kırkgeçit jeotermal sahasındaki sıcak su kaynaklarının ısıtıcı kayacı kaplıcanın güneydoğusunda yüzlek veren granitoyitler, akifer kayacını ise kaplıcanın güney ve güneybatı kesiminde mostra veren bol kırıklı çatlaklı kireçtaşları ile Karakaya kompleksi birimlerinin oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Sıcak suyun Na-SO₄'ca zengin olduğunu, Oksijen-18 ve Döteryum içeriklerine göre beslenme alanlarının aynı, derin dolaşımı, meteorik su bileşiminde olup, Tritiyum izotopu analiz sonuçlarına göre ise sıcak suların 50 yıldan daha yaşlı olduğunu vurgulamışlardır.

Ateş (2007), Yüksek lisans tez çalışmasında Çanakkale iline bağlı Yenice ilçesi, Hıdırlar jeotermal sahasındaki sıcak ve soğuk suların hidrojeokimyasal özellikleri ve bu jeotermal sistemin tektonizmaya ilişkisini ortaya koymuştur. Çalışma sahasının bölgesel sıkışma yönü BKB-DGD ile bölgesel açılma yönü KKD-GGB doğrultuları olarak belirtmiştir. Çalışma sahasında yer alan 3 farklı jeotermal kaynağın Na-SO₄-HCO₃ soğuk sular ise benzer kökenli sular Ca-Mg-HCO₃'lü su tipini yansıttığını ifade etmiştir.

Şanlıyüksel (2008), Yüksek lisans tez çalışmasında Kırkgeçit jeotermal alanının jeolojisini çalışmış, bu alanında yer alan sıcak ve mineralli su kaynaklarının hidrokimyasal ve izotopik veriler ile değerlendirmiş ve bu veriler ışığında alanın kavramsal hidrotermal modelini ortaya koymuştur.

Baba ve diğ., (2008), Yeraltısularının çevresel izotop içerikleri ve fiziksel özelliklerini birlikte değerlendirilerek Kazdağları kuzey doğusunda bulunan soğuk su kaynaklarının birbirleri ile ilişkilerini araştırmışlardır. Çevresel izotoplarla [trityum (T), oksijen-18 (¹⁸O), döteryum (D)] yapılan analizler sonucu soğuk su

kaynaklarının beslenme kotlarının ve yeraltında kalış sürelerinin farklı olduğunu ortaya koymuşlardır.

1.4. Çalışma ve Değerlendirme Yöntemleri

“Çan Kömür Havzası’ndaki Madencilik Faaliyetlerinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi” başlıklı yüksek lisans tezinin hazırlanması amacıyla yapılan çalışmalar; saha, laboratuvar ve büro çalışmaları şeklinde üç aşamada yapılmıştır.

1.4.1. Saha Çalışmaları

Saha çalışmaları Çanakkale iline bağlı Çan ilçesi ve yakın çevresini kapsayan yaklaşık 156 km²’lik bir alanı kapsamaktadır. Bu çalışmalar sırasında sahada belirlenen yirmi dokuz ayrı su kaynağından yerinde ölçümler ve su örnekleme çalışmaları farklı dönemlerde yapılmıştır. Su örnekleme amaçlı yapılan arazi çalışmalarında, su kaynakları başında WTW Multi 340i cihazı ile suların sıcaklık (T °C), pH ve elektriksel iletkenlik (EC-µS/cm) gibi fiziksel özellikleri ölçülmüştür. Bu ölçüm ve örnekleme çalışmaları su kaynakları için Nisan 2007 ve Temmuz 2007 olmak üzere iki farklı dönemde yapılmıştır.

Saha çalışmaları sırasında Çan merkez ve köyler olmak üzere 334 kadın deneğe önce kişinin sosyodemografik değişkenlerini, kişide bulunan hastalıkları, arseniğe bağlı olabileceği düşünülen hiperkeratoz varlığını, sigara içme ve çevresel sigara maruziyetini, içme ve kullanma suyunun kaynaklarını sorgulayan bir anket formu uygulanmış, sonra kan örneği alınmış ve yine aynı kişilerin 49 tanesinden de saç örneği toplanmıştır. Kan örnekleri uluslararası standartlara uygun olarak vakumlu kan alma tüpleri ve tek kullanımlık steril iğneler (Vacutainer Systems) kullanılarak EDTA’lı tüplere 4,5 ml olacak şekilde alınmıştır (Şekil 1.3). Saç örnekleri ise suboksipital bölgeden alınmıştır (Şekil 1.4).



Şekil 1.3. Saha çalışması sırasında kişilerden yapılan kan örnekleme.



Şekil 1.4. Saha çalışması sırasında kişilerden yapılan saç örnekleme.

1.4.2. Laboratuvar Çalışmaları

Kimyasal analiz için alınan su örneklerinin majör-minör elementleri ve iz element-ağır metal analizleri (Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, Ca, Cd, Ce, Cl, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, Ho, In, Ir, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Nd, Ni, Os, P, Pb, Pd, Pr, Pt, Rb, Re, Rh, Ru, S, Sb, Sc, Se, Si, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr) ACME (Kanada) Laboratuvarları'nda, ağır metal analizi için alınan kan ve saç örneklerinin ölçümleri ise atomik absorpsiyon spektrofotometresi kullanılarak Sistem Tıp Laboratuvar Hizmetleri Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi (İstanbul)'ne yaptırılmıştır.

1.4.3. Büro Çalışmaları

Saha çalışmaları ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen veriler önceki çalışmalarla karşılaştırılarak, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak yazılmıştır.

Suların kimyasal analiz sonuçlarından litoloji ve hidrojeolojik yapı arasındaki ilişkinin açıklanması için hidrojeokimyasal çalışmalarda yaygın olarak kullanılan Aquachem 3.70, Microsoft Office Excel ve Surfer 8 programı kullanılarak grafikler ve diyagramlar oluşturulmuştur. Yapılan çizimlerde genellikle CorelDRAW X3 programı ve ArcGIS programı kullanılmıştır.

Kan ve saç örneklerinden elde edilen sonuçlar, SPSS 11 paket programı kullanılarak istatistiksel olarak yorumlanmıştır. Bu yorumlamalarda sürekli değişkenler, dağılım normalse ortalama±standart sapma şeklinde, dağılımın normal dağılmadığı durumlarda ise ortanca ve çeyreklikler şeklinde verilmiştir. Bölgeler arası farklılıklar Man Whitney U, Kruskall Wallis, ANOVA veya bu yöntemlerin parametrik karşılıkları olan t-testi veya ANOVA testleriyle analiz edilmiştir. Sınıflanmış verilerin sıklık dağılımlarının karşılaştırılmasında ki-kare testi, beklenen değerler 5'in altında olduğunda ise Fisher testi kullanılmıştır. Gerekli durumlarda Yates düzeltmesi yapılmıştır.

Su kaynaklarının kimyasal analiz sonuçları kan ve saçtaki analiz sonuçlarıyla karşılaştırılarak, bölgede herhangi bir etkilenim olup olmadığı açıklanmıştır. Oluşturulan diyagramların ve verilerin göz önüne alınarak değerlendirilmesi ile elde edilen sonuçlar ışığında yüksek lisans tezi hazırlanmıştır.

BÖLÜM II

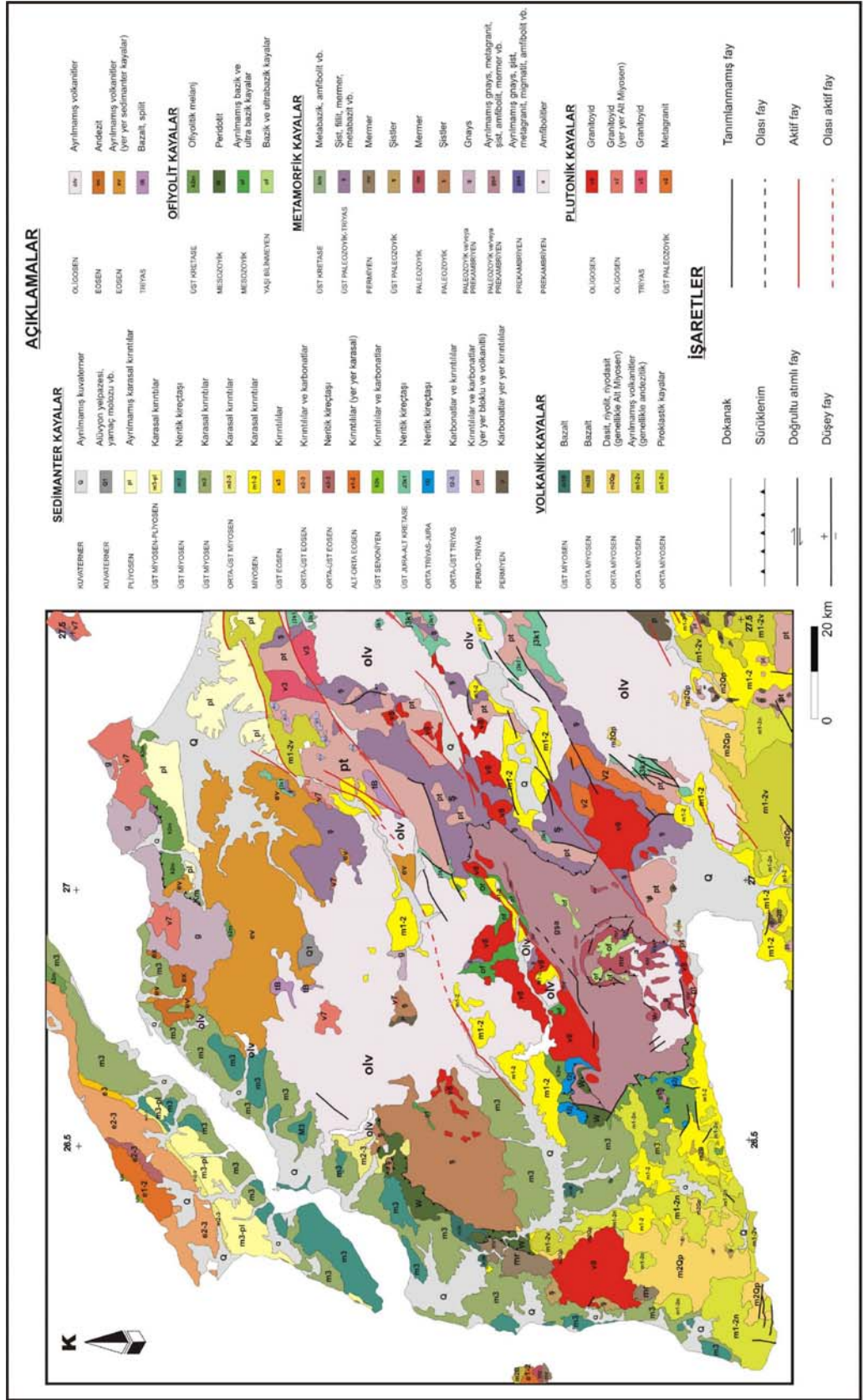
JEOLOJİ

2.1. Bölgesel Jeoloji

Biga Yarımadası'nda jeolojik olarak farklı köken ve yaşta kayaç grupları yer alır. Bu kayaç grupları başlıca metamorfik topluluklar, ofiyolitik topluluklar, sedimanter kayaçlar ve magmatik kayaçlardan oluşur (Şekil 2.1).

Biga Yarımadası'nın temelini Paleozoyik veya muhtemelen daha yaşlı Kazdağ Metamorfik Topluluğu, bu metamorfikleri tektonik üzerleyen Karakaya kompleksi birimleri ve Triyas sonrası çökeller oluşturur (Okay ve diğ., 1990). Kazdağ metamorfik topluluğu, 55 km uzunluğunda, 15 km genişliğinde, KD gidişli yapısal bir yükselim olup metamorfik kayaçlardan oluşur. Biga Yarımadası'nın güney kesimlerinde, temelde yer alır. Kazdağ metamorfik topluluğu, paleontolojik ve stratigrafik yaş verilerine göre Paleozoyik-Triyas yaşlıdır (Bingöl ve diğ., 1973, Gözler, 1986; Okay ve diğ., 1986; Okay ve Satır, 2000). Kazdağ metamorfikleri, birkaç farklı seviyeden oluşmaktadır. Bu seviyeler alttan üste doğru; gnays-mikaşist ve amfibolit birimi, metamorfize olmuş ofiyolit birimi ve metamorfik volkano-sedimanter birlik olarak sıralanır.

Kazdağ metamorfik topluluğu üzerinde tektonik bir dokanakla, aktif kıta kenarı çökelleri ile temsil edilen değişik tektonostratigrafik birimlerden oluşan Triyas yaşlı Karakaya kompleksi bulunmaktadır. Karakaya kompleksi, spilitik bazalt, diyabaz, gabro, çamurtaşları, çört ve radyolaritlerle giriklik gösteren feldspatlı kumtaşı, kuvarsit, konglomera ve silttaşı araldanmasından meydana gelir (Bingöl ve diğ., 1973). Karakaya kompleksi'ni oluşturan çeşitli, muhtemel eş yaşlı formasyonların birbirleri ile olan ilişkileri açık değildir. Karakaya kompleksi içerisinde birbirleriyle olan ilişkileri çok net olmamakla birlikte, benzer yaşta fakat değişik havza koşulları ve tektonik ortamları yansıtan dört farklı birim adlanmıştır. Bu birimler alttan üste doğru, Nilüfer birimi, Hodul birimi, Orhanlar grovakı ve Çal birimi'dir (Okay ve diğ.,1990). Bu birimlerin özellikleri aşağıda detaylı olarak anlatılmıştır.



Şekil 2.1. Biga Yarımadası'nın genel jeolojisi haritası (MTA, 2002)

Nilüfer birimi, Karakaya kompleksinin en alt tektonik birimini oluşturmaktadır. Kazdağ metamorfik topluluğu gnaysları üzerinde tektonik bir dokanakla yer almaktadır. Seyrek mermer ve fillit aralanmalı, kalın bir metabazik istifdir. Litolojisi açısından okyanus kabuğuna veya geçişli kabuk üzerinde gelişmiş yay-ıç ve/veya yay-önü havza çökellerine benzemektedir. Nilüfer birimi içersinde fosil bulunamamış olmasına karşın birimin tektonostratigrafik konumuna göre Triyas yaşlı olabileceği ileri sürülmüştür (Okay ve diğ., 1990).

Birimin üzerine tektonik dokanaklı olarak Hodul birimi gelmektedir (Akyüz ve Okay 1998). Karakaya kompleksi içinde en yaygın birim olup, başlıca beyaz-açık gri renkli Üst Triyas yaşlı arkozlarla aralanmalı koyu gri-siyah renkli şeyl ve silttaşlarından oluşmaktadır. Birimin üst kesimlerinin yaşı Noriyen'dir.

Orhanlar grovakı, genellikle sarımsı-yeşil renkli grovak ve şeyllerden meydana gelmiş olup içinde seyrek ara seviyeler halinde siyah çörtler ve ufak bloklar şeklinde Alt Karbonifer yaşlı siyah kireçtaşları bulunur. İçerdiği fosillere göre bu birim Üst Triyas yaşlıdır (Okay ve diğ., 1990). Tersiyer yaşlı bir granodiyorit, Orhanlar grovağını kesmiş ve geniş bir kontak metamorfik zon meydana getirmiştir.

Çal birimi ise, başlıca spilit, grovak ve değişik boyda yaygın Permiyen kireçtaşı ve spilit blokları içeren olistostromdan oluşmuştur. Birimin en karakteristik özelliği boyları birkaç cm den bir km ye kadar değişen bazik volkanik ve Üst Permiyen yaşlı kireçtaşı, çakıl ve olistolitleri kapsamasıdır. Yaygın olistostromlar, piroklastlar ve lav akıntıları Çal biriminin muhtemelen bir yay ardı riftinde oluştuğunu ve üst kesimlerinde yer alan pelajik sedimanter kayaların ise bu riftin zaman içinde derinleşip olgunlaştığını göstermektedir.

Karakaya kompleksi üzerine uyumsuzlukla rejyonel metamorfizma ve önemli bir deformasyon göstermeyen Jura ve daha genç sedimanter istifler yer alır (Okay ve diğ., 1990). Bunlar; Bayırköy formasyonu, Bilecik kireçtaşı ve Vezirhan formasyonudur.

Biga Yarımadası'nda geniş yayılım sunan Çetmi ofiyolitik melanji, başlıca spilitleşmiş mafik volkanik kayalardan, çeşitli türde kireçtaşlarından, grovakşeylerden, düşük oranda radyolarit, çört, serpantinitle büyük eklojit mikaşist ve eklojit tektonik dilimlerinden oluşur (Okay ve Satır, 2000). Çetmi ofiyolitik melanji içerisindeki kireçtaşları, litoloji ve yaş özelliklerine göre farklı üyelere ayrılmıştır (Okay, 1987). Bunlar; Çaldağ kireçtaşı üyesi, Sakarkaya kireçtaşı üyesi ve Gelinmezari kumtaşı üyesidir.

Çetmi ofiyolitik melanji ile Kazdağ metamorfik topluluğu arasında milonitleşmiş gnays ve metaserpantinitle mercceklerinden oluşan Alakeçi makaslama zonu bulunur. Büyük bir kesimi ezik gnayslardan oluşan Alakeçi makaslama zonu ile Kazdağ metamorfikleri arasındaki sınır, birçok noktada geçişlidir.

Büyük bir bölümü ile sedimanter kökenli olan, yüksek dereceli metamorfik kayalardan oluşan, Çetmi ofiyolitik melanji ile Denizgören ofiyolitleri arasında tektonik olarak Çamlıca metamorfikleri yer alır (Okay, 1987). Kazdağ masifinin örtü şistlerini oluşturan Çamlıca metamorfikleri esas olarak kuvars ve mikaşistlerden meydana gelmiştir.

Çamlıca metamorfikleri üzerinde tektonik bir dokanakla (Ovacık bindirmesi) duran, büyük bir bölümü ultramafik kayalardan oluşan birim Denizgören ofiyolitleri olarak isimlendirilmiştir (Okay, 1987). Denizgören ofiyoliti, 2-3 km genişliğinde, 20-30 km uzunluğunda dar bir şerit şeklinde güneybatı-kuzeydoğu yönünde uzanır.

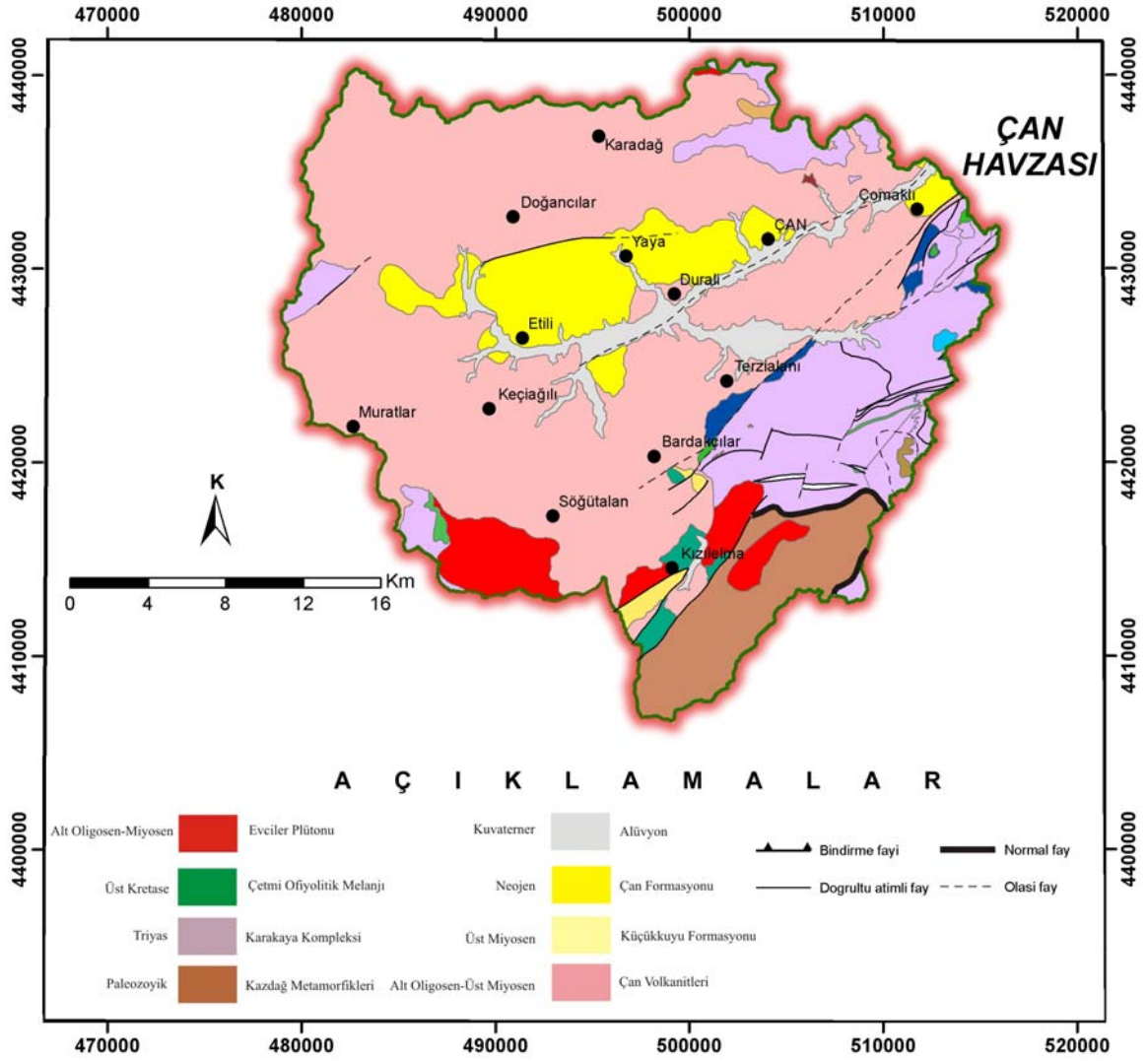
Biga Yarımadası'nda Eosen'den başlayarak Üst Miyosen sonlarına kadar çeşitli evrelerde oluşan volkanik kayaçlar, saha ve laboratuvar çalışmalarına dayandırılarak 6 gruba ayrılır (Ercan ve diğ., 1995). Bunlar; Eosen yaşlı Balıklıçeşme volkanitleri, Oligosen yaşlı Çan volkanitleri, Üst Oligosen yaşlı Kirazlı volkanitleri, Alt-Orta Miyosen yaşlı Behram volkanitleri, Orta Miyosen yaşlı Hüseyinfaki volkanitleri ve Üst Miyosen yaşlı Ezine bazaltlarıdır.

Biga Yarımadası'nda Pliyo-Kuvaterner döneminde çakıtaşı, kumtaşı ve şeylden oluşan flüviyal sedimanlar ile gölssel karbonatlar çökelmiştir. Bayramiç Formasyonu olarak adlandırılan (Siyako ve diğ., 1989) flüviyal birimin en iyi görüldüğü yerlerden biri Karamenderes Çayı'nın kuzeyleridir. Gönen ve Manyas kuzeyinde de geniş yüzlekler veren Bayramiç Formasyonu, genellikle daha yaşlı birimler üzerinde uyumsuzdur; yalnızca Çanakkale güneyinde Alçıtepe Formasyonu ile geçişli görülmektedir (Siyako ve diğ., 1989).

Biga Yarımadası'nda genç fay zonları boyunca yükselmiş ve Taştepe bazaltı olarak adlanmış olan Pliyo-Kuvaterner yaşlı genç lavlar da bulunmaktadır (Siyako ve diğ., 1989).

2.2. Çalışma Sahasının Jeolojisi

Çalışma sahasında yüzlek veren kayalar; saha nitelikleri ve önceki araştırmaların bulguları da dikkate alınarak beş farklı kaya birimine ayırtlanmıştır. Bunlar; çalışma sahasının temelini oluşturan Çetmi ofiyolitik melanji, daha çok bölgenin güney doğusunda yüzlek veren Evciler plütonu, bölgede geniş alanda yayılım gösteren volkanik kayalar (Çan volkanitleri) ve bu volkanik kayalarla ara katkılı olarak bulunan Küçükkuyu formasyonu, Neojen gölssel çökellerinin oluşturduğu Çan formasyonu ve alüvyondur (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Çalışma sahasının genel jeoloji haritası (Okay ve diğ., 1990'dan değiştirilmiştir).

2.2.1. Çetmi Ofiyolitik Melanjı

Çetmi ofiyolitik melanjı, başlıca spilitleşmiş mafik volkanik kayalardan, çeşitli türde kireçtaşlarından, grovak-şeylerden, düşük oranda radyolarit, çört, serpantinitler ile büyük eklojit mikaşist ve eklojit tektonik dilimlerinden oluşur (Okay ve Satır, 2000). Birim ismini, Küçükkuşu kuzeyinde birim üzerinde kurulu Çetmi köylerinden almıştır. Biga Yarımadası'nda, Bayramiç güneyinde Kazdağ metamorfiteilerinin batısında geniş bir alanda mostra veren Çetmi ofiyolitik melanjı başlıca spilit, kireçtaşı, şeyl ve grovaktan oluşur. Melanjın % 90 ını oluşturan bu kayalar dışında az miktarda serpantinit ve radyolarit de bulunur. Spilitler koyu yeşil, siyahımsı yeşil renkli, genellikle ince taneli ve serttir. Spilitlerden sonra ikinci önemli litolojiyi ise kireçtaşları oluşturur.

Çalışma sahasında, Çetmi ofiyolitik melanjına ait birimler Kızılema köyü ve Bardakçılar köyü güney doğusu olmak üzere iki ayrı bölgede yayılım gösterirler. Çalışma sahasında Çetmi ofiyolitik melanjına ait birimler, serpantinit, kireçtaşı bloğu ve metaşeyl olarak gözlenir. Bunlardan en yaygın olanı iki ayrı bölgede gözlenen serpantinitlerdir. Serpantinitler, koyu yeşil-siyah renkte gözlenir ve arazide yağimsı kayganlığı ile diğer kayalardan kolaylıkla ayrılırlar (Türkdönmez, 2007).

Çetmi ofiyolit melanjı'na ait birimler Geç Oligosen-Miyosen yaşlı Evciler plütönu tarafından kesilmekte ve Üst Oligosen-Miyosen yaşlı volkanik kayalar ile de uyumsuz olarak örtülmektedirler.

2.2.2. Evciler Plütönu

Evciler plütönu, Kazdağ metamorfiteilerinin kuzeyinde, Biga Yarımadası'nın güneydoğusunda, doğu-kuzey doğu, batı-kuzey batı yönünde uzanan, yaklaşık 180 km² lik bir alanda yüzeyleyen eliptik bir küttedir. Temel kayalarının ve alt volkanik birlik kayalarının içerisine sokulmuştur. Kazdağ metamorfiteileri ile olan dokanağında 150-200 m genişliğinde albit-epidot-hornfels fasiyesinde bir zon gelişmiştir. Alt volkanik birlik kayaları ile olan dokanağında ise 100-150 metre genişliğinde bir kontak zon gelişmiştir (Genç, 1998). Birkle (1992) yapmış olduğu Rb/Sr yaş tayini

sonucunda $25\pm 0,3$ my yaş bulmuştur ki, bu dönem Oligosen sonuna karşılık gelir. Evciler plütonu asıl olarak granodiyorit, kuvars monzonit, monzodiyorit ve diyoritten oluşmaktadır. Sığ bir sokulumdur (Öngen, 1978a).

Çalışma sahasında, Söğütalan köyü güneybatısında ve Kızılelma köyü güney batısında olmak üzere iki farklı yerde yüzlek vermektedir. Söğütalan köyünün güney batısındaki yüzleklerden alınan örneklerden yapılan petrografik incelemelere göre bu alana ait örneklerin granit-granodiyorit bileşimde olduğu söylenebilir. Ayrıca, Kızılelma köyü güney batısından alınan örneklerde yapılan petrografik incelemelerin sonucunda buradaki kayaçların granodiyorit bileşiminde olduğu saptanmıştır (Türkdönmez, 2007).

2.2.3. Çan Volkanitleri ve Küçükkuyu Formasyonu

Biga Yarımadası Alt Oligosenden itibaren tamamen kara haline geçerek yükselmiş ve özellikle Çan-Etili çevresinde, Edremit dolaylarında, Çanakkale doğusunda ve Gökçeada'da yaygın alanlar kaplayan andezit, dasit, riyodasit türde lav, tuf ve aglomeralardan meydana gelen karasal bir volkanik evre etkin olmuştur (Ercan ve diğ., 1995). Tuf ve lavların büyük bir kısmı alterasyona uğramış, pek çoğu da silisleşmiştir. Bunlar arazide beyaz, sarı, kırmızı, kahve, yeşil ve mavi renklerde çok farklı konumlarda bulunurlar. Silisleşen tüfler sert ve midye kabuğu kırılmalıdır. Ayırışmamış olan lavlar çoğunlukla koyu renklerde olup, kayada çubuklar şeklinde kahverengi plajioklas kristalleri, gri-siyah biotit ve koyu gri piroksen fenokristalleri izlenir. Hamur da genellikle bozuşmuştur ve çoğunlukla siyah renklidir. Lavların büyük bir kısmı silisleşmiş, arjilitleşmiş, yer yer de piritleşmiştir. Tüfler içinde yer yer de hidrotermal kuvars damarları bulunmaktadır. Bölgedeki tüm metalik maden yatakları genellikle bu Oligosen volkanizması ile ilişkilidirler. Ayrıca tüflerin ayrışmasıyla da, zengin kaolen yatakları oluşmuştur. Kuzeybatı Anadolu'da Oligosen volkanizması ilk kez Edremit doğusunda Krushensky (1976) tarafından gözlenmiş, Hallaçlar formasyonu olarak adlandırılmış ve radyometrik yaş tayini yapılarak 23.6 ± 0.6 my bir yaş bulunmuştur. Daha sonra Dayal (1984), Yenice dolaylarındaki andezitik lavlarda radyometrik yaş tayinleri yaparak 28.2 ± 1.4 ve 28.0 ± 0.9 my yaşlar saptamış ve üst Oligosen volkanizmasının varlığı ortaya çıkmıştır. Ercan ve diğ.

(1985), Ayvalık bölgesinde, Ercan ve diğ. (1986), Bigadiç yöresinde, Ercan ve Günay (1984) ile Ercan ve Gedik (1986), Gelibolu Yarımadası'nda ve Trakya'da, Ercan ve diğ. (1990) ise Balıkesir'de Oligosen yaşlı volkanizmanın varlığına değinmişlerdir. Ercan ve diğ., (1995)'nin yaptıkları çalışmada ise Oligosen volkanizması, tipik olarak Çan çevresinde görüldüğünden Çan volkanitleri olarak adlandırılmış ve Gökçeada'daki yüzleklerinden alınan iki örnekte K/Ar yöntemi ile yapılan radyometrik yaş ölçümü sonucunda 34.3 ± 1.2 ile 30.4 ± 0.7 my yaşları saptanarak volkanizmanın Alt Oligosen sonlarından itibaren etkin olduğu saptanmıştır.

Çalışma sahasının büyük bir kısmını Çan volkanitlerine ait kayaçlar oluşturur. Başlıca andezit, bazalt, tuf ve aglomera gibi volkanik kayaçlar yüzlek vermektedir. Bu kayaçlar pembe, açık kahverenkli olup hornblend ve ortoz kristalleri içerir. Genellikle çatlak sistemleri iyi gelişmiş olup, yüzeydeki kısımlar ileri derecede ayrışmaya uğramıştır (Şekil 2.3). Çalışma sahasında bazaltlar, genellikle yeşilimsi, siyah ve boz renkli olup iri hornblend fenokristallidirler. Aralarında kaolenleşmiş tuf mercekleri görülmektedir. Tipik olarak Durali köyü yöresinde yüzlek verirler. Aglomeralar ise kırmızı renkli andezit blokları içermektedir. Genellikle açık pembe, kırmızı renkli olan bu seviyenin çimentosu oldukça gevşektir. Yer yer alterasyonlar görülür (Şekil 2.4).

Şeyl, kumtaşı, tuf ve çakıltaşından oluşan ve Küçükkuuyu civarında en iyi mostralarını veren birim Saka, (1979) tarafından Küçükkuuyu Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Formasyon, esas olarak bitümlü şeyl, karbonatlı şilttaşları ile bunlarla ardalanmış çamurtaşı ve kumtaşlarından oluşmaktadır. Birim genel olarak düşük enerjili gölgesel bir ortamda çökelmiş olmakla birlikte yer yer türbiditik düzeyleri de içermektedir (Çiftçi ve diğ., 2004).

Birim çalışma sahası içinde çok geniş bir alanda izlenmez. Çalışma sahasında Bardakçılar Kaplıcası'nın güney ve güneydoğusunda birbirinden bağımsız iki yüzeylemesi bulunmaktadır (Türkdönmez, 2007).



Şekil 2.3. İlyasağa Çiftliği köyünde gözlenen andezitler (Koordinat- 98570-33320).



Şekil 2.4. İlyasağa Çiftliği köyü - Kulfa köy yolu üzerindeki aglomeralardan genel görünüm (Koordinat- 99221-33616).

2.2.4. Çan Formasyonu

Biga Yarımadası'nın iç kesimlerinde, Erken–Orta Miyosen'deki volkanizma ile eş zamanlı olarak, karasal birimler çökelmiştir. Çan çevresinde bitümlü şeyl, silttaşı, kumtaşı, tuf ve kömürden oluşan karasal birimler Siyako ve diğ., (1989) tarafından Çan Formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Çan formasyonu, Erken–Orta Miyosen'deki volkanizma ile eş zamanlı olarak, faylarla sınırlanmış birbirinden izole ufak gösel havza çökellerini temsil eder (Siyako ve diğ., 1989). Birim, Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Çan volkanitleri üzerine uyumsuz olarak gelmektedir.

Çalışma sahasında Kocaçay'ın kuzeyinde yüzeyleyen bu birim Çan formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Birim kömürlü formasyonlar ile laminalı kil-tuf ve tüfitten oluşmaktadır. Tarko kömür ocağı ve Çavuş köyde kömürlü formasyon, Durali köyünün kuzeydoğusunda, Tarko ve Demirci ocağında laminalı kil-tuf-tüfit gözlenmektedir.

Alt kısımlarda ekonomik olarak linyit damarı içeren kömürlü formasyon, Tarko kömür ocağında ve Çavuş köyünde tipik olarak gözlenmektedir. Kalınlığı yersel olarak 30-300 m. arasında değişmektedir. Kömürlü formasyon alttan başlayarak kendi arasında 3 seviyeye ayrılmıştır:

- ❖ *Taban konglomerası:* İyi yuvarlaklaşmış iri volkanik çakıllardan oluşan bu seviye, bazı kömür rezerv sondajlarıyla saptanmıştır.
- ❖ *Linyit:* Kalınlığı 0-65 m. arasında değişmekte olan bu seviye, linyit, killi linyit, linyitli kil tabakalarıyla, tamamen steril kil ve tüfitten oluşmaktadır. Polenlere göre kömürün yaşı Orta Miyosen olarak saptanmıştır (Hazerfen, 1976).
- ❖ *Kumlu killer:* Linyit seviyesinin üzerine uyumlu olarak gelen bu seviyenin kalınlığı 12-23 m. arasında değişmekte olup, genellikle volkanik elemanlı kumlu killerden oluşmaktadır.

Durali köyü kuzeydoğusunda, Tarko ve Demirci ocağında görülen laminalı kil-tüf-tüfit seviyesi, laminalı kil, silttaşı, tüfit ve ince merccekler halinde tüf ardalanmasından oluşmaktadır. Bu seviye içerisinde kalınlığı yer yer 1-10 cm. arasında değişen bitümlü şistlere rastlanmıştır. Laminalı seviyenin kalınlığı 20-90 m. arasında değişmektedir.

2.2.5. Alüvyon

Çalışma sahasında alüvyonlar genelde Koca çay yatağı ve bununla bağlantılı dere yataklarında ve düzlüklerinde gözlenmektedir.

Alüvyonlar, çevredeki kayaçların parçalanıp ayrışması ve sellenmeler sonucu blok boyutundan kil boyutuna kadar malzeme içerirler. Birim çoğunlukla kahverengi, yer yer sarımsı kahverengi, bej ve grinin tonlarında görülmektedir. Alüvyonun çakıllarının değişik boyutlarda büyük bir kısmını Çan volkanitlerine ait volkanik kayaçlar oluşturmaktadır. Alüvyonu oluşturan ince tanelerin yuvarlaklaşması iyi, kaba tanelerin yuvarlaklaşması ise ortadır. Alüvyon kendi iç bünyesinde heterojen bir dağılım sunar ve Kuvarterner yaşlı olup bütün birimleri uyumsuzlukla örter.

2.3. Yapısal Jeoloji

Biga yarımadası KD-GB gidişli birbirine paralel en-echelon geometri sunan, doğrultu atımlı faylar ve bunlarla ilişkili çek-ayır havzaları ve/veya sıkıştırılan büküm alanları ile karakterize edilebilir (Şekil 2.5). Bu faylardan en önemlileri; kuzeyden güneye doğru sırasıyla; Biga-Çan-Etili-Bayramiç hattını takip eden fay, Sarıköy-İnova Fayı, 1953 Yenice depreminin de üzerinde meydana geldiği Gönen-Yenice Fayı ve en güneydeki Havran-Edremit faylarıdır.



Şekil 2.5. Biga Yarımadası'ndaki önemli aktif faylar (MTA 2002'den değiştirilerek).

Çalışma sahasında gelişmiş başlıca yapısal unsurlar, uyumsuzlukları ve fayları içerir.

2.3.1. Uyumsuzluklar

Çalışma sahasında bulunan kaya birimleri arasında litolojik ve zamansal farklılıklardan ileri gelen uyumsuzluklar mevcuttur.

Bölgedeki ilk uyumsuzluk, Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı, granitik bileşimli Evciler plütönu ile Üst Kretase yaşlı Çetmi Ofiyolit Melanjı arasındaki ayrımlı kaya uyumsuzluğudur. Diğerleri, Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı Çan volkanitleri ile Alt Miyosen yaşlı kırıntılı sedimanlardan oluşan Küçükkuyu

formasyonu ve Alt-Orta Miyosen yaşı Çan formasyonu arasındaki açısal uyumsuzluktur. Çalışma sahasında yer alan diğer bir açısal uyumsuzluk ise Çan formasyonu ile Kuvaterner yaşı, alüvyon arasında gelişmiştir (Türkdönmez, 2007).

2.3.2. Faylar

Çalışma sahasında gözlenen faylar, Orta Miyosen sonrasında günümüze etkinliği süren Kuzey Anadolu Fayı (KAF)'nın yanal atım rejimi altında gelişmişlerdir. Çalışma sahasını etkileyebileceği düşünülen fay zonu Çan-Biga Fay zonedir.

Çan-Biga Fay zonu, Çan - Biga dolayında yer almaktadır. Uzunluğu yaklaşık olarak 50 km.'dir. Bu fay 6.3 ve 4.9 büyüklüğünde depremlere neden olmuştur. Bir çok fay parçasından (segment) oluşmuştur. Bu faylar, genellikle KD-GB yönünde uzanırlar. Uzunlukları 2-2.5 km. arasındadır.

Çalışma sahasının da içinden geçen Kocaçay yatağı da bir fay hattıdır. Geniş alüvyon örtüsünden dolayı saptanamamaktadır. Topoğrafyanın ani değişmesi ve Çan Kaplıcası sıcak su kaynaklarının bu doğrultu üzerinde yer alması fayın Kocaçay yatağından geçtiğini belirlemektedir. Bu fay muhtemelen Çan-Biga Fay zonunun bir koludur.

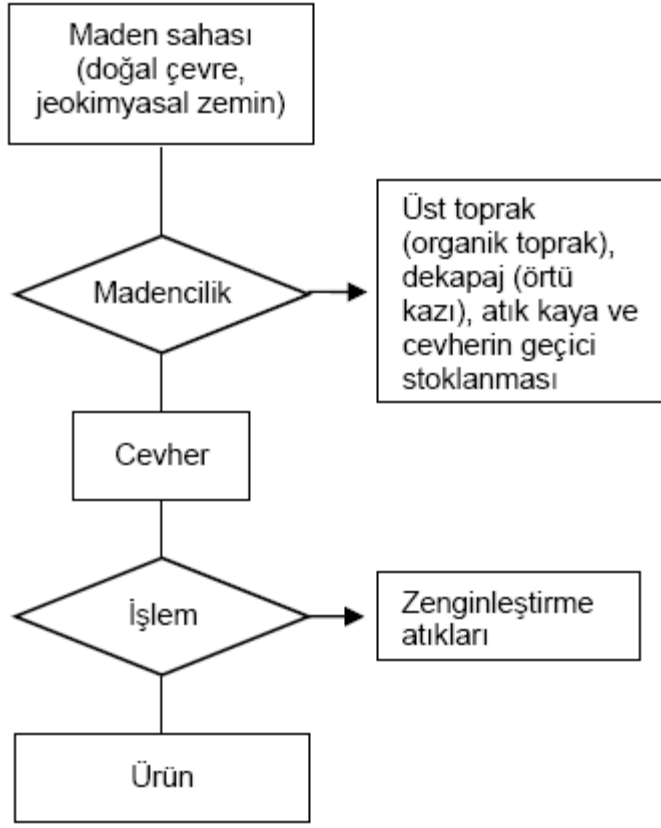
BÖLÜM III

MADENCİLİK VE ÇEVRE

Ekonominin önemli sektörlerinden biri olan madencilik, ulusların sosyo-ekonomik kalkınmaları için gerekli olan enerji ve sanayinin temel hammaddelerini sağlayan tüm faaliyetleri kapsamaktadır. Geçmişte olduğu gibi bugünde en büyük endüstri kollarından biri madenciliktir. Ekonomik açıdan büyük bir değer ifade eder, istihdam ve katma değer yaratma yönleri ile kalkınma ve gelişmeye önemli katkılar sağlar. Bu nedenle madenler ve maden işletmeciliği geçmişten günümüze teknolojik gelişmelere paralel olarak giderek artan bir önem taşımaktadır.

Madenler, ülkelerin doğal kaynaklarından biri olup, giderek artan talepleri karşılamak yüzünden işletilmeleri kaçınılmazdır. Ancak kullanılmakta olan maden çıkarma metotlarına bakılmaksızın, her türlü maden işletmeleri yoğun olarak arazi bozulmalarına ve doğal çevrenin tahribine sebep olmaktadır. Çevreye verilmesi kaçınılmaz olan zararlar dikkate alınarak bu zararların değerlendirilmesi zorunludur (Özalp ve diğ., 2008). Madencilik faaliyetlerinin neden olduğu bu çevresel etkilerin gerçek anlamda tanımlanması, tahmin edilmesi, önlenmesi ya da azaltılabilmesi faaliyetlerin planlanması aşamasında çevresel değerlere ve çevresel etkilere ilişkin etütlerin ve planlama çalışmalarının yapılması ile mümkündür.

Madencilik faaliyetlerinde ürün oranına bağlı olarak büyük miktarlarda atık oluşmaktadır. Atıklar özelliklerine bağlı olarak çevreye tolere edilebilecek seviyenin üzerinde zarar verme potansiyeline sahip olabilirler. Maden atıkları; üst toprak, örtükazı (dekapaj), atık kaya ve zenginleştirme atıklarından meydana gelmektedir (Çetiner ve diğ., 2006). Madencilik faaliyetlerinin farklı aşamalarında ortaya çıkan maden atık türleri Şekil 3.1’de gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Maden atık türleri (EC, 2001).

Madencilik faaliyetinin çevresel etkileri; hava-su-toprak kirliliği (fiziksel-kimyasal), estetik kirliliği (topografya-morfolojinin bozulması), gürültü ve titreşim, ekolojik dengenin nicel-nitel bozulması, cevhere ulaşmak için kazılan örtü ve faydalı mineral içermeyen altere zonların büyük hacimlerde depolanması, cevher zenginleştirme işlemlerinden itibaren oluşan ince taneli atıkların depolanması (hem arazi kaybına, hem de uzun süreli kontrol gereksiniminden dolayı su ve toprak kirliliğine nedendir), faydalı element ve/veya minerallerin zenginleştirilmesi ve kazanılması sırasında prosese katılan kimyasallarla kirlenmiş sıvı ve katı atıkların depolanması, sülfürlü mineralizasyon ve alterasyon içeren maden işletmelerinde ve sonrasında ortaya çıkan asit maden drenajı ve bununla birlikte oluşan ağır metal kirliliği, kıymetli metal madenciliğinde faydalı element veya mineral içerikleri milyonda/kısım (tonda/gram) olarak, çok büyük hacimlerde ekonomik olabilmelerinden dolayı doğa tahribatının ne kadar büyük olacağı ve çevrenin ne kadar büyük risk altında kalacağıdır.

Su kirlenmesinin madencilik faaliyetleri ile ilişkili çevre problemlerinin en önemlisi olduğu hakkında görüş birliği vardır. Hazırlama ve zenginleştirme işlemlerinin herhangi bir kademesinden itibaren çalışma su ile yapıldığından, tesisteki ara kademelerde kimi zaman katı-sıvı ayırması yapılsa da, cevher ve su birlikte hareket eder.

3.1. Maden Sahalarında Hidrojeolojik Yaklaşım

Su kirliliğinin madencilik faaliyetlerinin en önemli çevre problemi olması nedeniyle maden ocaklarında karşılaşılabilecek muhtemel yeraltısuyu sorunları ile ilgili çalışmalar, su toplama havzasının hidrolojik ve jeolojik verilerinin toplanması ve bunlar arasında ilişkiler kurulması ile başlar. Bu bilgiler, sondaj çalışmaları sonucu elde edilen yeraltı jeolojik bulgular yardımı ile daha da somut bir anlam kazanır.

Hidrojeolojik bilgiler, akarsular, göller gibi su birikintilerinin toplam yüzey alanları, yeraltısı düzeyi ile yağmur suyunun yeraltına sızma oranları ve kimyasal özelliklerini içermelidir. İşletme ürünleri, örtü ve atık yığınlarının belirlenen şartları için, yerüstü ve yeraltılarında meydana gelebilecek kantitatif ve kalitatif değişikliklerin tahmini yapılmalıdır. Doğrudan ve dolaylı bozulmalara maruz olanlar sahalar için infiltrasyon parametreleri, yeraltısuyunun akış yönleri ve oranları, yeraltı ve yerüstü sularının denge koşulları incelenmelidir. Doyuran (2001)'e göre hidrojeolojik araştırmalar aşağıdaki konuları da kapsamalıdır;

- ❖ Maden sahasını içeren su toplama havzasına ilişkin yüzeysel verilerin toplanması,
 - Fizyografik yapı
 - Jeolojik durum
 - Litolojik birimlerin tanımlanması,
 - Litolojik birimlerin hidrojeolojik özelliklerinin saptanması,
 - Yapısal öğeler (fay, eklem, çatlak, kıvrım vd.)
 - Su noktalarına ilişkin veriler (kaynaklar, sızıntılar, su kuyuları)
 - Havzanın bitki örtüsü

- ❖ Meteorolojik ve hidrolojik veriler,
 - Yağış ve sıcaklık
 - Akarsu rejimleri, süzülme
- ❖ Yeraltı incelemeleri,
 - Kuyu logları
 - Kuyulardan su düzeyi ölçümleri
 - Yeraltısuyu kalitesi
 - Sondaj sırasında karşılaşılan su sorunları ve basınç deneyleri
 - Pompaj deneyleri
 - Yeraltısuyunun akış yönü ve hızının saptanması
- ❖ Su toplama havzasında yer alan eski işletmelere ilişkin verilerin derlenmesi,
- ❖ Kuyu, tünel ve diğer hafriyatlar sırasında elde edilen verilerin hidrojeolojik değerlendirilmesi,
- ❖ Akiferlerin drenajı sonucu kuyulardaki su seviyesinin düşmesi,
- ❖ Yığınlar ve pasaların sebep olduğu su birikmeleri,
- ❖ Yeraltı ve yerüstü suların kirlenmesi,
- ❖ Hidrolojik değişikliklerin tarım ve ormancılık, aynı zamanda diğer arazi kullanım biçimleri üzerine etkilerinin irdelenmesi.

Maden yatağını içeren su toplama havzası bir hidrolik sistem olarak ele alınabilir. Su bölümü çizgisi ile sınırlanan bu havzanın hidrolojik ve jeolojik verilerinin yeterince değerlendirilmesi ile havzanın su potansiyeli hakkında yararlı ve yeterli bilgiler edinebilir.

Havzanın fizyografik yapısı ile yeraltısuyu arasında yakın ilişkiler vardır. Örneğin topografik eğimin fazla olduğu yerlerde, yağışın büyük bir kısmı yüzeysel akışa geçerek havzayı drene eden akarsulara karışacaktır. Buna karşılık topografik eğimin az olduğu yerlerde ise süzülme önem kazanacaktır.

Topografik engebelerden yeraltısuyunun konumuna ilişkin yaklaşık bilgiler edinebilir. Örneğin su düzeyinin genellikle vadi tabanlarında satha yakın olmasına karşılık sırtlarda ise durum tam tersinedir. Böylece topografik engebeler ile su tablası

arasında yaklaşık bir uyumdan söz edebilir. Su toplama havzasının 1:25.000 ölçekli jeolojik haritası alınarak litolojik birimler ayrılmalı ve bunların hidrojeolojik özellikleri saptanmalıdır. Havzada akifer özelliği gösteren kayaçların saptanması ile bunların alansal dağılımı, beslenme sahaları ve kalınlıkları araştırılmalıdır. Ayrıca akifer türlerinin (serbest, basınçlı) saptanması gerekmektedir (Doyuran, 2001).

Yapısal öğelerin kayaçlarda ikincil boşluklara sağlaması nedeniyle fayların sınıflandırılması, fay zonlarının geçirimsizlik derecelerinin incelenmesi, eklem ve çatlakların yoğunluğu, genel doğrultuları ve etkin oldukları derinliğin saptanması gerekir.

Su noktaları deyince aklımıza kaynaklar, sızıntılar ve su kuyuları gelmektedir. Özellikle yüzey jeolojik çalışmaları sırasında su noktalarının incelenmesi ile kayaçların su taşıma özellikleri hakkında geniş bilgiler edinebilir. Başlıca su noktalarından boşalmanın hangi kayaçlardan olduğunu saptamak ve alınacak su örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarını değerlendirmek gerekmektedir.

Havzanın bitki örtüsünden yeraltısu düzeyi ve kalitesine ilişkin bilgiler elde edilebilir. Bitki türleri, olanaklar elverdiği ölçüde, sınıflandırılmalıdır (Doyuran, 2001).

Havzanın meteorolojik verileri olarak aylık ortalama yağış ve sıcaklık ölçümleri derlenmelidir. Hidrolojik verilerin en önemlisi, havzayı drene eden akarsu ve kollarının havzaya giriş ve çıkış yerlerinde kurulacak eşellerle sağlanan akım ölçümleridir (Doyuran, 2001).

Maden yataklarının fizibilite çalışmaları sırasında yapılan sondajlara ait karotlarının hidrojeolojik değerlendirilmesi yararlı olacaktır. Karotların incelenmesi sırasında kayaçların gözenek ve geçirimsizliği, fay zonlarına ilişkin özellikler, eklem ve çatlakların sıklık, genişlik ve etkin oldukları derinlik gibi hususlarla belirlenebilir.

Kuyulardan ise gerek sondaj sırasında ve gerekse sürekli yararlanma olanakları vardır. Sondaj sırasında özellikle sondaj suyu veya çamur kaçakları veya kuyuya su basmaları titizlikle kaydedilmelidir. Ayrıca bazı kuyularda yapılacak basınç deneyleri ile kayacın iletkenlik özelliği anlaşılabilir. Yeraltısuyunun görüldüğü bazı kuyuların göçmesi önlenerek bunlardan en az bir yıl süre ile haftalık veya aylık su düzeyi ölçümleri alınmalıdır.

Gerek kaynaklardan ve gerekse su kuyularından alınacak su örneklerinin kimyasal analizleri yapılmalıdır. Bundaki amaç, suyun mineralleşme ile ilişkisini, korozyon ve/veya kabuklaşmaya olanak sağlayıp sağlamayacağını saptamaktır.

İşletme sırasında atılması gereken su miktarı hakkında en önemli veriler akifer parametreleri olarak tanımladığımız iletkenlik katsayısı (T) ve depolama katsayısı (S) ile elde edilir (Doyuran, 2001).

3.2. Madencilik Faaliyetleri ile Oluşan Kirleticilerin Yeraltısuyuna Etkileri

Madencilik faaliyetlerinde atık yönetiminin farklı aşamalarında doğru ve yeterli tedbirler alınmadığı takdirde su kirliliği görülebilir. Su kirliliği sorununu önemli kılan başlıca neden suların hareketli olmasıdır. Kirlilik, akıntılarla ve nehirler yoluyla yüzeyden taşınabileceği gibi, sızma ve süzülme yollarıyla yeraltısularına karışarak da taşınabilir. Örneğin, yağmur sularının veya madencilik faaliyetleri sonucu oluşan suların atığa sızması çözünmeye neden olabilir. Bu yolla oluşan liç, sülfid oksidasyonuna, asit oluşumuna ve böylece ağır metallerin çevreye yayılmasına neden olur (Çetiner ve diğ., 2006).

Kirleticiler noktasal, çizgisel veya yüzeysel olan kirletici kaynaklardan başlayan hareket sonunda yeraltısuyuna karışırlar. Kirleticilerin bu hareketi akiferin suya doymun olmayan bölgedeki sızma koşullarına bağlı olarak düşey doğrultuda olmasına karşın suya doymun bölgede yeraltısuyunun hidrolik eğimine, akış hızına ve yönüne bağlı olarak yatay doğrultuda olmaktadır.

Bu nedenle kirleticilerin etkinliği, konsantrasyonuna, sızma hızına ve yeraltısuyuna olan uzaklığına bağlıdır. Yeraltısuyu akış hızları genellikle düşük olduğundan kirleticinin yeraltısuyuna karışması oldukça uzun bir zaman içerisinde gerçekleşmektedir. Bu yüzden yeraltısuyundaki kirlenme, ancak akifer ortamının büyük oranda kirlenmesinden sonra fark edilebilmektedir.

Su kirliliğine sebep olan ağır metaller zehirli maddeler olarak ilk akla gelenlerdir. Ağır sıvılar, askıda katı maddeler ve reaktifler de zehirleyici özelliğe sahip olabilirler. Tesis atığı içinde bulunan metaller ve diğer elementlerin büyük çoğunluğu canlılar için zehirleyici özellikte maddelerdir. Bunlar arasında özellikle Bor (B), Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Berilyum (Be), Antimon (Sb), Gümüş (Ag), Arsenik (As), Kurşun (Pb), Cıva (Hg), Mangan (Mn), Nikel (Ni), Selenyum (Se), Titanyum (T), Uranyum (U), Vanadyum (V), Çinko (Zn) ve Alüminyum (Al) en önemlileridir. Bu maddeler, derişimlerinin sınır değerleri aşması halinde öldürücü etki yapabilirler (Çetiner ve diğer., 2006).

3.2.1. Sedimentasyon Havuzları

Yeraltından çeşitli metotlarla çıkarılan madenler, mineral atıklarıyla beraber çıkarıldığı için mineral dokusuna ulaşınca kadar kırma, öğütme ve eleme işlemine tabi tutulurlar. Eleklerden geçirildikten sonra silolarda depolanırlar. Buraya kadar tüm madenlerde aynı işlemler uygulanır. Bundan sonra zenginleştirme işlemine geçilir. Cevherin yapısına göre önce sulu sistem zenginleştirme ile mineral atıkları temizlenir. Her değişik tür cevheri zenginleştirmek için farklı metotlar uygulanır. Örneğin demir cevherinin zenginleştirilmesi yüksek ısıda olur.

Sulu sistem zenginleştirme sonucu ortaya çıkan sıvı atıklar sedimentasyon havuzlarına ihtiyaç duyarlar ve bu nedenle pasa barajlarında toplanırlar. Sıvı atıkların depolanması çoğu zaman su ilişkileri ve tuzlanmada etkili olur ve tarımsal zehirli metalleri veya maden cevherini işlemede kullanılan kimyasal atıkları bulundurabilirler.

Aşırı dolu sedimantasyon havuzları oldukça zararlı ve tehlikelidir. Bunların etkileri ile hidrostatik basınç artar ve atık baraj duvarlarının çökmesi veya sızıntı olması durumunda çevrede doğrudan büyük tehlike oluşturabilirler. Genellikle yüksek düzeyde tuzun ve bitki örtüsü için zararlı diğer metallerin bulunması, atık barajındaki drenajla ilgili güçlükler nedeniyle sulu pasa çamurunun iyileştirilmesi işleri oldukça sorunlu bir durum meydana getirilebilir.

3.2.2. Maden Atık Suları

Su, madencilik faaliyetlerinde gerekli ve değerli olduğundan su kullanımı kapalı çevrime tabidir. Ancak su kaçaklarının olması kaçınılmazdır. Örneğin sülfürlü minerallerin işlendiği bir madende pirit ve kalkopirit flotasyonla zenginleştiriliyorsa yüzdürme tanklarında suyun pH derecesinin 12–13 olması sağlanır (Akçay, 2002). Balçık halde su ile madenden atılan flotasyon atıkları silikatlar, karbonatlar ve pirit bakımından zengin olur. Atıkların dinlendirme havuzuna alınmadan doğrudan vadilere bırakılması durumunda yüzey suları ve dolayısıyla yeraltısuları kirlenebilir (Akçay, 2002). Maden atıklarının atık havuzlarında dinlendirilip, tortu çökelişi gerçekleştirildikten sonra vadi vb. alıcı ortamlara bırakılması durumunda kirletici etkisi azalır.

3.2.3. Asit Maden Drenajı

Doğada, gerek işletmeye açılmış üretim yapmakta olan maden sahalarından, gerekse üretimi durdurulmuş açık işletme sahası ile çıkarılan madenin stoklandığı veya metalik madenlerin ayırım işlemlerinin yapıldığı cevher işleme-zenginleştirme sahaları ve bu işlem sonunda ortaya çıkan atıkların bulunduğu bölgelerde, yağın yağmurla birlikte topografyanın imkan verdiği yönlere doğru bir yüzey suyu akışı olmaktadır. Bunun sonunda yağmur suyu ve havanın oksijeni ile bölgede mevcut minerallerin (pirit, kalkopirit, galen vb.) reaksiyona girmesiyle bu bölgede asit ortamlar oluşmakta ve minerallerce kirletilen bu sular, yüzeysel akışa geçerek göl, rezervuar gibi alanlara taşınmakta, en sonunda ise yeraltısuyuna karışmaktadır.

Maden yataklarından meydana gelen “Asit Maden Drenajı (AMD)” olarak adlandırılan bu olaya benzer bir biçimde; madenlerin işletilmesi ile ilgili hiçbir

aktivitenin olmadığı maden yataklarının bulunduğu alanlardan ise “Doğal Asit Drenajı” denilen diğer benzer bir olay meydana gelmektedir. Her iki olayda durum farklı olsa bile ortaya çıkan sonuç aynıdır. Neticede insan ve hayvan sağlığı yanı sıra bitkilerin gelişiminde de zararlı olan bir durum ortaya çıkabilmektedir. Bu durum, bölgede bulunan sulardaki metalik iyonların artması ve buna bağlı olarak toksik özelliklerin belirginleşmesine yol açmakta ve aynı paralelde suyun asidik durumunda artış gözlenmektedir.

Bir maden işletmesinin çalışması boyunca ve kapatılması sonrasında sülfürlü cevherler (örneğin pirit) ile suyun ve oksijenin temas halinde bulunmasıyla meydana gelen bir dizi kompleks jeokimyasal ve mikrobiyal reaksiyonlar sonucu asidik maden drenajı oluşur (Çiftçi ve Akçil, 2006). Sonuçta oluşan su, genel olarak yüksek asidite (düşük pH) ve yüksek konsantrasyonda çözülmüş metalleri (Cu, Fe, Pb vb.) içermektedir (Costello, 2003; Tsukamoto ve diğ., 2004; Ridge ve Seif, 2005; Akçil ve Koldaş, 2006; Gündüz ve Baba, 2008).

Uranyum ve kömür madenciliğinde sülfürlü mineralleri içeren artık malzemenin yönetimi önemli bir problem oluşturmaktadır. Eğer bu tür madencilik uygulamalarında artık malzemenin depolanması ve atılması sırasında gerekli önlemler alınmadığı takdirde çevrenin kirlenmesine neden olan önemli sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Madencilik işlemleri sonucu oluşan artık malzemede bulunan sülfürlü mineraller (çoğunlukla pirit (FeS_2) ve pirotit (FeS)), oksijen ve suya maruz kaldığı zaman asit oluşumu meydana gelmektedir. Temelde bu aşamalar, sülfürlü minerallerin oksidasyonu ve asitin oluşumudur. Daha sonra oksitlenmiş bileşiklerin liç işlemi meydana gelmektedir. Eğer ortam yeterince bazik değilse veya tampon mineraller (kalsit vs.) asiti nötr hale getiremiyorsa, sonuçta liç sıvısı asidik karakterde olmaktadır. Bu sıvı, genel olarak asidik maden drenajı olarak adlandırılmaktadır. AMD, yüksek asidite (pH 2–3) ve yüksek konsantrasyonda demir (Fe), manganez (Mn), alüminyum (Al), çinko (Zn), bakır (Cu), nikel (Ni), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), arsenik (As) gibi metalleri ve sülfatları içermektedir (Kuyucak, 2002, Gündüz ve Baba, 2007; Gündüz ve Baba, 2008).

Asit maden drenajı ile ortaya çıkan sıvı atık problemi, zenginleştirme tesislerinde kullanılan ve kirlenen suların atılması ya da temizlenmesi sorunuyla daha da büyür. Suların arıtılması ve belirli bir kalite sağlandıktan sonra tesise geri verilmesi giderek yaygınlaşan bir uygulamadır. Tesise geri verilmese bile bu suların maden dışındaki bir su sistemine bırakılmadan önce arıtılması gerekir. Arıtılmadan doğal ortama boşaltılmaları durumunda bu maden suları insan dâhil tüm canlı varlıkları son derece olumsuz etkileyerek deniz, akarsu ve göl gibi alıcı ortamlarda yaşayan canlı türlerini yok edebilir ve tarım alanlarını etkileyebilir. Bu sonuca bağlı olarak, bozulan çevre dengesini yeniden inşa edebilmek için çok büyük paralar harcanmaktadır.

3.2.4. Katı Atıklar

Zenginleştirme tesislerinin çevre ile ilişkisinde önemli problemlerden birini katı atık kısmı teşkil eder. Yüksek tenörlü metal ya da endüstriyel hammadde kaynağı rezervler büyük ölçüde tükenmiştir. Buna karşılık gelişen yeni proseslerle daha düşük tenörlü yataklar işletilebilir duruma gelmiştir. Ancak neticede cevherdeki ekonomik olmayan kısımlar hacimsel olarak büyük boyutlara ulaşmıştır. Öte yandan yüzeye yakın maden yatakları giderek tükenirken, çok daha derinlerde bulunan madenlerin işletilmesi gereği ortaya çıkmıştır. Buna bağlı olarak da, örtü tabakası kalınlığı ve dolayısıyla artık miktarı da artmıştır.

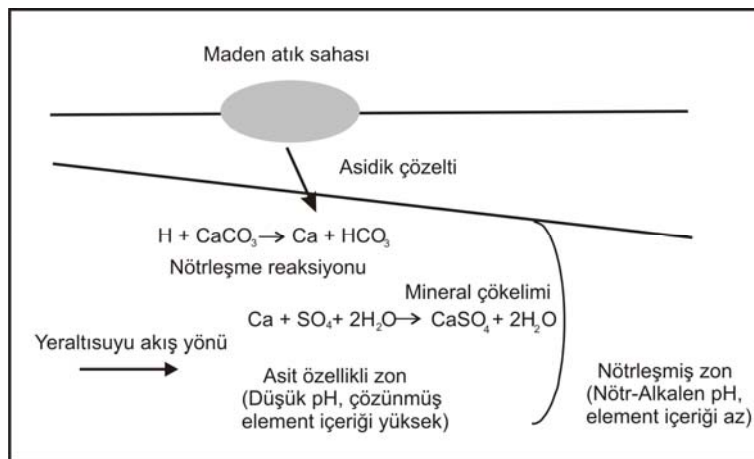
Sıralanan bu nedenlerle günümüzde gelinen nokta, zenginleştirme tesisine giren cevherin büyük kısmının ekonomik değer taşımaya gang mineralleri ve yan kayaçtan oluşmasıdır. Genellikle değerli kısım oranı çok düşüktür. Bu kısmın tamamı, tesis çıkışında işe yaramayan atık durumundadır. Bir başka ifadeyle ayırma prosesleri sonucunda elde edilen katı kısım oranı giderek artmaktadır. Ancak hiçbir proses % 100 verimle çalışmadığından, artık malzeme arasına bir miktar mineral karışır.

Buna göre zenginleştirme işlemleri tamamlandığında, atılmak üzere ayrılan malzemenin katı kısmı cevherde bulunan gang mineralleri, cevherle birlikte kazılan yan kayaç ve artığa karışan az miktardaki değerli mineraller oluşturur.

Katı kalıntı tabakası uygun şekilde depolanmadığı takdirde, bir toz kaynağına dönüşebilir. Bunun neticesinde hava kirliliği ve çevredeki tarım alanlarında tahribat gözlenir. Kalıntı tabakası akıntıya karışarak yüzey suları ile uzak alanlara taşınıp, o bölgelere de zarar verebilir. Suyu karışması durumunda kimyasal bileşim önem kazanır. Çünkü toksik nitelikte olması suda yaşayan canlılar için bir başka tehdit unsurudur.

3.3. Madencilik Faaliyetleri ile Oluşan Kirleticilerin Yeraltısuyunda Taşınımı

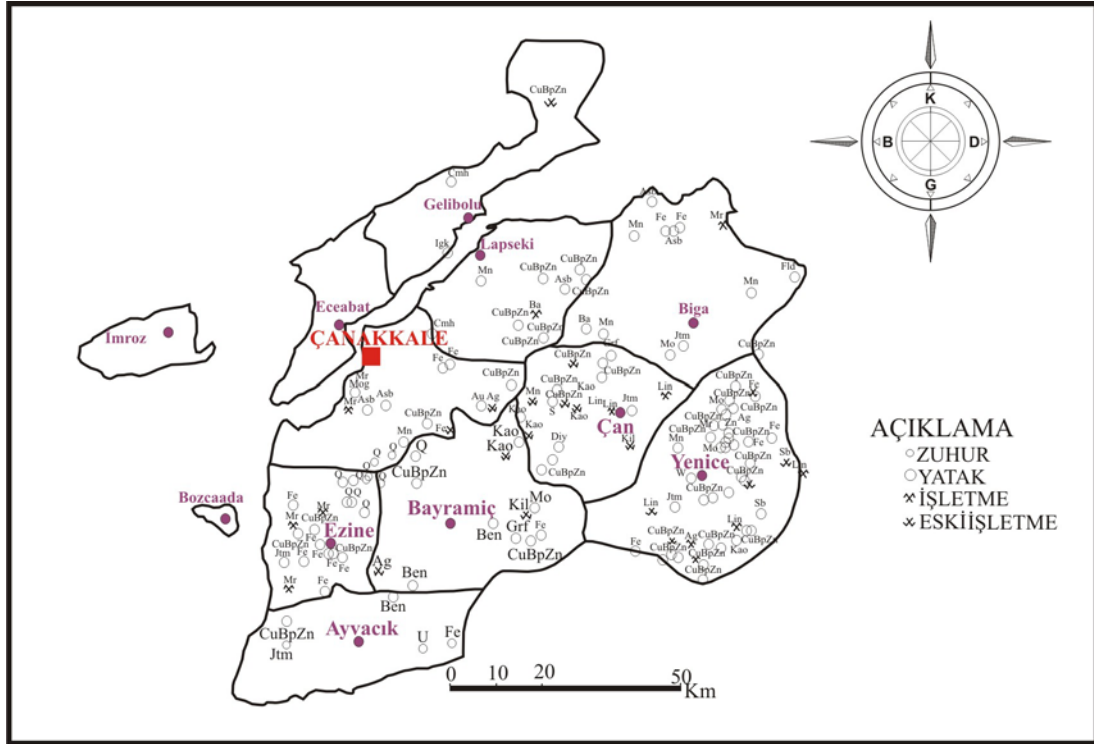
Asidik ortamlarda (özellikle pH<3 olan) elementler yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Bu tür çözeltiler içinde sülfat konsantrasyonu >10000 mg/l, Fe ve Al > 1000 mg/l, Pb, Zn, Co ve Ni gibi metaller ise > 10 mg/l olabilir (Akçay, 2002). Asit oluşturma kaynağından uzaklaştıkça çözelti içindeki metallerin ve diğer bileşenlerin hareketliliği veya taşınması tamamen çözeltinin asiditesine bağlıdır. Çözeltinin temasta bulunduğu nötrleştirici mekanizmaların varlığı da elementlerin taşınmasını kontrol eder. Çözeltinin asiditesi ise hem H iyon aktivitesine hem de çözelti içindeki çözülmüş Fe ve Al iyonlarına bağlıdır. Asit oluşturma potansiyeli olan sular nötrleştirici mineraller ile reaksiyona girdiğinde suyun pH derecesi yükselir böylece Al, Fe minerallerinin çözünürlüğü azalır ve mineraller çöker. Su içindeki kirleticiler su-nötrleştirici mekanizma reaksiyonunun geliştiği bölgenin ötesine geçemez.



Şekil 3.2. Maden atık sahasının yakınlarında gelişen jeokimyasal olaylar ve yeraltısuyundaki asit nötrleşmesi (Deutsch, 1997).

3.4. Çalışma Sahasındaki Madencilik Faaliyetleri ve Etkileri

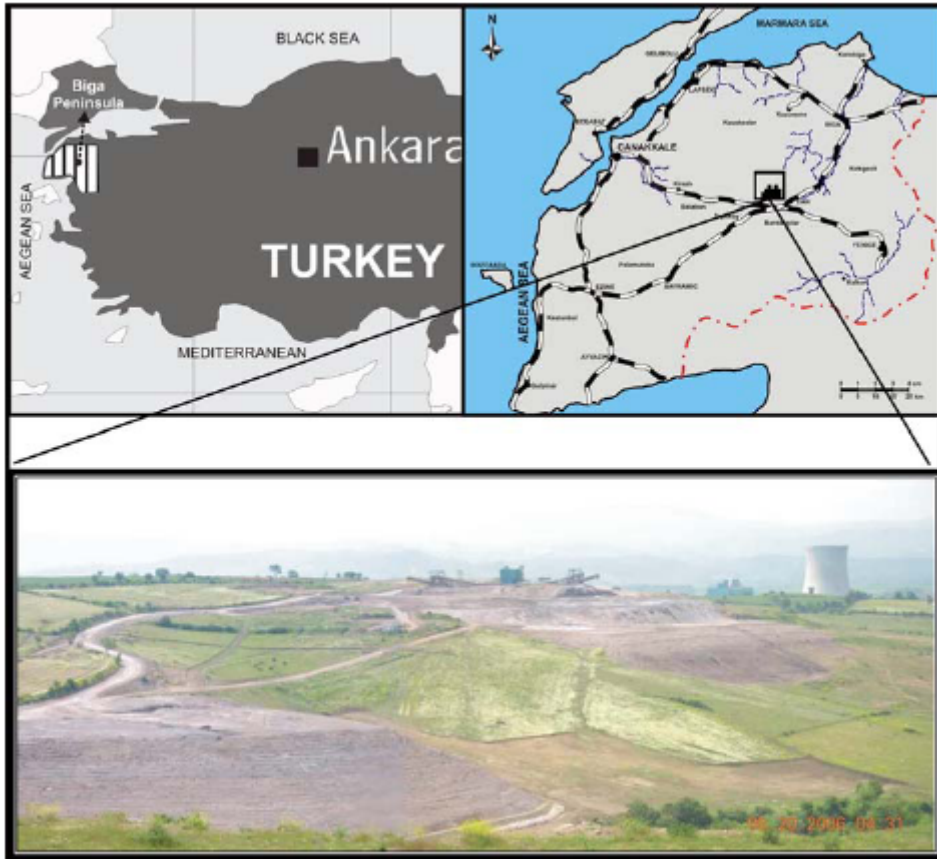
Çalışma sahası ekonomik öneme sahiptir. Çalışma sahası hem endüstriyel hammaddeler (özellikle kil ve kömür) hem de metalik madenler açısından oldukça zengindir (Şekil 3.3; 3.4). Bölgede kullanım amaçlarının farklılığına göre birçok maden ocağı bulunmaktadır. İşletilmekte olan kaolen ocakları, halen Çan ilçesindeki, Çanakkale Seramik Fabrikası'na hammadde sağlamaktadır. Bölgede diğer söz sahibi kuruluşlar ise; Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) ve yine Kale grubu üyesi olan Kalemaden A. Ş.'dir. Ayrıca Biga Yarımadası'nda bulunan, düşük kalorili linyit kömürünün değerlendirilerek, ülkemizin enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla kurulmuş olan Çan Termik Santrali (2x160 MW) de çalışma sahası içerisinde yer almaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.3. Biga Yarımadası metalik madenler, endüstriyel hammaddeler, enerji hammaddeleri (MTA, 2002).



Şekil 3.4. TKİ'nin Çan ilçesindeki açık ocak işletmeciliğine ait uydu fotoğrafı.



Şekil 3.5. Çan Termik Santrali ve atık depolama sahası.

Çalışma sahasında bulunan ve ekonomik açıdan da bölge için önemli olan bu işletmelerin çevre kirliliği ve yeraltısuyu kirliliği üzerinde olumsuz etkileri olmaktadır.

Gündüz ve diğerleri (2007) Çan ilçesinde terk edilen 3 farklı kömür sahasında yaptıkları çalışmada, asidik maden göllerinin pH değerlerinin 2–3, elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin 4700–9300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Göller demir içeriğinin yüksek olması nedeniyle kırmızımsı sarı rengindedir (Şekil 3.6). Araştırmacılar düşük pH değerleri, yüksek ağır metal ve toksik element içeriğinin bölgesel içme sularını ve sularda yaşayan canlı hayatını etkilediğini vurgulamışlardır. Asidik sulardaki kirleticilerin taşınımı engellenmez ise yeraltısuyuna da karışım söz konusu olacaktır.



Şekil 3.6. Çan ilçesindeki terk edilmiş kömür sahalarında oluşan asidik maden gölünden görünüm.

Çalışma sahası içerisinde çok sayıda asit maden gölü bulunmaktadır (Şekil 3.7). Söz konusu bu göller bölgenin içme suyunu sağladığı alüvyon akiferlere etki etmektedir. Asit göllerden sızan suların çalışma sahasındaki Koca çaya karıştığı ve

bu çağda yaşayan balıkları etkilediği bilinmektedir. Ayrıca çalışma sahasında TKİ işletmeleri tarafından Çan Havzası'nda işletilen kömür sahalarından kaynaklanan pasaların çalışma sahasındaki yüzey sularını etkilediği bilinmektedir (Gülen, 2005). Çalışma sahası sınırlarında düşük kalorili linyit kömürünün değerlendirilerek, ülkemizin enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla kurulmuş Çan Termik Santrali (ÇTS)'de bulunmaktadır. ÇTS'de yılda yaklaşık 1,8 milyon ton/yıl linyit kömürü kullanılmaktadır. ÇTS'nin işletilmesi esnasında ortaya çıkan en önemli atıklar kül ve hurda malzemedir. ÇTS'de kullanılan linyit kömürünün % 30 u kül olarak atığa dönüşmektedir. Atık olarak açığa çıkan bu küller Çan Havzası'ndaki bazı su kaynaklarının memba tarafında depolanmaktadır. Söz konusu küllerde yapılan liç deneylerinde bazı ağır metal değerlerinin (As, Pb ve Se) normal değerlerden yüksek olduğu ve düşük pH koşullarında su kaynaklarına taşınabileceği vurgulanmıştır (Baba ve diğ., 2008).



Şekil 3.7. Etili-Yiğitler kömür ocağı yakınlarındaki asidik maden gölünden görünüm.

BÖLÜM IV

HİDROJEOKİMYA

Suyun kullanımında fiziksel özellikler ve mevcut miktarın yanısıra kimyasal özellikler de önemlidir. Doğal sular hiçbir zaman saf olmayıp, en azından bir miktar çözülmüş gaz ve katı madde içerir. Sulu çözeltinin bileşimi; suyun başlangıçtaki bileşimi, gaz fazının kısmi basıncı, suyun temas ettiği mineral maddenin türü, çözeltinin pH'ı ve yükseltgenme potansiyeli gibi birkaç faktörün bir fonksiyonudur. Canlı topluluğu içeren suyun kimyası, biyotanın hayat süreçleri nedeniyle çok daha karışıktır.

Hidrojeokimya yeraltısularının kimyasal özelliklerinin ve kalitelerinin belirlenmesi, kökenlerinin araştırılması, yüzey ve yağış suları ile olası ilişkilerinin incelenmesi, yeraltısularının kirlenmesi ve iyileştirilmesi gibi problemlerin çözülmesi ve benzeri araştırmalarda kullanılan hidrojeolojik çalışmaların vazgeçilmez bir parçasını oluşturur. Kavram olarak hidrojeokimyasal teknikler bir çok eser iyon ve izotop jeokimyasını, kayaç kimyasını ve gazların jeokimyasını da kapsamaktadır (Tarcan ve diğ., 1999).

Bu bölümde öncelikle çalışma sahasında yer alan birimlerin hidrojeolojik özellikleri verilmiş daha sonra ise çalışma sahasında yer alan yüzey ve yeraltısularının oluşum özelliklerini ve kalitelerini belirlemek amacı ile dönemsel örnekleme ve kimyasal analiz çalışmaları yapılmıştır. Su örnekleme ile ilgili yapılan çalışmalar Nisan 2007 ve Temmuz 2007 tarihleri olmak üzere iki ayrı dönemde gerçekleştirilmiştir.

4.1. Çalışma Sahasındaki Birimlerin Hidrojeolojik Özellikleri

Çalışma sahasında yüzlek veren Çetmi ofiyolit melanjına ait birimlerine, bu birimleri kesen Evciler Plütonuna, Çan volkanitlerine, Çan formasyonuna ve alüvyona ait birimlerin hidrojeolojik özellikleri aşağıda irdelenmiştir.

4.1.1. Çetmi Ofiyolitik Melanjı

Çalışma sahasının temelini oluşturan Çetmi ofiyolitik melanjı birimleri içerisinde bulunan kireçtaşları karstik bir özellik sunmaktadır. Erimeli-çatlaklı kayalık kaynakları olarak nitelendirilen bu kaynaklar özellikle proje sahasının güney ve güney doğu kesimlerinde topografyanın yüksek olduğu yerlerde görülmektedir. Bu alanlar hidrojeoloji haritasında karstik kaynaklar olarak gösterilmiştir (Şekil 4.1).

4.1.2. Çan Volkanitleri

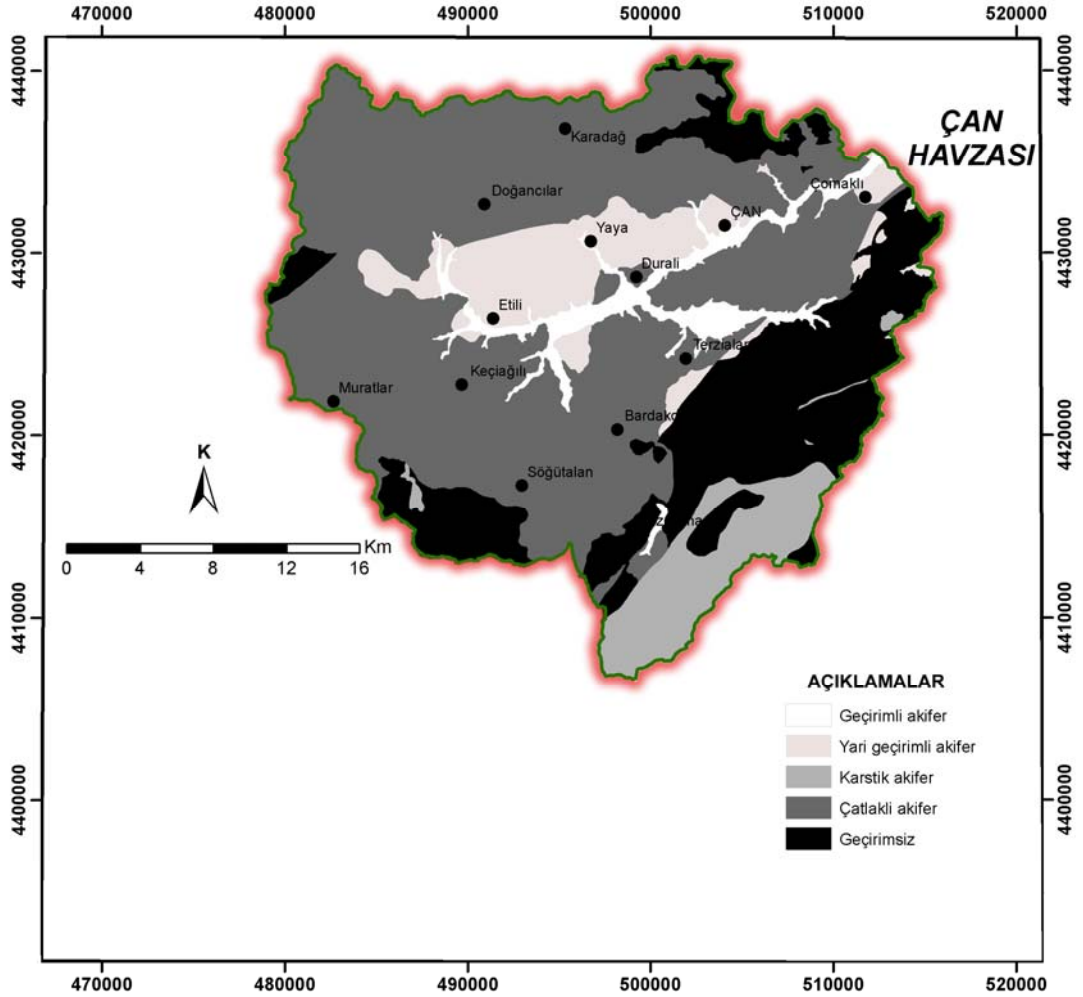
Çalışma sahasında Çan volkanitlerine ait birimler temeli oluşturan metamorfik birimleri ve bu birimleri kesen plütone ait birimleri bazen keserek, bazen de örterek oldukça geniş bir alana yayılmıştır. Volkanitlerin üst kesimlerinde ve yamaçlarda gri, kahverengi silisleşmiş volkanik seviyeler gözlenmektedir. Silisleşmiş volkanitler genellikle bir şapka gibi volkanik kayaların üzerinde yer almaktadır. Tüf ve aglomeraların kısmen ya da tamamen silisleşmesi ile oluşmuşlardır. Bölgede yer alan silisleşmiş volkanikler çatlaklı kaya akifer özelliği taşımaktadır (Şekil 4.1). Çatlaklı akifer konumundaki bu birimlerin altında altere olmuş ve geçirimsiz olan kil alterasyonları gözlenmektedir. Bu kil alterasyonları çatlaklı akiferlerin altında geçirimsiz bir bariyer olarak durmaktadır. Çalışma sahasındaki kaynakların çoğu çatlaklı akifer ile kil dokanağının bulunduğu alanda yüzeye çıkar. Bu alandaki kaynakların debileri 0.01 ile 10 lt/sn arasında değişmektedir. Ancak daha düz alanlarda yüzlek veren Çan volkanitleri içerisinde yer alan tüfler ve aglomeralardan fazla su alınamamaktadır. Çalışma sahasındaki içme suyunun bir kısmı bu çatlaklı kaya akiferinden gelmektedir.

4.1.3. Çan Formasyonu

Linyitli seviye içeren bu formasyonda linyitli seviyenin alt kısmındaki taban konglomerasından itibaren üst aglomeralara kadar genellikle ince kum, silt ve killi bir litoloji görülmektedir. Bu seviyelerde porozite oldukça yüksek olmakla beraber iletkenlik çok azdır. Kömür seviyesi geçirgen özellikte değildir. Linyitli seviyenin üstündeki üst aglomera seviyesi gevşek bir çimento ile bağlandığından dolayı bir miktar yeraltısuyu içermektedir. Kömürün faylı ve çatlaklı seviyeleri de yer yer yeraltısuyu içermektedir. Bu birimler yarı geçirimli akifer kaya özelliği taşımaktadır (Şekil 4.1).

4.1.4. Alüvyon

Alüvyonlar bölgedeki en önemli akifer kayalardır. Geçirimli akifer özelliği taşıyan bu kayalar Çan Havzası'nın düz alanlarında görülmektedir (Şekil 4.1). Alüvyonu oluşturan malzeme, taneler arası gözeneklilik ve geçirimsizliği fazla olan bir akifer özelliğindedir. Çan Belediyesi'nin ve Çanakkale Seramik Fabrikalarının da şu anda kullandığı su bu birim içerisinde açılmış bulunan sondajlardan karşılanmaktadır. Bu sondajların derinliği 32–40 metre arasında olup debileri ise 8–40 lt/sn arasında değişmektedir. Alüvyon akifer Kocaçay ve bağlantılı olan dereler tarafından beslenmektedir.



Şekil 4.1. Çalışma sahasındaki birimlerin akifer özellikleri.

4.2. Analiz Yöntemleri

Arazi çalışmalarında örnekleme için seçilen yirmi dokuz noktadaki soğuk suların sıcaklık (T, °C), pH ve elektriksel iletkenlik (EC, $\mu\text{S}/\text{cm}$) gibi fiziksel parametreleri WTW Multi 340i cihazı ile yerinde ölçülmüştür. Su örneklerinin kimyasal içeriklerini belirlemek amacıyla 50 ml, 500 ml ve 1 lt'lik polietilen şişelerle su örnekleri alınmıştır. Ağır metal ve katyon içerikleri için 50 ml'lik örneklere pH<2 olacak şekilde HNO₃ (Nitrik Asit) ilave edilerek örnekler muhafaza edilmiştir.

Alınan su örneklerinin majör anyon-katyon (Na, K, Ca, Mg, Cl, SO₄ ve HCO₃) içerikleri Hacettepe Su Kimyası Laboratuvarında, ağır metal analizleri ise ACME (Kanada) Laboratuvarında yaptırılmıştır.

Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde; AquaChem, Surfer ve Microsoft Excel gibi bilgisayar programları ile birlikte literatürden faydalanılmıştır.

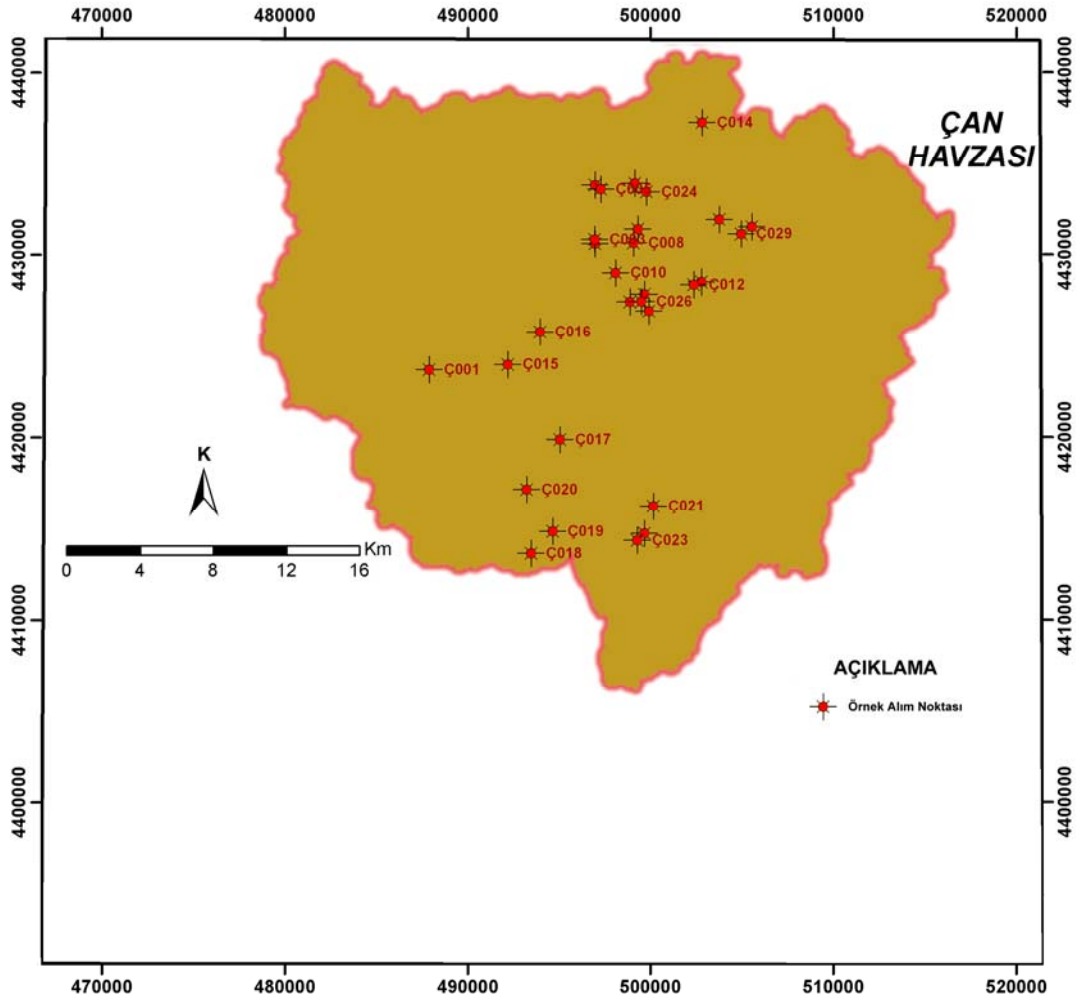
4.3. Su Örnek Lokasyonları

Örnek alınacak lokasyonlar belirlenirken, çalışma sahasının jeolojisi, içme sularının kaynağı, bu kaynaklardan çıkan suların fiziksel ve kimyasal tüm özelliklerini yansıtabilecek, kan ve saç örnekleme yapılan lokasyonlara yakınlık dikkate alınmıştır. Çalışma sahasında, yirmi dokuz noktadan ölçüm ve örnekleme yapılmıştır (Tablo 4.1; Şekil 4.2). Su örneklemesinin yapıldığı lokasyonların isimlerinin karışmaması ve çalışma sırasında kolaylık sağlaması için Çan-1 (Ç001) den Çan-29 (Ç029) a kadar kodlanarak isimlendirilmiştir.

Çalışma sahasında 1 yüzey suyu, 17 adet kaynak (Şekil 4.3) ve 10 adet kuyu suyundan (Şekil 4.4) Nisan 2007 ve Temmuz 2007 tarihlerinde olmak üzere iki örnekleme yapılmıştır. Örnekleme yapılan bu kaynaklar büyük bir bölümü topografik eğimin yüksek olduğu çatlaklı kaya akiferlerinin bulunduğu yamaçlardan çıkmakta ve ölçülebilen kaynakların debileri 0,09 ile 0,4 lt/sn arasında değişmektedir (Tablo 4.2). Bu kaynakların çıktığı yerlere yada çok yakın alanlara çeşmeler yapılmıştır.

Tablo 4.1. Çalışma sahasında örnekleme yapılan su lokasyonlarının koordinatları

Örnek No	Lokasyon	Boylam (D)	Enlem (K)	Türü
Ç001	Etili	487932	4423797	Yüzey suyu
Ç002	Yayaköy	496841	4430590	Kaynak
Ç003	Yayaköy	496827	4430814	Kuyu
Ç004	Karlıköy	496839	4433718	Kaynak
Ç005	Karlıköy	497150	4433494	Kaynak
Ç006	İlyasağa Çiftliği	498987	4433821	Kaynak
Ç007	Kulfa	499154	4431359	Kaynak
Ç008	Kulfa	498902	4430617	Kaynak
Ç009	Durali	499499	4427875	Kuyu
Ç010	Kulfa	497953	4429031	Kuyu
Ç011	Çekiçler	502569	4428550	Kaynak
Ç012	Çekiçler	502157	4428394	Kaynak
Ç013	Hurma	499749	4426972	Kuyu
Ç014	Mallıköy	502593	4437120	Kaynak
Ç015	Tepeköy	492165	4424089	Kaynak
Ç016	Küçüktepeköy	493897	4425851	Kuyu
Ç017	Sögütalan	494971	4420044	Kaynak
Ç018	Sögütalan	493407	4413899	Kaynak
Ç019	Sögütalan	494579	4415077	Kaynak
Ç020	Sögütalan	493175	4417350	Kaynak
Ç021	Kızılelma	499976	4416446	Kaynak
Ç022	Kızılelma	499507	4414969	Kaynak
Ç023	Kızılelma	499107	4414603	Kaynak
Ç024	Kulfa-İlyasağa Çiftliği arası	499605	4433352	Kaynak
Ç025	Çanakkale Seramik Ana Terfi Noktası (Çan)	498717	4427469	Kuyu
Ç026	Çan (Merkez)	499335	4427495	Kuyu
Ç027	Çan (Merkez)	503511	4431874	Kuyu
Ç028	Çan (Çıkış)	505266	4431493	Kuyu
Ç029	Çan (Merkez)	504701	4431113	Kuyu



Şekil 4.2. Örnekleme yapılan su kaynaklarının lokasyon haritası.



Şekil 4.3. Çalışma sahasındaki Ç007 no'lu soğuk su kaynağının yanındaki çeşme (Kulfa köyü; 449154-4431359).



Şekil 4.4. Çalışma sahasındaki Ç025 no'lu örnek noktası (Çanakkale Seramik ana terfi noktası; 498717-4427469).

Tablo 4.2. Çalışma sahasında örnekleme yapılan su kaynaklarının debileri

Örnek No	Lokasyon	Debi (Q; lt/sn)	Türü
Ç001	Etili		Yüzey suyu
Ç002	Yayaköy	0,52	Kaynak
Ç003	Yayaköy		Kuyu
Ç004	Karlıköy		Kaynak
Ç005	Karlıköy	0,09	Kaynak
Ç006	İlyasağa Çiftliği	0,47	Kaynak
Ç007	Kulfa		Kaynak
Ç008	Kulfa	0,06	Kaynak
Ç009	Durali		Kuyu
Ç010	Kulfa		Kuyu
Ç011	Çekiçler		Kaynak
Ç012	Çekiçler	0,003	Kaynak
Ç013	Hurma		Kuyu
Ç014	Mallıköy	0,04	Kaynak
Ç015	Tepeköy	0,03	Kaynak
Ç016	Küçüktepeköy		Kuyu
Ç017	Sögütalan	0,06	Kaynak
Ç018	Sögütalan		Kaynak
Ç019	Sögütalan	0,11	Kaynak
Ç020	Sögütalan	0,02	Kaynak
Ç021	Kızılelma	0,03	Kaynak
Ç022	Kızılelma	0,03	Kaynak
Ç023	Kızılelma	0,07	Kaynak
Ç024	Kulfa-İlyasağa Çiftliği arası	0,05	Kaynak
Ç025	Çanakkale Seramik Ana Terfi Noktası (Çan)		Kuyu
Ç026	Çan (Merkez)		Kuyu
Ç027	Çan (Merkez)		Kuyu
Ç028	Çan (Çıkış)		Kuyu
Ç029	Çan (Merkez)		Kuyu

4.4. Suların Fiziksel Özellikleri

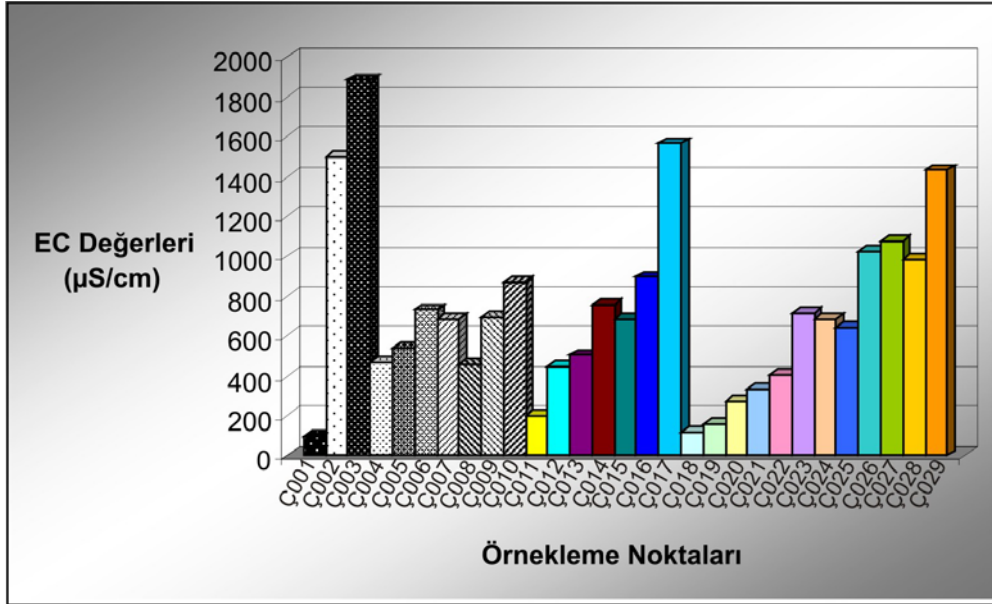
Çalışma sahasındaki kaynaklara ait su örneklerinin elektriksel iletkenlik (EC, $\mu\text{S}/\text{cm}$), pH ve sıcaklık (T, $^{\circ}\text{C}$) gibi fiziksel parametre değerleri bu başlık altında detaylı olarak anlatılmıştır.

4.4.1. Elektriksel İletkenlik (EC)

Elektriksel iletkenlik, suyun elektrik akımını iletebilme özelliğinin sayısal olarak ifadesidir. Su analiz sonuçları verilirken mikrosiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) cinsinden ve 25 $^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki değeri hesaplanarak belirtilir. Suların elektriksel iletkenliği, iyonların sudaki toplam derişimine ve sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklık artışı ile suların elektriksel iletkenlikleri de artar. Sudaki iyonların derişimi arttıkça elektriksel iletkenlik de artar, dolayısıyla elektriksel iletkenlik ölçümleri sudaki toplam iyon derişimi hakkında iyi bir göstergedir. Doğal haldeki yüzey sularının elektriksel iletkenliği 50–1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişir. Yeraltısularının elektriksel iletkenliği yüzey sularına oranla daha geniş aralıkta değişir. Yeraltısularının iletkenliği bazı bölgelerde deniz suyunun yaklaşık iletkenliği olan 50000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ' ye kadar değişebilir. Laboratuvarda elde edilen saf suların elektriksel iletkenlikleri 0,5 ile 5 mikromho/cm; içilecek suların EC değerleri ise 30–2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmektedir (Şahinci, 1991). Elektriksel iletkenlik, suların yeryüzüne çıkıncaya kadar izledikleri yola, kayaların cinsine ve çözünürlüklerine, iklime ve bölgedeki yağış koşullarına bağlıdır. İçme sularında elektriksel iletkenlik için önerilen minimum değer 400, izin verilen maksimum değeri ise 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir (TSE, 1986).

Çalışma sahasında yerinde ölçülen EC değerleri 94–1888 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmektedir (Tablo 4.3; Şekil 4.5).

Çalışma sahasında gözlenen düşük EC değerleri genel olarak volkanik ve granitik birimlerden gelen sulara ölçülmüştür. Yüksek EC değerleri ise Çan Havzasındaki alüvyon akiferlerden ve Çan ilçe merkezinin içinden geçen Kocabaş çayına ait yüzey suyunda ölçülmüştür. Bu alanda yüzey suyundaki EC değerlerinin yüksek olmasının nedeni ise yöreden geçen Kocabaş çayının hem madencilik hemde evsel atıklardan kaynaklanan atıklardan etkilenmesidir. EC değerleri madencilik faaliyetlerinin yörenin yüzey ve yeraltı kaynakları üzerindeki etkisini en net gösteren parametrelerden biridir.



Şekil 4.5. Örnekleme yapılan su kaynaklarının ortalama EC değerleri.

Tablo 4.3. Çalışma sahasında düzenli örnekleme yapılan suların fiziksel parametre değerleri

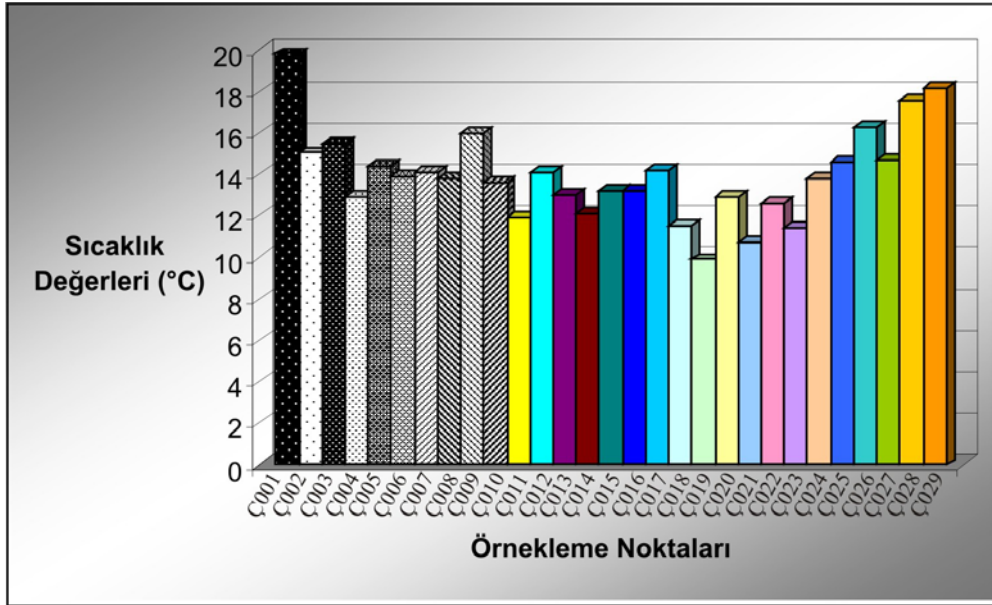
Örnek No	EC ($\mu\text{S/cm}$)		T ($^{\circ}\text{C}$)		pH	
	Nisan	Temmuz	Nisan	Temmuz	Nisan	Temmuz
	2007	2007	2007	2007	2007	2007
Ç001	93,9		19,8		4,9	
Ç002	1801	1195	14,6	15,5	7,33	7,79
Ç003	2270	1505	14,7	16,3	7,11	7,09
Ç004	573	362	13,1	12,8	7,5	7,42
Ç005	649	429	14,1	14,7	7,79	7,45
Ç006	876	586	14	13,9	7,09	7,17
Ç007	847	525	14	14,2	7,15	7,43
Ç008	584	339	13,2	14,5	7,62	7,46
Ç009	767	621	17,4	14,5	7,21	7,28
Ç010	1045	698	14,6	12,6	7,24	7,3
Ç011	253	147,1	15,4	8,5	6,01	6,09
Ç012	530	372	16,9	11,3	5,81	5,79
Ç013	559	451	13	13	7,49	7,37
Ç014	870	638	14,5	9,8	7,09	7,01
Ç015	834	541	15,2	11,3	3,32	3,27
Ç016	1038	756	13,5	12,9	7,79	7,71
Ç017	1878	1257	14,8	13,6	7,13	7,19
Ç018	154,6	88,8	12,7	10,3	5,77	4,37
Ç019	196,3	127,2	10,3	9,5	6,06	6,13
Ç020	329	220	14,8	11,1	3,72	3,82
Ç021	401	265	12,4	9,1	6,71	7,55
Ç022	483	329	14,1	11,1	7,81	7,58
Ç023	829	600	12,8	10,1	7,44	7,8
Ç024	839	527	13,2	14,5	7,07	7,12
Ç025	690	602	16,2	13	8,05	7,17
Ç026	1022		16,3		7,12	
Ç027	1303	857	15	14,4	7,22	7,43
Ç028	1182	788	17,1	18	7,03	7,1
Ç029	1659	1206	17,6	18,7	7,19	7,17

4.4.2. Sıcaklık (T)

Sıcaklık, yüzey ve yaraltısularının şekil (katı, sıvı, gaz) ve yer değiştirmesine, çeşitli yerlere göç edip birikmesine ve kullanılmasına etki eden en önemli faktördür. Suyun vizkozitesi, sıkışabilmesi, yoğunluğu gibi özellikleri sıcaklığa bağlı olarak değişir. İçme ve kullanma sularında sıcaklık önemli bir faktördür. Suların sıcaklıklarının mevsimlere göre değişmesi ya da değişmemesi suların kökeni ve geliş yeri hakkında bilgi vermektedir (Çolakoğlu, 2004). Yüzey sularının sıcaklığı, coğrafi konum, yükseklik, mevsim, günün değişik saatleri, akarsu debisi, derinlik ve kirletici kaynaklardan karışan atık özelliklerine bağlı olarak değişir. Yaraltısularının sıcaklığı

genellikle yüzey sularına göre daha düşüktür. Sularda yapılan sıcaklık ölçümleri su kimyası ile ilgili bazı hesaplamalarda kullanılır. Suların sıcaklığı kapsamı geniş olan bir parametredir ve standart sıcaklık önermek güçtür.

Çalışma sahasındaki su kaynaklarının sıcaklıkları 8,5-19,8 °C arasında değişmektedir (Şekil 4.6). Çalışma sahasındaki suların sıcaklık değerlerinin mevsimsel etkenlere bağlı olarak fazla farklılık göstermediği saptanmıştır.



Şekil 4.6. Örneklem yapılan su kaynaklarının ortalama T (°C) değerleri.

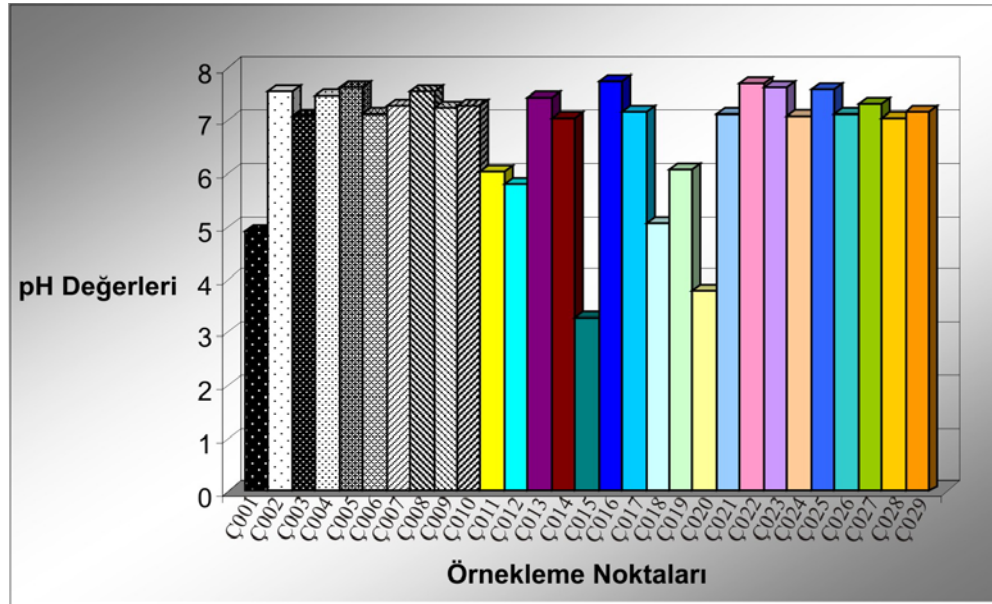
4.4.3. Hidrojen iyonu aktivitesi (pH)

pH, sulu bir çözeltinin asitlik özelliğinin göstergesi olup hidrojen iyonun aktivitesinin eksi logaritmasına eşittir. Doğal sularda pH değeri genellikle 4-9 arasındadır. Bu tip suların büyük bir kısmı karbonat ve bikarbonattan dolayı bazik, karbondiyoksitten dolayı da asidik özellik taşısada daha çok karbonat ve bikarbonat iyonlarından dolayı hafif bazik özellik göstermektedir. pH=7 olan sular nötr sular olarak bilinir. pH<4,5 olan sular asit sular, pH=8,2 olan sular bazik sular olarak nitelendirilmektedir (Çolakoğlu, 2004). Yeraltısularındaki pH değeri, çözülmüş karbondioksit ve diğer karbonat bikarbonat bileşikleri arasındaki dengeye bağlı olarak değişmektedir. pH değeri, karbonat, bikarbonat, karbondioksit, korozyon ve asit-baz dengeleri hesaplarında kullanılmaktadır. Suların pH'ı ortamdaki maddelerin

bileşimini, besi maddelerinin varlığını ve iz elementlerin görece zehirliliklerini etkiler. Su ortamlarının korunması için pH 6,5-9,0 aralığında olmalıdır (McNeely ve diğ., 1979).

İçme sularının Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'ne ve Sağlık bakanlığına (RG 25730) göre pH limit değerleri 6,5-9,5 aralığında kalırken, Çevre Koruma Ajansı (EPA) ise pH'ı 6,5-8,5 arasında olan suları içilebilir olarak kabul etmektedir (WHO, 2006; EPA, 2003; RG 25730).

Çalışma sahasındaki suların pH değerleri 4,9-8,05 arasında değişmektedir (Şekil 4.7). İki örnekleme noktasında ölçülen pH değerleri asidik özellik göstermektedir (Ç015 (Tepeköy)-Ç020 (Söğütalan)). Bu su kaynaklarında görülen düşük pH değerleri bölgede yüzlek veren altere olmuş volkanik birimlerden kaynaklanmaktadır. Bu suların pH değerleri içme suları olarak önerilen suların pH limit değerlerinden düşüktür. Ancak diğer suların pH değerleri ise içme suyu pH limit değerleri arasında yer almaktadır.



Şekil 4.7. Örnekleme yapılan su kaynaklarının ortalama pH değerleri.

4.5. Suların Kimyasal Özellikleri

Farklı derinliklerinde bulunan sular, buralardaki değişik bileşimli kütlelerle temas halindedir. Bu kütlelerin suda eriyebilme derecelerine göre az yada çok oranda erimiş madde yeraltısularına karışır. Erimiş maddelerin miktarı, yeraltısularının kütlelere maruz kalma süresine, suyun hızına, sıcaklığına, kütlenin cinsine ve ortamın basıncına bağlı olarak değişir. Suların bileşimlerinin bilinmesi kullanım açısından önemlidir.

4.5.1. Majör iyonlar

Yeraltısuyunda çözülmüş katıların %90'dan fazlası yedi iyondan oluşmaktadır. Bu iyonlar Na^+ , Ca^{+2} , K^+ , Mg^{+2} , SO_4^{-2} , Cl^- ve HCO_3^- olup, genellikle 1 mg/l'ten büyük konsantrasyonlarda bulunur. Kimyasal analiz kontrol edilirken, genelde kation-anyon dengesi ele alınır. Bu denge iyon konsantrasyonlarının tümünün litrede eşdeğer birimlere çevrilerek hesaplanır. Çalışma sahasındaki su kaynaklarının dönemsel kimyasal analiz sonuçlarına göre majör iyon derişim değerleri Tablo 4.4'de sunulmuştur.

4.5.1.1. Sodyum (Na^+)

Sodyum yeraltısularına plajyoklasların, evaporitik minerallerin (halit vb.) ayrışması ve kil minerallerinin baz değişimi sonucu karışır (Goldschmidt, 1958; Kaçaroğlu 1991). Ayrıca kıyı akiferlerinde yeraltısularına deniz suyundan sodyum ve potasyum karışmaktadır. Yeraltısularının sodyum içeriği normal olarak 6–130 mg/l'te arasında değişmekte ve yüzey sularında ise 1 mg/l'ten az olabileceği gibi 300 mg/l'tin üzerine de çıkabilmektedir (WHO, 1984b).

Sodyum vücudun asit-baz dengesinin ayarlanmasında etkili olduğu gibi, organizmadaki ozmotik basıncın oluşmasına da katkıda bulunarak, vücudun su tutmasını sağlamaktadır. Sodyum aynı zamanda kas hücrelerinin kasılma işlevinde, hücre içi ile hücreler arası ortam arasındaki su ve elektrolit alışverişinde görev alan bir alkali metaldir (Boz, 2004). Hergün besinlerle alınan sodyumun miktarı 3 gr kadardır. Vücutta sodyum azalması kusma, kas güçsüzlüğü ve ağrıları, bilinç bulanıklığı ve solunum yetmezliği belirtilerine yol açabilmektedir (Boz, 2004).

Çalışma sahasındaki su kaynaklarının sodyum değerleri 8,15-140,67 mg/l arasında değişmektedir. İçme sularının WHO ve Sağlık bakanlığı'na göre Na limit değeri 200 mg/l'tir (WHO, 2006; RG 25730). Çalışma sahasındaki bütün sularda ölçülen Na değerleri önerilen limit değerlerinin altındadır.

4.5.1.2. Potasyum (K⁺)

Yeraltısularındaki potasyum miktarı potasyumlu minerallerin (K'lı feldispatlar) bozunumuna, duraylı potasyum minerallerinin oluşmasına (illit), iyon değişimine ve gözenek sularının yeraltısularını beslemesine bağlıdır (Atabey, 2005). Doğal yüzey sularında potasyum derişimi nadir olarak 20 mg/l'te erişir ve genellikle 10 mg/l'den azdır (Kaçaroğlu, 1991). WHO ve Sağlık Bakanlığı standartlarında, içme sularının potasyum derişimi için herhangi bir değer verilmemektedir.

Tablo 4.4. Çalışma sahasındaki su kaynaklarının iki farklı dönemde analiz edilen majör anyon-kasyon değerleri (mg/l)

Örnek No	Na		Ca		K		Mg		Cl		SO ₄		HCO ₃ ⁻	
	Nisan 2007	Temmuz 2007	Nisan 2007	Temmuz 2007	Nisan 2007	Temmuz 2007	Nisan 2007	Temmuz 2007	Nisan 2007	Temmuz 2007	Nisan 2007	Temmuz 2007	Nisan 2007	Temmuz 2007
Ç001														
Ç002	75.98	74.01	205.39	224.38	8.03	7.40	81.39	88.17	172	215	194.00	372	561	576
Ç003	72.75	71.37	251.49	256.56	2.87	3.16	98.57	102.04	227	247	208.82	370	920.20	694
Ç004	31.84	31.49	67.77	69.77	0.80	0.97	19.52	19.72	20	25	12.06	15.49	341.60	273
Ç005	30.25	28.91	81.10	79.43	3.94	5.06	23.21	21.73	21	22	18.62	17.61	355	326
Ç006	32.51	25.60	135.31	106.57	1.08	3.74	28.66	22.27	26	18	123.35	134.24	420	280
Ç007	23.73	20.89	139.89	132.49	0.33	0.36	17.26	15.52	29	30	34.86	31.43	445	374
Ç008	21.57	21.29	88.35	84.97	0.61	0.83	15.84	15.22	15	16	61.48	28	297	280
Ç009	38.53	35.05	94.53	84.80	2.81	2.93	23.90	20.88	29	28	136.64	95.6	350	252.5
Ç010	56.92	60.80	142.44	155.85	3.66	4.7	30.85	34.16	43	54	228.97	295.07	342	300
Ç011	21.58	19.39	22.47	15.98	8.39	8.7	3.35	3.24	27	25	23.70	11.35	95.20	70
Ç012	46.44	51.43	33.53	38.95	10.42	9.3	11.01	11.92	78	90	47.63	90	156.40	78
Ç013	23.38		69.91		2.29		22.57		18		30.29		380.60	
Ç014	35.38		107.93		0.52		40.40		36		10.46		520	
Ç015	29.52	27.14	20.79	19.77	19.93	19.70	6.21	5.76	30	30	263.46	390	10	42.5
Ç016	77.69	82.13	112.06	129.71	36.39	34.39	22.83	27.18	68	78	131.54	125	439.20	450
Ç017	140.67	141.77	321.13	320.46	0.38	0.40	10.02	10.48	32	34	312.00	793	870	174
Ç018	10.65	7.01	13.49	5.35	1.60	1.04	3.21	1.49	8	6	35.48	10	32	25
Ç019	14.47	13.44	18.64	18.78	1.38	1.40	3.25	3.20	7	8	34.75	48	46.40	40
Ç020	17.94	17.39	12.39	13.50	13.30	12.15	2.25	2.38	25	26	79.79	46	10.20	28
Ç021	8.15		27.86		0.16		39.72		10		14.40		244	
Ç022	9.23	9.81	20.58	24.42	0.64	0.93	53.99	58.90	8	10	12.73	20	320	320
Ç023	17.54		59.24		11.60		72.80		35		38.35		580	
Ç024	39.36	33.49	94.90	88.22	0.42	0.46	41.71	38.17	15	12	23.49	20.59	488	325
Ç025	32.78	31.59	99.50	95.93	0.30	3.79	18.02	17.07	30	37	102.17	152	290	265
Ç026														
Ç027	92.53	88.60	159.70	156.19	1.12	1.02	35.61	32.95	66	69	239.76	252	488	342
Ç028	51.33	48.08	164.91	173.74	2.41	2.68	34.74	37.44	44	51	194.03	248	488	371
Ç029	93.84	99.38	249.38	267.10	12.41	1.32	35.31	38.70	73	86	289.21	450	830	507

Vücuttaki potasyumun yüzde 98'i hücre duvarlarının içinde bulunur. Potasyum, sodyumla birlikte vücuttaki su dengesinin sağlanmasına yardımcı olur ve gıdaların hücre içine geçişini sağlar. Potasyumun önemli görevlerinden biri de sinir sistemindeki mesajları iletmesidir. Beyne oksijenin gönderilmesi beyin için önemlidir. Her gün bu mineral vücutta kullanılır ve tekrar yeri doldurulur. Kalbimiz ve vücuttaki diğer kaslarımızın sağlıklı yapısını koruması potasyuma bağlıdır. Potasyum iyonunun kandaki eksikliğinde vücutta yorgunluk, kaslarda kramplar, kabızlık, kalpte ritm bozuklukları görülmektedir (Selinus ve diğ., 2005). İçme suyundaki yüksek ve düşük konsantrasyonların insan sağlığına direkt bir etkisi yoktur (Varol ve diğ., 2008).

Çalışma sahasındaki su kaynaklarının potasyum değerleri 0,30-36,39 mg/lit arasında değişmektedir. En yüksek potasyum değerleri Tepeköy çevresindeki su yapılarında (Ç015 ve Ç016) ölçülmüştür.

4.5.1.3. Kalsiyum (Ca⁺²)

Kalsiyum yeraltısularına kalsit, aragonit, jips, anhidrit gibi silikatlı olmayan minerallerin ve anortit, amfibol ve piroksen gibi silikatlı minerallerdeki kalsiyumun erimesi ile karışır (Erguvanlı ve Yüzer, 1987). Doğal sulardaki kalsiyum miktarı, suyun bulunduğu ortamdaki kayaçların bileşimi ile yakından ilişkilidir (McNeely ve diğ., 1979).

İnsan vücudu günde yaklaşık 1 gr kalsiyuma gereksinim duyar. Kalsiyumun suda 100 mg/lit'yi aştığında, damar sertliği ve böbrek taşlarının oluşmasına neden olduğu düşünülmektedir (Atabey, 2005). Kalsiyumun kemik yapısında, kas fonksiyonlarında ve kanamanın durdurulmasında önemli bir rolü vardır. Yetersiz kalsiyum alımı kemik zedelenmelerinin artmasına neden olmaktadır.

Çalışma sahasındaki su kaynaklarının kalsiyum değerleri 5,35-321,13 mg/lit arasında değişmektedir. Ca⁺² iyonu, çalışma sahasındaki su kaynaklarında hakim katyondur.

WHO ve Sağlık Bakanlığı standartlarında, içme sularının kalsiyum derişimi için herhangi bir değer verilmemektedir.

4.5.1.4. Magnezyum (Mg^{+2})

Yeraltısularına çoğunlukla magnezyumlu kalker, dolomit ve serpantizasyon sonucu açığa çıkan magnezyum karbonatın eritilmesiyle karışır. Yüksek derişimdeki Mg^{+2} yüzeye yakın yersel kayalardan Mg^{+2} yıkanmasını veya nispeten Mg^{+2} 'ce zengin yeraltısularıyla ilişkiyi işaret eder (Nicholson, 1993). Sulardaki magnezyum derişimi 1–100 mg/lt aralığında büyük değişim gösterir (Kaçaroglu, 1991). Suların sertliğine sebep olan iyonlardandır.

Magnezyum vücudumuzda bir ön faktör gibi rol oynayarak üç yüzden fazla enzimatik reaksiyona girer. Kemiklerin güçlenmesini sağlar. Karbonhidrat metabolizmasında en temel görevleri alır. Canlıların yaşamında temel olan proteinlerin yapısından sorumludur. Magnezyumun kalbi koruyucu, ritim bozukluklarını önleyici bir etkisi vardır. Kaslarda gerilme ve kramplar, sersemleme, konsantrasyon bozukluğu, sinirlilik, yorgunluk hissi, migren, bulantı, kusma ve çarpıntı magnezyum yetersizliğini en belirgin özelliklerindedir (Varol ve diğ., 2008).

Çalışma sahasındaki su kaynaklarının magnezyum değerleri 3,24-102,04 mg/lt arasında değişmektedir. Çalışma sahasındaki yüksek magnezyum değerleri Yayaköy ve serpantinitletlerin yüzlek verdiği Kızılelma köyü çevresindeki kaynaklarda ölçülmüştür (Ç021, Ç022 ve Ç023).

WHO ve Sağlık Bakanlığı standartlarında, içme sularının magnezyum derişimi için herhangi bir değer verilmemektedir.

4.5.1.5. Alkalinite (HCO_3^- ve CO_3^{-2})

Yeraltısularındaki karbonat ve bikarbonat iyonlarının çoğu atmosfer ve topraktaki karbondioksitten ve karbonatlı kayaların erimesinden oluşmaktadır (Erguvanlı ve Yüzer, 1973). Doğal sulardaki bikarbonat miktarı suyun pH ve CO_2 değerine bağlıdır. pH'ın 6-10 arasında olması durumunda bikarbonat baskın iyon olup daha düşük pH değerlerinde karbonik asit (H_2CO_3) egemen iyondur. Daha yüksek değerlerinde ise karbonat baskın olarak gözlenir. Doğal suların alkalinitesi, nadir olarak 500 mg/lt $CaCO_3$ 'ı aşar. Yüksek alkaliniteye sahip sular, sertliklerinin yüksek olması veya sodyum miktarının fazlalığı nedeniyle içme suyu olarak istenmez. 30–500

mg/lit CaCO₃ aralığındaki alkalinite değerleri genellikle kabul edilmektedir (McNeely ve diğ., 1979).

Çalışma sahasındaki su kaynaklarının HCO₃⁻ değerleri 10-920,20 mg/lit arasında değişmektedir.

4.5.1.6. Klorür (Cl)

Yeraltısularındaki klorür deniz suyundan, evaporitlerden, yağmur ve kar suyu ile atmosferden gelmektedir. Genel olarak magmatik kayalardan doğan sulara taşınan klorür önemsizdir. Klorür tuzlarının büyük kaynağı evaporitlerdir. Deniz suları da yeraltısularına klorür veren en büyük kaynaklardan biridir. Yağmur sularında klorür miktarı 1-25 mg/lit olup bu değer deniz sularında 20000 mg/lit'ye ulaşır (Erguvanlı ve Yüzer 1987). Klorür değeri yeraltısuyunun rezervuarda kalış süresine ve sıcaklığa bağlı olarak artış göstermektedir (Doğdu ve Çelik, 1999).

Klorür iyonu, sodyum ile birlikte kanın bileşiminde bulunur ve kanın osmotik basıncını dengeler (Selinus ve diğ., 2005).

Çalışma sahasındaki su kaynaklarının klorür değerleri 6-247 mg/lit arasında değişmektedir. İçme sularının WHO ve Sağlık bakanlığı'na göre Cl limit değeri 250 mg/lit'dir (WHO, 2006; RG 25730). Çalışma sahasındaki sularda ölçülen Cl değerleri önerilen limit değerlerin altındadır.

4.5.1.7. Sülfat (SO₄⁻²)

Yeraltısularına jips ve anhidritten karışmaktadır. Sülfür bileşikleri çeşitli reaksiyonlar sonunda oluşturdukları tat, koku, toksisite ve korozyon gibi problemleriyle önemli kirletici konumundadırlar. Yüzeysel sularında sülfat derişimi birkaç mg/lit ise binlerce mg/lit arasında değişim gösterir. Yüksek derişimlere sülfat minerallerinin yaygın olduğu kurak bölgelerde rastlanır (McNelly ve diğ., 1979).

Sodyum sülfat ve magnezyum sülfat insanlarda müşil etkisi yaratacağından 250mg/lit üst sınırlarla sınırlandırılmışlardır (WHO, 1993).

Çalışma sahasındaki su kaynaklarının sülfat değerleri 10,46-694 mg/l arasında değişmektedir.

İçme sularının WHO'ya göre SO₄ limit değeri 500 mg/l'tir. Bu değer Sağlık bakanlığı'na göre ise 250 mg/l'tir (WHO, 2006; RG 25730). Çalışma sahasındaki suların büyük bir kısmı önerilen değerlerin altındadır. Ancak bu değerlerin üzerinde olan tek lokasyon vardır. Yayaköy'den alınan örneklerde SO₄ değeri limit değerlerin üzerindedir.

4.6. Su Kaynaklarının Sınıflandırılması

Suları birbiri ile karşılaştırmak, iyonlar arası etkileşimlerini araştırmak ve diyagramlara işlenmesindeki hesaplamaları kolaylaştırmak için hesaplanan iyonik oranlar, anyonlarla katyonların ayrı ayrı % mek/l ve % mg/l değerleri ile IAH (Uluslararası Hidrojeologlar Birliği) sınıflamasına göre belirlenen hidrokimyasal fasiyes tipi bir hidrojeokimyasal değerlendirme metodudur.

Bir akiferde su akarken litolojik yapıyla etkileşimi uygun karakteristik bir kimyasal bileşim sunar. Su kimyası fasiyesi terimi, bir akiferde kimyasal bileşimleri farklı olan yeraltısu kütlelerini tanımlamak için kullanılır. Söz konusu fasiyesler akiferin litolojisinin, çözelti kinetiklerinin ve akış paternlerinin bir fonksiyonudur (Back, 1960; 1966). Su kimyası fasiyesleri bazı yöntemler kullanılarak fasiyeslerde baskın iyonlara dayalı olarak sınıflandırılabilir. Bu yöntemlerden en yaygın kullanılan Piper (Piper, 1944) ve Schoeller (Schoeller, 1955) diyagramlarıdır.

Çalışma sahasındaki su kaynakları için yapılan kimyasal analiz sonuçları ile bölgedeki kaynakların kimyasal özellikleri, litoloji ile olan ilişkileri ve etkileşimi incelenmiştir. Bu amaçla yapılan kimyasal analiz sonuçlarından hazırlanan Piper ve Schoeller diyagramları ile su kaynaklarının kimyasal özellikleri, birbirleri ile olan benzerlik ve farklılıkları gibi ilişkiler çalışılmıştır.

4.6.1. Su kaynaklarının iyon karakteristikleri

Çalışma sahasındaki su kaynaklarının iyon içeriklerinin mek/l derişimine göre hakim iyon sıralaması Tablo 4.6'da sunulmuştur. Suların kimyasal yapısı beslenme

havzasındaki kayaçların kimyasal bileşimi, akış yolunun hidrojeolojik özellikleri ve etkileşim zamanı ile yakından ilişkilidir.

Tablo 4.5. Çalışma sahasındaki su kaynaklarının iyon sıralaması

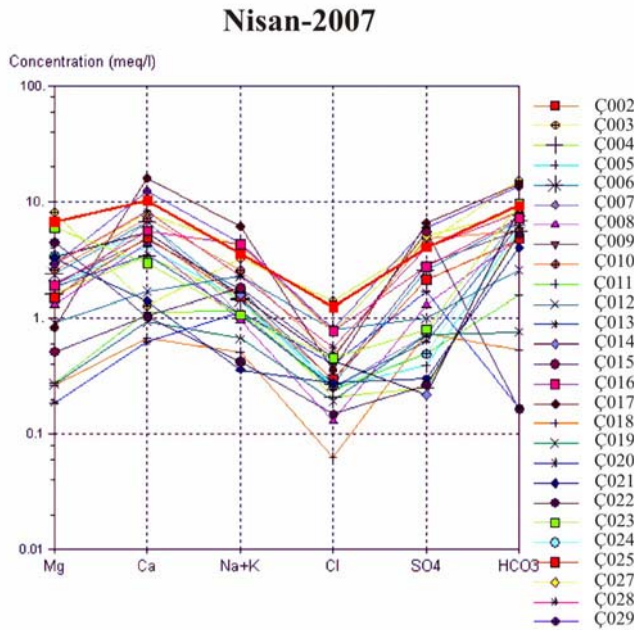
Örnek no	Kasyon Sıralaması		Anyon Sıralaması		Su Tipi
	Nisan-2007	Temmuz-2007	Nisan-2007	Temmuz-2007	
Ç001					
Ç002	Ca>Mg>Na	Ca>Mg>Na	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-Mg-HCO ₃
Ç003	Ca>Mg>Na	Ca>Mg>Na	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-Mg-HCO ₃
Ç004	Ca>Mg>Na	Ca>Mg>Na	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-Mg-HCO ₃
Ç005	Ca>Mg>Na	Ca>Mg>Na	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-Mg-HCO ₃
Ç006	Ca>Mg>Na	Ca>Mg>Na	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-Mg-HCO ₃
Ç007	Ca>Mg>Na	Ca>Mg>Na	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-Mg-HCO ₃
Ç008	Ca>Mg>Na	Ca>Mg>Na	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-Mg-HCO ₃
Ç009	Ca>Mg>Na	Ca>Mg>Na	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-Mg-HCO ₃
Ç010	Ca>Mg>Na	Ca>Mg>Na	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-Mg-HCO ₃
Ç011	Na>Ca>Mg	Na>Ca>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄	HCO ₃ >Cl>SO ₄	Na-Ca-HCO ₃
Ç012	Na>Ca>Mg	Na>Ca>Mg	SO ₄ >Cl>HCO ₃	SO ₄ >Cl>HCO ₃	Na-Ca-SO ₄
Ç013	Na>Ca>Mg		SO ₄ >HCO ₃ >Cl		Na-Ca-SO ₄
Ç014	Ca>Na>Mg		HCO ₃ >SO ₄ >Cl		Ca-Na-HCO ₃
Ç015	Na>Ca>Mg	Na>Ca>Mg	SO ₄ >HCO ₃ >Cl	SO ₄ >HCO ₃ >Cl	Na-Ca-SO ₄
Ç016	Ca>Na>Mg	Ca>Na>Mg	SO ₄ >HCO ₃ >Cl	SO ₄ >HCO ₃ >Cl	Ca-Na-SO ₄
Ç017	Ca>Na>Mg	Ca>Na>Mg	SO ₄ >HCO ₃ >Cl	SO ₄ >HCO ₃ >Cl	Ca-Na-SO ₄
Ç018	Na>Ca>Mg	Na>Ca>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Na-Ca-HCO ₃
Ç019	Ca>Na>Mg	Ca>Na>Mg	SO ₄ >HCO ₃ >Cl	SO ₄ >HCO ₃ >Cl	Ca-Na-SO ₄
Ç020	Na>Ca>Mg	Na>Ca>Mg	SO ₄ >Cl>HCO ₃	SO ₄ >Cl>HCO ₃	Na-Ca-SO ₄
Ç021	Ca>Mg>Na		HCO ₃ >SO ₄ >Cl		Ca-Mg-HCO ₃
Ç022	Ca>Mg>Na	Ca>Mg>Na	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-Mg-HCO ₃
Ç023	Ca>Mg>Na		HCO ₃ >SO ₄ >Cl		Ca-Mg-HCO ₃
Ç024	Ca>Mg>Na	Ca>Mg>Na	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-Mg-HCO ₃
Ç025	Ca>Mg>Na	Ca>Mg>Na	HCO ₃ >SO ₄ >Cl		Ca-Mg-HCO ₃
Ç026					
Ç027	Ca>Na>Mg	Ca>Na>Mg	HCO ₃ >SO ₄ >Cl		Ca-Na-HCO ₃
Ç028	Ca>Mg>Na	Ca>Mg>Na	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	HCO ₃ >SO ₄ >Cl	Ca-Mg-HCO ₃
Ç029	Ca>Na>Mg	Ca>Na>Mg	SO ₄ >HCO ₃ >Cl	SO ₄ >HCO ₃ >Cl	Ca-Na-SO ₄

Çalışma sahasındaki sulara görülen başlıca kasyon Kalsiyum (Ca) dur. Bunu sırasıyla genelde Magnezyum (Mg) ve Sodyum (Na) takip eder. Anyonlardan ise genel olarak Bikarbonat (HCO₃) en yüksek gözlenen anyon olup bunu Sülfat (SO₄) ve Klor (Cl) izler.

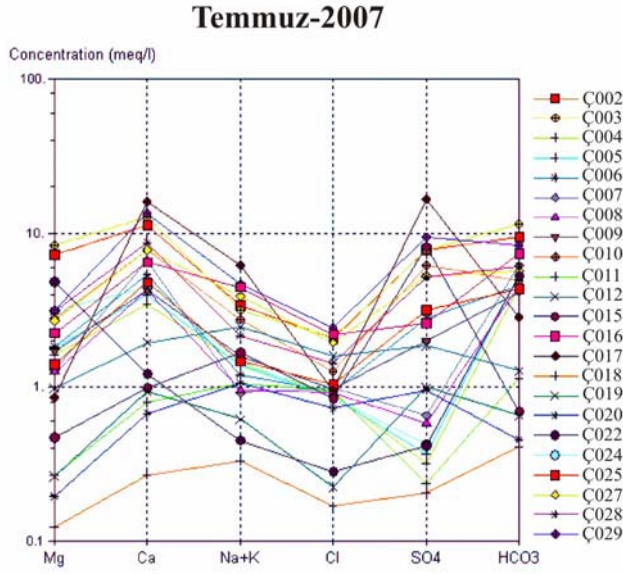
4.6.2. Schoeller Yarı Logaritmik Diyagramı

Schoeller (1955) anyon ve katyonların konsantrasyonunu göstermek için yarı logaritmik grafik kağıdını kullanmayı önermiştir. Logaritmik ordinat eksenine % mek/lt değerleri, apsis ekseninde eşit aralıklarla soldan sağa doğru ve iyonların sırası değiştirilmeden işaretlenir. Aynı ve farklı gruptaki sular grafik üzerinde karşılaştırılmış olur. Schoeller yarı logaritmik diyagramında benzer kökenli, aynı hazneye ve beslenme alanına sahip sular benzer pikler verir (Şanlıyüksel, 2008).

Su kaynaklarının kendi aralarında gösterdikleri paralelliklerden dolayı bu su kaynakları için benzer kökenli olduğu yorumu yapılabilir. Çalışma sahasındaki su kaynakları genel olarak Ca-Mg- HCO₃ ve Na-Ca-SO₄ iyonlarınca zengindir (Şekil 4.8; 4.9).



Şekil 4.8. Çalışma sahasındaki su kaynaklarından Nisan-2007 döneminde elde edilen analiz sonuçlarının Schoeller diyagramında gösterilimi.



Şekil 4.9. Çalışma sahasındaki su kaynaklarından Temmuz-2007 döneminde elde edilen analiz sonuçlarının Schoeller diyagramında gösterilimi.

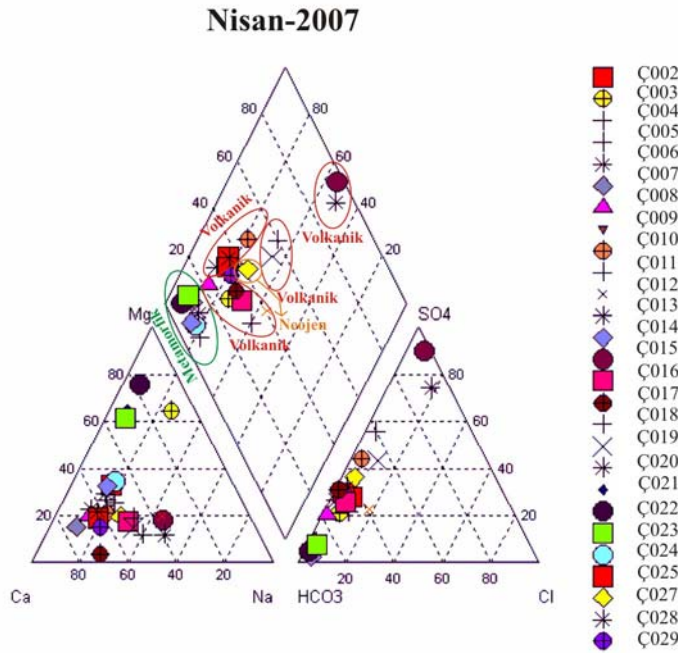
Çalışma sahasında Nisan ve Temmuz 2007 tarihlerinde aynı sulara benzer özellikler görülür. Nisan 2007 tarihinde alınan numunelere ait verilerde bazı majör anyon katyon değerlerinin (SO_4 gibi) Temmuz 2007 verilerine göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun temel nedeni su-kayaç etkileşimidir. Nisan ayı daha yağışlı olduğundan daha fazla çözünme olmuş ve elementler seyrelmiştir.

4.6.3. Piper (Üçgen) Diyagramı İle Suların Sınıflandırılması

İyonların topluca tek bir görüntüleme kolaylığı açısından hidrojeolojide oldukça sık kullanılan diyagramlardan biri Piper (üçgen) diyagramıdır. Piper diyagramı anyon ve katyonların (%mek/lt cinsinden) ayrı ayrı gösterildiği iki ayrı üçgenden ve tüm iyonların ortaklaşa gösterildiği bir dörtgenden oluşmaktadır. Üçgen diyagramlar suların fasiyes tiplerinin görülmesinde, dörtgen ise suların sınıflamasında ve karşılaştırılmasında kolaylık sağlamaktadır (Özen ve Tarcan, 2005).

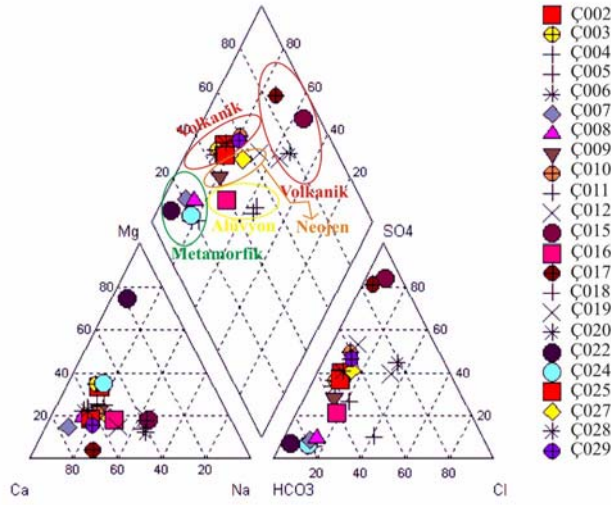
Çalışma sahasında elde edilen analiz sonuçlarına göre hazırlanan Piper diyagramında (Şekil 4.10; 4.11) görüldüğü üzere çalışma sahasındaki sular jeolojik faktörlere bağlı olarak farklılıklar sunmaktadır. Çalışma sahasındaki sular ağırlıklı olarak Ca-Mg- HCO_3 'lü su tipini yansıtmaktadır. Ancak, Kocabaş çayından alınan

örnekler bu yöredeki yüzey sularının Na-SO₄ iyonlarınca zenginleştiğini göstermektedir. Özellikle de Çan ilçe merkezi ve çıkısında sularda daha yüksek konsantrasyonlarda SO₄ iyonları ölçülmüştür. Çalışma sahasındaki kaynak sularının birçoğu volkanik birimlerden gelen sulardır. Bu sular Na-SO₄ iyonlarınca zenginleşmişlerdir. Altere olmamış volkanik kayalarda (bazalt ve aglomera) gelen sular ise Ca-HCO₃ iyonlarınca zenginleşmişlerdir. Çalışma sahasındaki kaynak sularının önemli bir kısmı, farklı düzeylerde altere olmuş volkanik kayalardan gelmektedir. Bu sular ise Ca-Na-HCO₃ iyonlarınca zenginleşmişlerdir. Çalışma sahasında yüzlek veren, metabazalt, serpantin, mermer ve granitten gelen sular ise genel olarak Ca-HCO₃ iyonlarınca zenginleşmişlerdir. Ancak bu kayalardan gelen iyon konsantrasyonları birbirlerinden farklıdır. Çalışma sahasında ki kuyu suları ise genel olarak Ca-HCO₃ sınıfında yer almaktadır. Ancak volkanik kayalar ve alüvyon birimi içinde açılmış bulunan bazı kuyu suları karışık sular grubunda yer almaktadır.



Şekil 4.10. Çalışma sahasındaki su kaynaklarından Nisan-2007 döneminde elde edilen analiz sonuçlarının Piper diyagramında gösterilimi.

Temmuz-2007



Şekil 4.11. Çalışma sahasındaki su kaynaklarından Temmuz-2007 döneminde elde edilen analiz sonuçlarının Piper diyagramında gösterilimi.

4.7. Ağır Metaller

Yerkabuğunda, okyanuslarda ve atmosferde 92 ve ayrıca 22 kuramsal veya gözlenen element olduğu bilinmekte olup, bunların bir kısmının insan sağlığındaki rolü henüz keşfedilmemiş yüzlerce izotopu bulunmaktadır. Yerkabuğu (kütlece); oksijen %46,5, silis %28, alüminyum %8,1, demir %5,1, kalsiyum %3,5, sodyum %3, potasyum %2,5, magnezyum %2,2, titanyum %0,5 içermektedir. Okyanuslarda (kütlece) bu oran; oksijen %85,79, hidrojen %10,67, klor %2,07, sodyum %1,14, magnezyum %0,14 ve diğer elementler %0,19 şeklindedir. Atmosferde ise (kuru hava hacmi); nitrojen %78,08, oksijen %20,95, argon %0,93, karbondioksit %0,03, neon %0,0018, helyum %0,0005, kripton %0,0001, hidrojen %0,00005 ve ksenon %0,000008 olarak saptanmıştır (Atabey, 2005).

Ağır metal terimi fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm^3 ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, cıva ve çinko olmak üzere atmıştan fazla metal dahildir. Bu elementler doğaları gereği yer kürede genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik olarak veya silikatlar içinde hapsolarak bulunurlar. Her ne kadar metallerin yoğunluk değeri üzerinden hareketle ekolojik sistem üzerindeki etkileri tanımlanmaya/gruplandırılmaya çalışılıyorsa da gerçekte metallerin yoğunluk

değerleri onların biyolojik etkilerini tanımlamaktan çok uzaktır. Metallerin ekolojik sistem üzerine etkilerinden bahsederken aslında metalin ait olduğu grubun ele alınması ve bu özelliğin vurgulanması biyolojik etki açısından çok daha anlamlıdır.

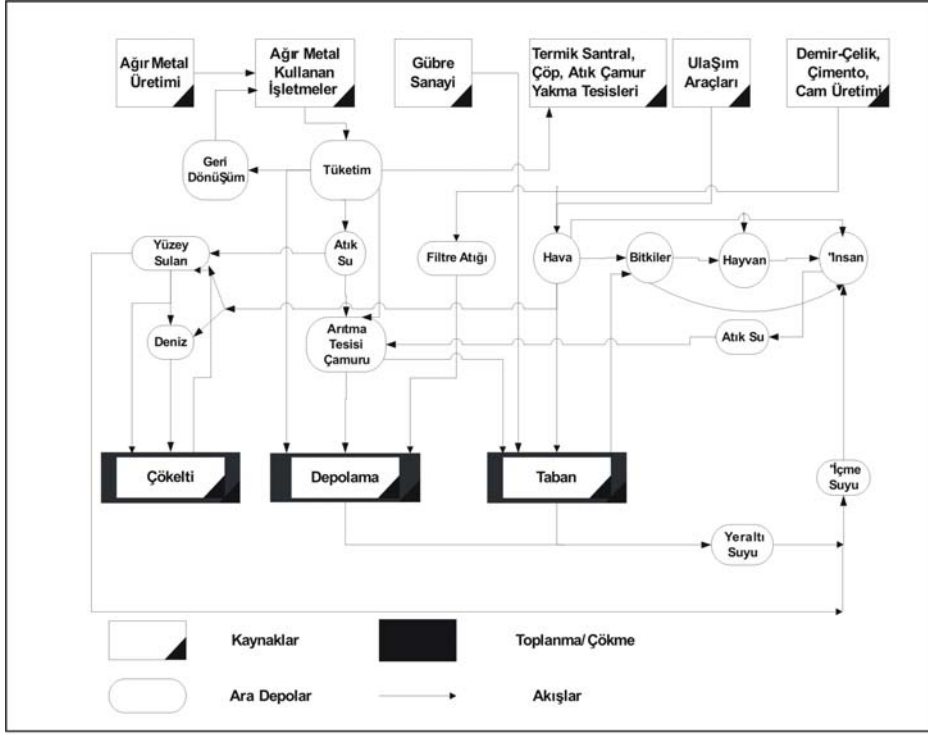
Antik çağlarda ağır metallerin cevherleri işlenmeye başlandığından beri metaller insan faaliyetleri sonucu olarak doğal çevrimler dışında atmosfere, hidrosfere yayılmaya başlamışlardır. Yüzyıllar boyunca insanlar ağır metalleri etkilerini bilmeden takı, silah, su borusu vb. çeşitli amaçlar için kullanmışlardır. Sanayileşme ile birlikte ağır metal içeren kömürlerin yakılmaya başlanması ile endüstri bölgelerindeki ağır metal kirliliği aşırı boyutlara ulaşmıştır.

Ağır metaller, su kaynaklarına, endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının toprağı ve dolayısı ile bileşimde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltısularına ulaşmasıyla geçerler. Sulara taşınan ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşik oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede zenginleşirler. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı da suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselir. Ülkemizde de başta tuz ihtiyacımızı karşıladığımız Tuz Gölü olmak üzere kapalı göllerimizde yeterli çevresel önlem almadığımız ve su havzalarında kontrolsüz sanayileşmeye izin verdiğimizden dolayı ağır metal konsantrasyonu sürekli yükselmektedir (Kahvecioğlu ve diğ., 2004).

Ağır metallerin ekolojik sistemde yayınımları dikkate alındığında doğal çevrimlerden daha çok insanın neden olduğu etkiler nedeniyle çevreye yayınımlı söz konusu olduğu görülmektedir. Sürekli ve kullanıma bağlı kirlenmenin yanı sıra kazalar sonucu da ağır metallerin çevreye yayınımlı önemli miktarlara ulaşabilmektedir. Yıllık olarak doğal çevrimler sonucu 7600 ton kadmiyum, 18800 ton arsenik, 3600 ton cıva, 332000 ton kurşun atmosfere atılmakta iken insan faaliyetleri sonucu deşarj edilen miktarlar dikkate alındığında ise selenyum (19 kat), kadmiyum (8 kat), cıva, kurşun, kalay (6 kat), arsenik, nikel ve krom (3 kat) daha fazladır (Kahvecioğlu ve diğ., 2004).

Ağır metallerin çevreye yayınımlı da etken olan en önemli endüstriyel faaliyetler çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir.

Ağır metallerin doğaya yayınımları dikkate alındığında çok çeşitli sektörlerden farklı işlem kademelerinden biyosfere ağır metal atılımı gerçekleştiği bilinmektedir. Şekil 4.12’de farklı sektörlerden biyosfere ağır metal yayını şematik olarak verilmiştir.



Şekil 4.12. Ağır metallerin doğaya yayınımları (Kahvecioğlu ve diğ., 2004).

Su içerisinde bulunan bazı elementler miktarına ve etkileşim süresine bağlı olarak sınır değerleri aştığı için zehirli etki yapabilmektedir (Varol ve diğ., 2008). Çalışma sahasındaki su kaynaklarından alınan örneklerde bu suların tüm iz, eser elementleri ve ağır metal değerleri belirlenmiştir. Belirlenen ağır metallerden insan sağlığına olumsuz yönde etki eden kurşun (Pb), cıva (Hg) ve arsenik (As) verileri değerlendirilmiştir. Analiz edilen ağır metallerin (As, Pb ve Hg) derişimleri Tablo 4.6’te sunulmuştur.

4.7.1. Kurşun (Pb)

Kurşun, insan faaliyetleri ile ekolojik sisteme en önemli zararı veren ilk metal olma özelliği taşımaktadır. Kurşun atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her durumda toksik özellik taşıdığından (çalışma ortamında izin verilen sınır 0,1 mg/m³) çevresel kirlilik yaratan en önemli ağır metaldir.

Jeolojik unsurlardan K-feldispatlar ve magmatik kayalardan yeraltısularına karışan kurşun, ayrıca endüstriyel atıklar vasıtası ile de yeraltısuyuna ulaşabilmektedir.

Tablo 4.6. Çalışma sahasında örnekleme yapılan suların farklı dönemlere ait ağır metal içerikleri (ppb)

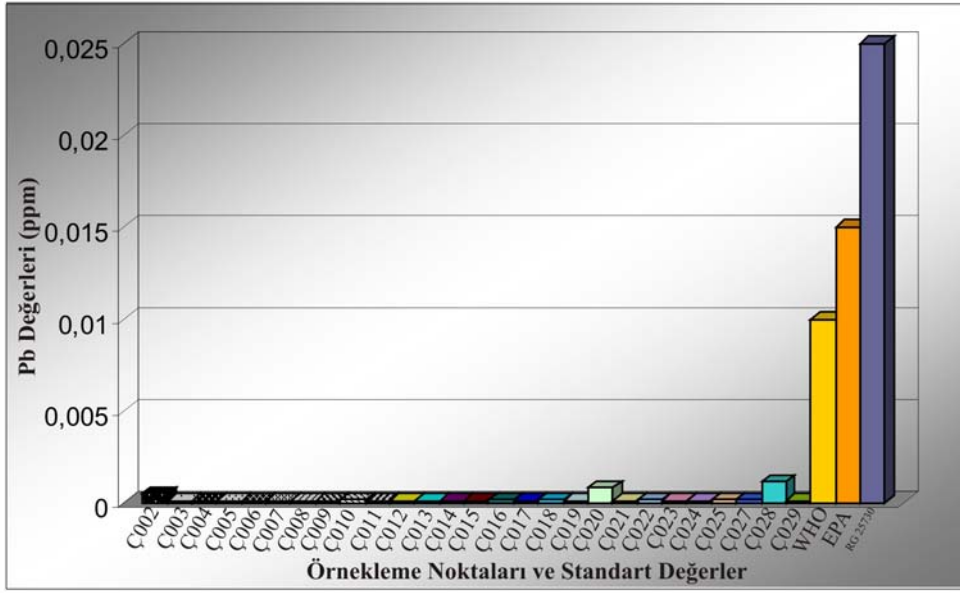
Örnek No	Pb (ppb)		As (ppb)		Hg (ppb)	
	Nisan 2007	Temmuz 2007	Nisan 2007	Temmuz 2007	Nisan 2007	Temmuz 2007
Ç001						
Ç002	0,8	<0,1	3,4	4,3	<0,1	0,3
Ç003	<0,1	<0,1	4,6	4,7	<0,1	0,2
Ç004	<0,1	<0,1	0,6	1,1	<0,1	<0,1
Ç005	<0,1	<0,1	<0,5	<0,5	<0,1	0,2
Ç006	<0,1	<0,1	1,3	2,5	<0,1	0,2
Ç007	<0,1	<0,1	1,1	1,8	<0,1	0,2
Ç008	<0,1	<0,1	2,8	4,5	<0,1	<0,1
Ç009	<0,1	<0,1	1,8	2,1	<0,1	<0,1
Ç010	0,2	<0,1	1,6	1,7	<0,1	0,2
Ç011	<0,1	<0,1	11,7	1,2	<0,1	<0,1
Ç012	<0,1	<0,1	11,7	12,2	<0,1	<0,1
Ç013	<0,1		1		<0,1	
Ç014	<0,1		0,9		<0,1	
Ç015	<0,1	<0,1	27,8	13	<0,1	<0,1
Ç016	0,2	<0,1	35,9	45,6	<0,1	0,2
Ç017	<0,1	<0,1	5,7	4,1	<0,1	<0,1
Ç018	<0,1	0,2	1,3	<0,5	<0,1	<0,1
Ç019	<0,1	<0,1	1,4	0,7	<0,1	<0,1
Ç020	0,8	0,9	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1
Ç021	<0,1		<0,5		<0,1	
Ç022	0,2	<0,1	2,1	4,1	<0,1	<0,1
Ç023	<0,1		3,9		<0,1	
Ç024	<0,1	<0,1	2,5	4,1	<0,1	0,2
Ç025	0,3	<0,1	2,6	4,1	<0,1	0,2
Ç026					<0,1	
Ç027	0,2	<0,1	1,1	1	<0,1	0,2
Ç028	2,2	<0,1	4,3	3,1	<0,1	0,2
Ç029	0,1	<0,1	1,9	2,4	<0,1	0,2

İnsan vücudundaki kurşun miktarı tahmini ortalama olarak 125–200 mg civarındadır ve normal koşullarda insan vücudu normal fonksiyonlarla günde 1–2 mg kadar kurşunu atabilme yeteneğine sahiptir. Birçok kişinin maruz kaldığı günlük miktar 300–400 mg'yi geçmemektedir. Kurşunun vücutta absorpsiyonu çocuklarda daha yüksek olmakla beraber normalde % 5 gibi düşük bir oranda gerçekleşmektedir. Bu oran dahi kalsiyum ve demir gibi birçok mineralin vücut tarafından emilimini azaltmaktadır. Kana karışan kurşun buradan kemiklere ve diğer dokulara gitmekte yada dışkı ve böbrekler yoluyla vücuttan atılmaktadır. Kemiklerde biriken kurşun zamana bağlı olarak (yarılanma ömrü yaklaşık 20 yıl) çözünerek böbreklerde tahribata neden olur. Kurşun bir nevi nörotoksindir ve anormal beyin ve sinir sistemi fonksiyonlarına sebep olmaktadır (Kahvecioğlu ve diğ., 2004).

Doğal sulardaki kurşun miktarı nadir olarak yüksek değerlere ulaşır. Çoğu akarsu ve gölde derişimi 0,001–0,010 mg/l arasında değişir.

İçme sularının WHO'ya göre Pb limit değeri 0,01 ppm'dir. EPA ise bu değeri 0,015 ppm olarak kabul etmektedir. Sağlık bakanlığı içme sularında 0,025 ppm Pb değerini limit olarak önermektedir. (WHO, 2006; EPA, 2003; RG 25730).

Çalışma sahasındaki su kaynaklarından alınan örneklerin Pb değerleri WHO, EPA ve RG 25730'a göre kabul edilen limit değerlerinin altındadır ve 0,001-0,009 ppm arasında değişmektedir (Şekil 4.13). Örnekleme yapılan Nisan-2007 ve Temmuz-2007 dönemlerindeki Pb değer dağılımları Şekil 4.14'da görülmektedir.

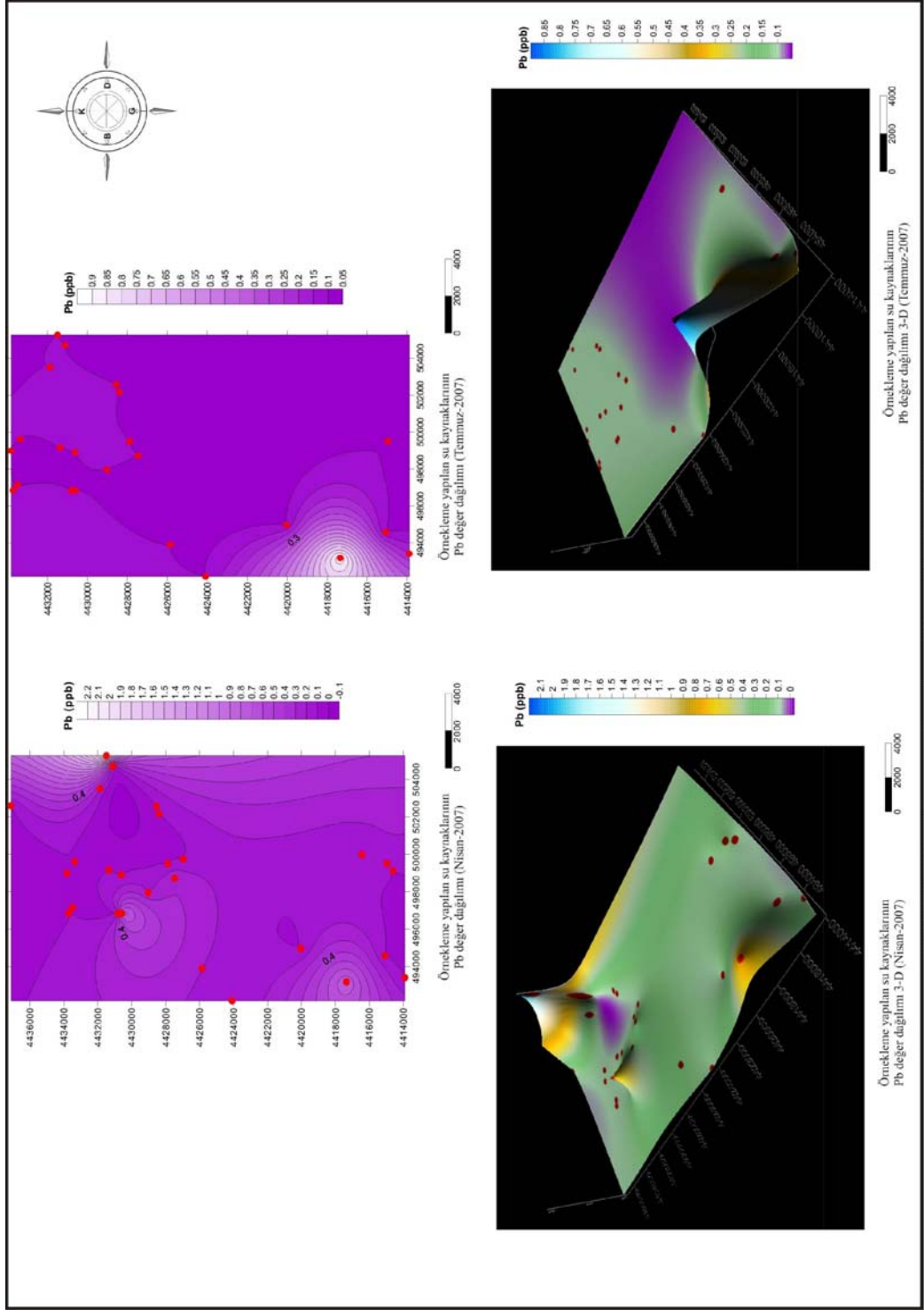


Şekil 4.13. Örneklemeye yapılan su kaynaklarının Pb değerlerinin standart değerlerle karşılaştırılması.

4.7.2. Cıva (Hg)

Çok eski çağlardan beri insanlığın bildiği bir metal olan cıva oda sıcaklığında sıvı durumda bulunan elementlerdendir. Yerkabuğunda ortalama 0,08 ppm oranında bulunan cıva, deniz suyunda 3×10^{-5} ppm civarında bulunmaktadır (Atabey, 2005). Fosil yakıtların yanması, madencilik sektöründe cıva içeren kayaçların kırılması, cıva üretimi esnasında, katı atık depo sahalarının sızma, atık pillerin rastgele atılması, diş hekimliğinde kullanılan amalgam dolgular, evde kullanılan cıva içeren aletlerin kırılması sonucunda cıva vücuda alınır (Güven ve diğ., 2004; ATSDR, 1999).

Sinir sisteminin cıva bileşiklerine karşı çok yüksek hassasiyeti vardır. Bunun yanında vücuda alınan cıvanın beyin, böbrekler üzerinde de ağır tahribatlar yaptığı yapılan çalışmalar ile tespit edilmiştir. Metalik ve metil cıva vücuda alındığında kana karışarak beyine kadar gitmekte ve beyinde birikebilmektedir. Buna karşın inorganik cıva bileşiklerinin alınması durumunda bu bileşikler beyine gidememekte, böbreklerde birikerek çalışmasını engellemektedirler. Kısa süre yüksek dozlarda maruz kalınması durumunda cıvanın ciğerler, ağız, boğaz solunum yollarında hasar yarattığı tespit edilmiştir. Bunun yanında cıva konsantrasyonunun vücutta yükselmesi, tansiyon yükselmesine, kalp krizine, derilerde kızarıklık, yaraların oluşması ile gözlerin zarar görmesine neden olabilmektedir.

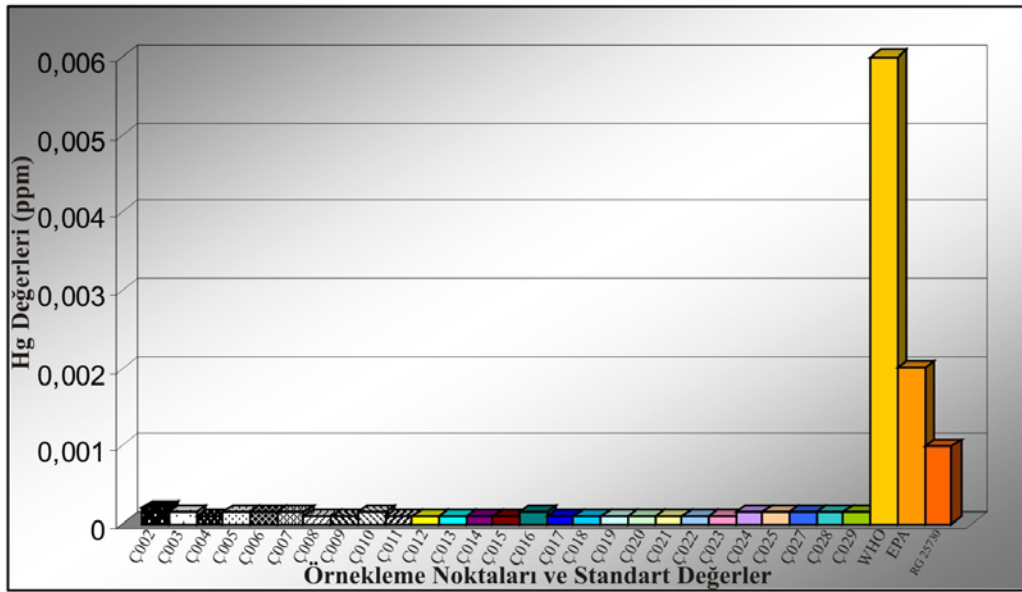


Şekil 4.14. Örnekleme yapılan su kaynaklarının Pb değer dağılımları.

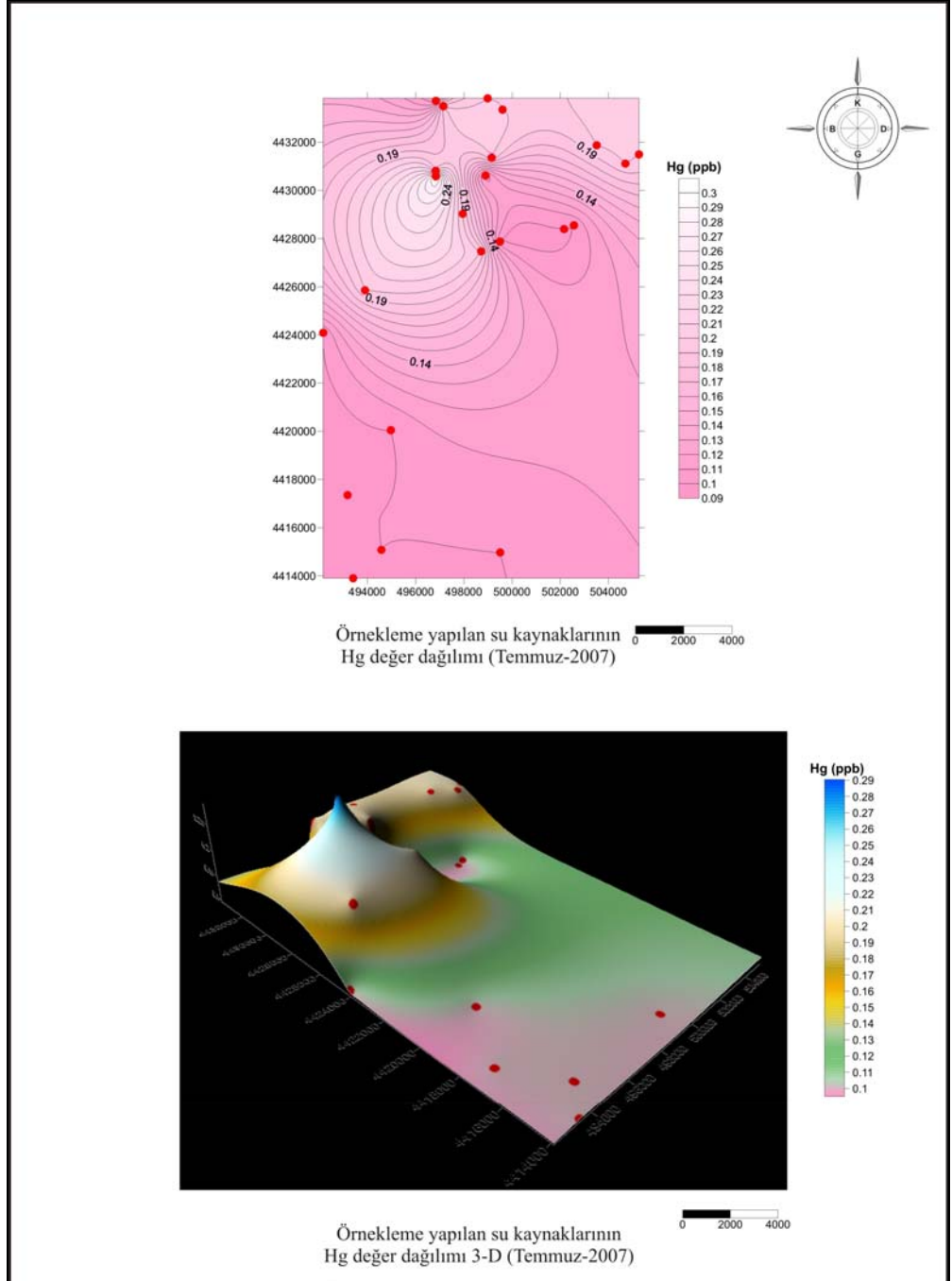
Cıvanın vücuttaki eşik limit değeri 0,05 mg/lt'dir. İnsanlarda soluma yoluyla alındığında en düşük bildirilen toksik konsantrasyonu 150 µg/lt'dir (Habashi, 1997; ATSDR, 1999).

İçme sularının WHO'ya göre Hg limit değeri 0,006 ppm'dir. EPA bu değeri 0,02 ppm olarak kabul ederken, Sağlık bakanlığı ise bu değeri 0,001 ppm olarak kabul etmektedir (WHO, 2006; EPA, 2003; RG 25730).

Çalışma sahasındaki su kaynaklarından alınan örneklerin Hg değerleri WHO, EPA ve RG 25730'a göre kabul edilen limit değerlerinin altındadır ve 0,001-0,006 ppm arasında değişmektedir (Şekil 4.15). Örnekleme yapılan Temmuz-2007 dönemindeki Hg değer dağılımları Şekil 4.16'de görülmektedir. Örnekleme yapılan Nisan-2007 dönemindeki Hg değerleri 0,1 ppm'in altındadır.



Şekil 4.15. Örnekleme yapılan su kaynaklarının Hg değerlerinin standart değerlerle karşılaştırılması.



Şekil 4.16. Örnekleme yapılan su kaynaklarının Hg değer dağılımları.

4.7.3. Arsenik (As)

Arsenik, renksiz, kokusuz ve doğada yaygın olarak bulunan bir metaldir. Doğada nadiren saf element halinde bulunmaktadır. Kimyasal olarak, kararsız kalsiyum, sodyum ve potasyum arsenatları ile sülfür ve oksitleri halinde, yüksek toksisite gösteren bir durumda bulunur.

Yeraltısularında arsenik zenginleşmesi genelde sülfür minerallerinin bozunması ve jeotermal alanlardan kaynaklanır (Smedley, 2001).

Arsenikçe zengin yeraltısuları genelde dört tip jeolojik ortamda bulunur (Smedley ve Wallingform, 2001):

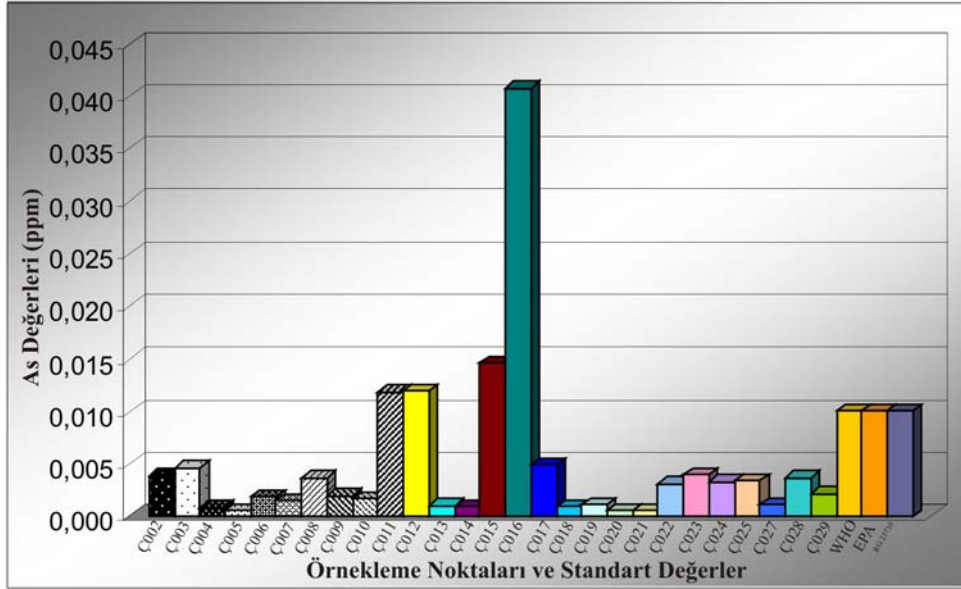
- Sülfür minerallerinin bozulmasının özellikle madencilikle arttığı maden alanlarındaki sülfürce zengin mineral kuşakları,
- Jeotermal alanlar,
- Genç akiferlerden (birkaç bin yıllık) gelen anaerobik yeraltısuları,
- Başlıca kurak ve yarı kurak bölgelerde olmak üzere genç akiferlerden yüksek pH'lı aerobik yeraltısuları.

Arsenik bileşiklerinin solunum yolu ile alınmasının akciğer kanserine neden olduğu, ilaç, gıda ve özellikle içme suyu yoluyla alınan arseniğin ise başta deri, solunum yolu, karaciğer ve idrar yollarına ilişkin sağlık sorunlarına ve neticede kansere de neden olabileceği, ayrıca şeker hastalığı, kalp-damar ve sinir sistemi hastalıklarına da yol açtığı ileri sürülmektedir (Tchounwou ve diğ., 2004).

Doğal kaynak sularında arsenik içeriği genellikle 10 µg/lit'nin altındadır. İçme sularının WHO ve EPA'ya göre As limit değeri 0,01 ppm'dir. Sağlık bakanlığı da içme sularında 0,01 ppm As değerini limit olarak önermektedir. (WHO, 2006; EPA, 2003; RG 25730).

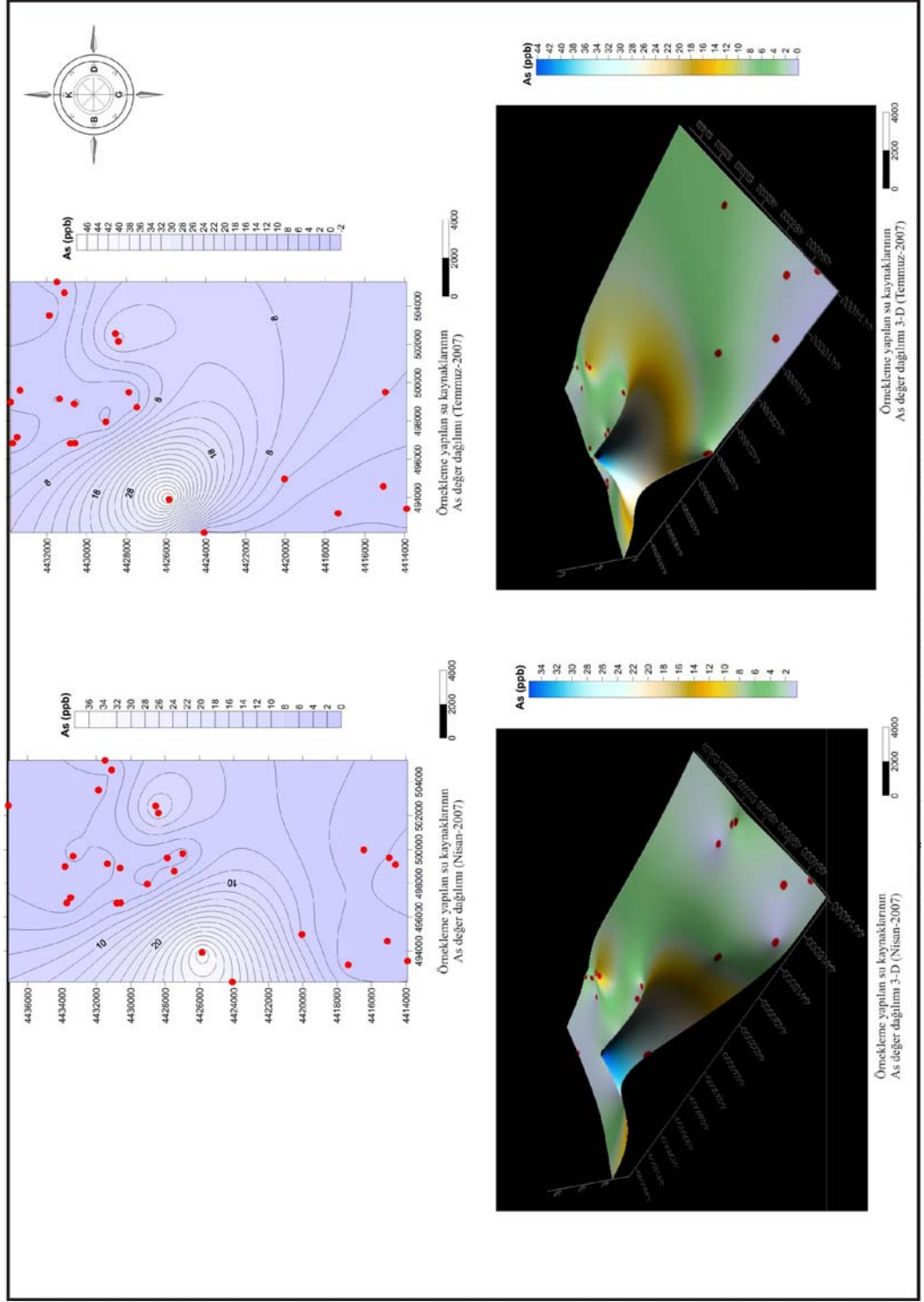
Çalışma sahasındaki su kaynaklarından alınan örneklerin As değerleri 0,005-0,04 ppm arasında değişmektedir (Şekil 4.17). Örnekleme yapılan su kaynaklarından

dört tanesinin (Ç011 (Çekiçler), Ç012 (Çekiçler), Ç015 (Tepeköy) ve Ç016 (Küçüktepeköy)) As değerleri WHO, EPA ve RG 25730'a göre kabul edilen limit değerlerinin üzerindedir. Bu alanlarda altere olmuş volkanik birimler yüzlek vermektedir. Altere olmuş silisçe zengin birimlerden çıkan bu kaynakların bulunduğu alanlarda çeşmeler yapılmış ve bu sular yöre halkı tarafından kullanılmaktadır.



Şekil 4.17. Örneklemeye yapılan su kaynaklarının As değerlerinin standart değerlerle karşılaştırılması.

Çalışma sahasındaki su kaynaklarından en yüksek As değeri Ç015 (Tepeköy) kaynağına aittir. Bu kaynağın As değeri WHO, EPA ve RG 25730'a göre kabul edilen limit değerlerinin üzerindedir. As değerinin önerilen limit değerlerinin üzerinde olması bölgede ileri derecede altere olmuş volkanik birimlerle ilişkilidir. Örneklemeye yapılan Nisan-2007 ve Temmuz-2007 dönemlerindeki As değer dağılımları Şekil 4.18'de görülmektedir.



Şekil 4.18. Örnekleme yapılan su kaynaklarının As değer dağılımları.

BÖLÜM V

TIBBİ JEOLOJİ

Tıbbi jeoloji, doğal jeolojik etkenlerle, insan, hayvan ve bitkilerdeki sağlık sorunlarıyla veya bunların oluşumlarıyla arasındaki ilişkiyi ve jeolojik çevresel etkenlerin sağlık problemlerinin coğrafi dağılımı üzerindeki olası etkilerini araştıran bir bilim dalıdır. Çok geniş ve karmaşık bir araştırma alanı olmasından dolayı, jeologlar, tıp doktorları, biyologlar, veterinerler gibi değişik bilim dallarından araştırmacıların katılacağı multidisipliner bir araştırmayı gerektirir. Doğal çevresel etkenlerin ve çevre kullanımının insan sağlığı üzerindeki etkisi eski Roma ve Peru-İnka uygarlıklarına kadar uzanırken son yıllarda, bulunduğumuz çevredeki ağır metaller ve bunlarla bağlantılı olumsuz sağlık etkileri bilimsel çalışmalarda geniş bir ilgi alanı oluşturmuştur. Arsenik, kadmiyum, cıva, kurşun gibi elementler ve ağır metaller potansiyel kirleticilerdendir ve birçok ülkede (Bangladeş, Çin, Hindistan gibi) yüksek oranda bulunan bu çeşit element veya ağır metaller pek çok çalışmanın konusu olmuştur (Önen, 2007).

Su, insanın yaşamı için vazgeçilmez bir maddedir. Suyun özellikleri insan sağlığı için son derece önemlidir. Suların oluşumu, bulunuşu ve kalite özellikleri hidrojeolojinin konusudur. Günümüzde küresel iklim değişikliği, sanayileşme ve hızlı nüfus artışına bağlı olarak gittikçe azalan ve kullanılamaz hale gelen mevcut su kaynakları insanları içme, kullanma ve sulama amaçları doğrultusunda yeraltısularını korumaya ve doğru kullanmaya yönlendirmiştir. İnsan hayatı için büyük önem teşkil eden yeraltısularının genel yapısına bakarak içilebilirlik özelliklerinin belirtilmesi, bu yapıyı hangi sebeplerin ve hangi maddelerin bozabileceği, buna bağlı olarak da insan sağlığının ne şekilde etkileneceği önemlidir (Varol ve diğ., 2008).

Bu bölümde çalışma sahasında yer alan yüzey ve yeraltısularının bölgede yaşayan insanlar üzerinde herhangi bir etkisi olup olmadığını belirlemek amaçlı Çan ilçesinde rasgele seçilmiş merkez sokak ve köylerden, 40 yaş üzeri sigara kullanmayan ve diyetlerinde son 3 gün içerisinde balık tüketmemiş kadınlarla

görüülerek, bu kadınlara daha önceden hazırlanmış olan anketler uygulanmış, kan ve saç örnekleri alınmıştır.

5.1. Analiz Yöntemleri

Çalışmada, kişinin sosyo-demografik değişkenlerini, kişide bulunan hastalıkları, arseniğe bağlı olabileceği düşünülen hiperkeratoz varlığını, sigara içme ve çevresel sigara maruziyetini, içme ve kullanma suyunun kaynaklarını sorgulayan bir anket formu kullanılmıştır (Şekil 5.1).

Bölgede çalışmaya başlamadan önce yerel idari makamlar ile görüşülmüş ve gerekli izinler alınmış, nüfusun merkez ve kır dağılımının saptanması amacı ile İlçe Nüfus Müdürlüğü'nden nüfus dağılımları öğrenilmiştir. Bölgedeki sağlık kayıtlarında detaylı veriler bulunmadığı saptandığı için bu kayıtlara ek olarak sözel otopsi tekniğinin kullanılmasına karar verilmiştir. Bölgedeki köylerin ve merkezdeki mahallelerin ve sokakların isim listeleri yerel makamlardan temin edildikten sonra sokaklardan basit rasgele yöntem ile örneklem seçilmiş ve tıbbi örneklerin toplanması işlemine Çan ilçesi merkezden başlanmıştır. Sayıların tespiti için ilçede alınması planlanan örnek sayısı sokak sayısına oranlanmış ve her sokaktan o kadar kişiye ulaşılması planlanmıştır. Bu sayı Çan ilçesi için sokak başına 7 kişidir.



Şekil 5.1. Saha çalışması sırasında kişilere yapılan anket uygulaması.

Örnekleme çıkan sokaklardaki evlerde gezilerek o sokaktaki 40 yaş üzerinde, sigara içmeyen veya 5 yıl önce bırakan, son 3 gün içinde deniz ürünü yememiş, bölgede en az 10 yıldır yaşamakta olan ve şu an herhangi bir endüstriyel işte çalışmayan kadınlarla görüşülmüş, görüşülen kişilere çalışma hakkında bilgi verilip amaç ve kapsamı anlatılmış, alınan kanların laboratuvar sonuçlarının kendilerine posta ile ulaştırılacağı belirtilmiştir. O sokaktaki evlerde yeterli sayıda kadın bulunamaz yada çalışmaya katılmayı kabul etmezler ise sokağın bitiminden sola dönülerek o sokak için düşünülen örnek sayısı tamamlanana kadar çalışmaya devam edilmiştir. Örnek sayısı tamamlandığında sıradaki sokağa gidilmiş, toplanan örnekler soğuk zincir kuralları içinde saklanıp, toplama işi bitikten sonra yine soğuk zincir kurallarına uyularak kargo ile laboratuvara gönderilmiştir.

Merkez için öngörülen sayıda kişiye ulaşıldıktan sonra kura ile ilçe köy listesinden belirlenen köylere gidilmiştir. Köyde nüfus yoğunluğuna göre örneklem sayısı hesaplanıp, başlangıç için rasgele bir nokta seçilip yanına gidilerek sağa dönülerek her dört evden birisine uğranılmış, o evde kriterlere uygun kadın varsa görüşme yapılmış, örnekler alınmıştır. Bu işleme köy için saptanan örneklem sayısına ulaşılan kadar devam edilmiş bir köy tamamlanınca sıradaki köye geçilmiştir.

Kan örnekleri uluslararası standartlara uygun olarak vakumlu kan alma tüpleri ve tek kullanımlık steril iğneler (Vacutainer Systems) kullanılarak EDTA'lı tüplere 4,5 ml olacak şekilde alınmıştır (Şekil 5.2). Kan örneği alınamayan kişiler çalışma kapsamından çıkarılmıştır. Ölçümler atomik absorpsiyon spektrofotometresi kullanılarak Sistem Tıp Laboratuvar Hizmetleri Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi (İstanbul)'ne yaptırılmıştır. Çalışmada kullanılan ölçümlerin normal değerleri Tablo 5.1'de gösterilmektedir.



Şekil 5.2. Saha çalışması sırasında kişilerden yapılan kan örnekleme.

Tablo 5.1. Çalışmada kullanılan ölçümlerin normal değerleri

COTININE	ng/ml	< 500.0 ng/ml
KURŞUN (kan)	µg/dl	< 20.0 µg/dl
ARSENİK (kan)	µg/L	<70.0 µg/L
ARSENİK (saç)	µg/gr.saç	0.00-1.00 µg/gr.saç
KURŞUN (saç)	µg/gr.saç	0.0-155.0 µg/gr.saç

Kişilerden alınan kanlarda sigara kullanımı konusunda yanlış bilgi verilmiş olma olasılığını yok etmek için ve çevresel sigara dumanı etkilenimini saptamak amacı ile toplanan kan örneklerinde “kotinin” düzeyleri ölçülmüştür. Sigaranın kan kurşun değerlerini arttırabilecek olması (Iman, 1995) nedeni ile kan kotinin düzeyleri belli bir seviyenin üzerinde olan kişilerin çalışmadan çıkartılması planlanmıştır. Kişilere bunun dışında çevresel sigara maruziyetinin bulunup bulunmadığı da sorulmuştur.

Kan düzeyi yanında kişilerin kronik maruziyetini değerlendirmek amacı ile kan örnekleme yapılan kişilerden saç örnekleri de toplanmış ve arsenik-kurşun açısından değerlendirilmiştir. Saç örnekleri suboksipital bölgeden alınmıştır (Şekil 5.3; 5.4). Toplanan saç örneklerinin ölçümleri yine atomik absorpsiyon spektrofotometresi kullanılarak Sistem Tıp Laboratuvar Hizmetleri Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi (İstanbul)'ne yaptırılmıştır. Kan ve saç örneklerinin sonuçları kişilere elden ve posta yoluyla ulaştırılmıştır (Şekil 5.5)



Şekil 5.3. Saha çalışması sırasında kişilerden yapılan saç örnekleme.



Şekil 5.4. Saha çalışması sırasında kişilerden yapılan saç örnekleme.



Şekil 5.5. Kan ve saç örnek sonuçlarının kişilere dağıtılması.

Sosyoekonomik statünün diğerk sağlık olaylarını etkilediği gibi kan kurşun düzeylerinde de farklılıklar oluşmasında etkili olabileceği düşünölmektedir (Brody, 1994). Bu konuda istatistik kontrollerin yapılabilmesi için sosyoekonomik indeks eğitim, evdeki elektrikli aletler, araba sahipliği ve meslek göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama Türkiye için önerilen Sosyoekonomik Statü (SES) ölçeği modifiye edilerek kullanılmıştır. Alınan puanlarda 3 alt SES, 4-6 Alt-orta SES, 7-9 Orta-Alt SES, 10-12 Orta-Üst SES, 13-15 Üst SES olarak değerlendirilmiştir (Kalaycıoğlu, 1998).

Çalışma sonrasında elde edilen sonuçlar, SPSS 11 paket programı kullanılarak istatistiksel olarak yorumlanmıştır. Bu yorumlamalarda sürekli değişkenler, dağılım normalse ortalama±standart sapma şeklinde, dağılım normal değil ise ortanca ve çeyreklikler şeklinde verilmiştir.

5.2. Ağır Metaller

Yeraltının farklı derinliklerinde bulunan sular, buralardaki değişik bileşimli kayaçlarla sürekli temas halindedir. Bu kayaçların suda eriyebilme derecelerine göre az ya da çok oranda erimiş madde yeraltısularına karışır. İnsanların sağlıklı yaşamaları ve hayatlarını devam ettirebilmelerinde gerekli olan suyun kullanılabilmesi için fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özelliklerinin bilinmesi, kullanım amaçlarına uygun olarak bu özelliklerin belli sınırları aşmaması, özellikle içme sularının hastalık ve zararlı etki yapabilecek mikroorganizmalar ile mineral, organik maddelerden ve ağır metallerden arındırılmış olması gerekmektedir (Varol ve diğ., 2008).

Ağır metal terimi fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm³ ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu gruba Kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, cıva ve çinko olmak üzere 60 tan fazla metal dahildir. Bu elementler doğaları gereği yer kürede genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik olarak veya silikatlar içinde hapis olarak bulunurlar. Her ne kadar metallerin yoğunluk değeri üzerinden hareketle ekolojik sistem üzerindeki etkileri tanımlanmaya çalışılıyorsa da gerçekte metallerin yoğunluk değerleri onların

biyolojik etkilerini tanımlamaktan çok uzaktır. Örneğin yoğunluğu $3,65 \text{ g/cm}^3$ olan Baryumun veya $4,51 \text{ g/cm}^3$ olan titanyumun biyolojik sistemlere kadmiyum ($8,65 \text{ g/cm}^3$), kurşun ($11,34 \text{ g/cm}^3$) veya lantanit grubu metallere ($5,25 - 9,84 \text{ g/cm}^3$) çok farklı etkide bulunduğu kesindir. Bir elementin yoğunluğu aslında periyodik sistemdeki (grup ve gruptaki sıra) yerinin, kimyasal özellikleri de elementin ait olduğu grubun fonksiyonudur. Metallerin ekolojik sistem üzerine etkilerinden bahsederken aslında metalin ait olduğu grubun ele alınması ve bu özelliğin vurgulanması biyolojik etki açısından çok daha anlamlıdır (Kahvecioğlu ve diğ., 2004).

5.2.1. Ağır Metallerin İnsan Sağlığına Etkileri

Element ve minerallerin insan sağlığı ile olan ilişkisini, insan vücudundaki her doku, sıvı, hücre ve organda dengelerini koruduğunu bilmenin insan sağlığını korumada temel olduğu açıktır. İnsan vücudunda %61,2 oksijen, %22,85 karbon, %10 hidrojen, %2,57 nitrojen, %1,42 kalsiyum, %1,11 fosfor, %0,2 sülfür, %0,2 potasyum, %0,14 sodyum, %0,12 klor, %0,027 magnezyum, %0,26 silisyum, %0,06 demir, %0,0037 flor, %0,0033 çinko, %0,00046 rubidyum, %0,00046 stronsiyum, %0,00029 brom, %0,00017 kurşun, %0,00010 bakır, %0,00009 alüminyum, %0,00007 kadmiyum, %0,00003 bor, %0,00002 tinkal, %0,00002 mangan, %0,00002 iyot, %0,00001 nikel, %0,00001 altın, %0,00001 molibden, %0,000003 krom, %0,000002 sezyum, %0,000002 kobalt ve %0,000001 uranyum bulunmaktadır. 70 kg insan vücudunda da 45,5 kg oksijen, 12,6 kg karbon, 7 kg hidrojen, 2,1 kg nitrojen, 1,02 kg kalsiyum, 0,2 kg fosfor vardır (Atabey, 2005).

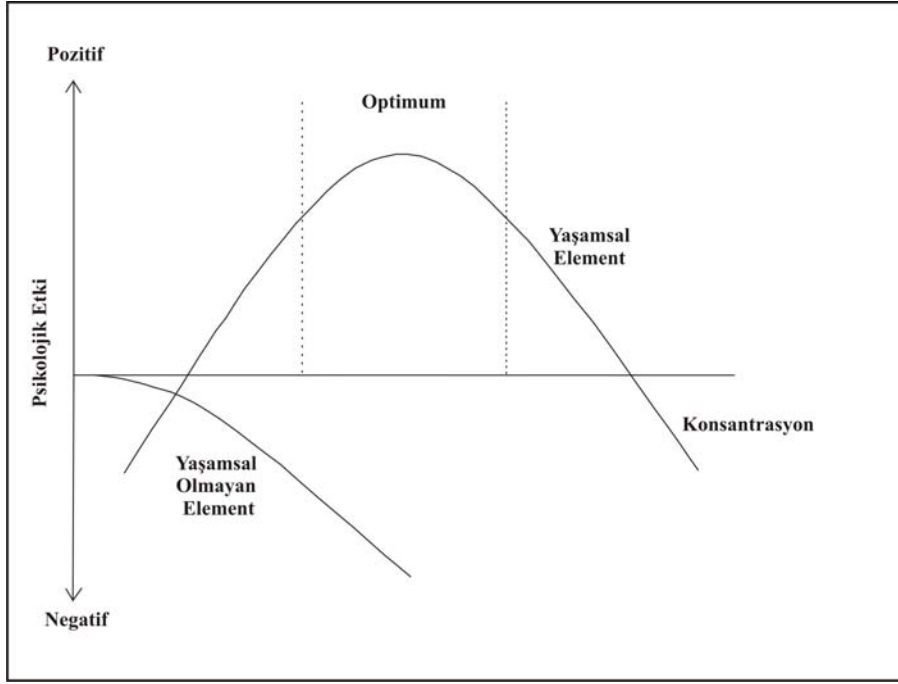
Ağır metaller biyolojik proseslere katılma derecelerine göre yaşamsal ve yaşamsal olmayan olarak sınıflandırılırlar (Kahvecioğlu ve diğ., 2004). Yaşamsal olarak tanımlananların organizma yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunmaları gereklidir ve bu metaller biyolojik reaksiyonlara katıldıklarından dolayı düzenli olarak besinler yoluyla alınmaları zorunludur. Örneğin; bakır hayvanlarda ve insanlarda kırmızı kan hücrelerinin ve birçok oksidasyon ve redüksiyon prosesinin vazgeçilmez parçasıdır (Bigersson ve diğ., 1988).

Buna karşın yaşamsal olmayan ağır metaller çok düşük konsantrasyonda dahi psikolojik yapıyı etkileyerek sağlık problemlerine yol açabilmektedirler. Bu gruba en iyi örnek, kükürtlü enzimlere bağlanan cıvadır (Duffus ve diğ., 1996).

International Agency for Research on Cancer (IARC) insan sağlığına etki eden ağır metalleri etki risklerine göre beş gruba ayırmıştır,

- Grup 1. İnsanda karsinojenik etkililer: Arsenik ve bileşikleri, kadmiyum, krom (VI), nikel ve bileşikleri bu gruptadır.
- Grup 2A. İnsanda karsinojenik etki olasılığı bulunanlar: Cisplatin bu grupta yer almaktadır.
- Grup 2B. İnsanda muhtemelen karsinojenik etkili olanlar: Kurşun ve anorganik bileşikleri bu gruptadır.
- Grup 3. İnsandaki karsinojenik etkileri yönünden sınıflandırılabilir olmayanlar
- Grup 4. İnsanda karsinojenik etkisi olmayanlar

Bir ağır metalin yaşamsal olup olmadığı, dikkate alınan organizmaya da bağlıdır. Örneğin; nikel bitkiler açısından toksik etki gösterirken, hayvanlarda iz elementi olarak bulunması gerekir. Bazı sistemlerde ağır metallerin etki mekanizması konsantrasyona bağlı olarak değişir. Ağır metaller konsantrasyon sınırını aştıkları zaman toksik olarak etki gösterirler (Kahvecioğlu ve diğ., 2004). Şekil 5.6'da ağır metallerin vücut sıvısındaki konsantrasyona bağlı olarak etkileri şematik olarak verilmiştir.



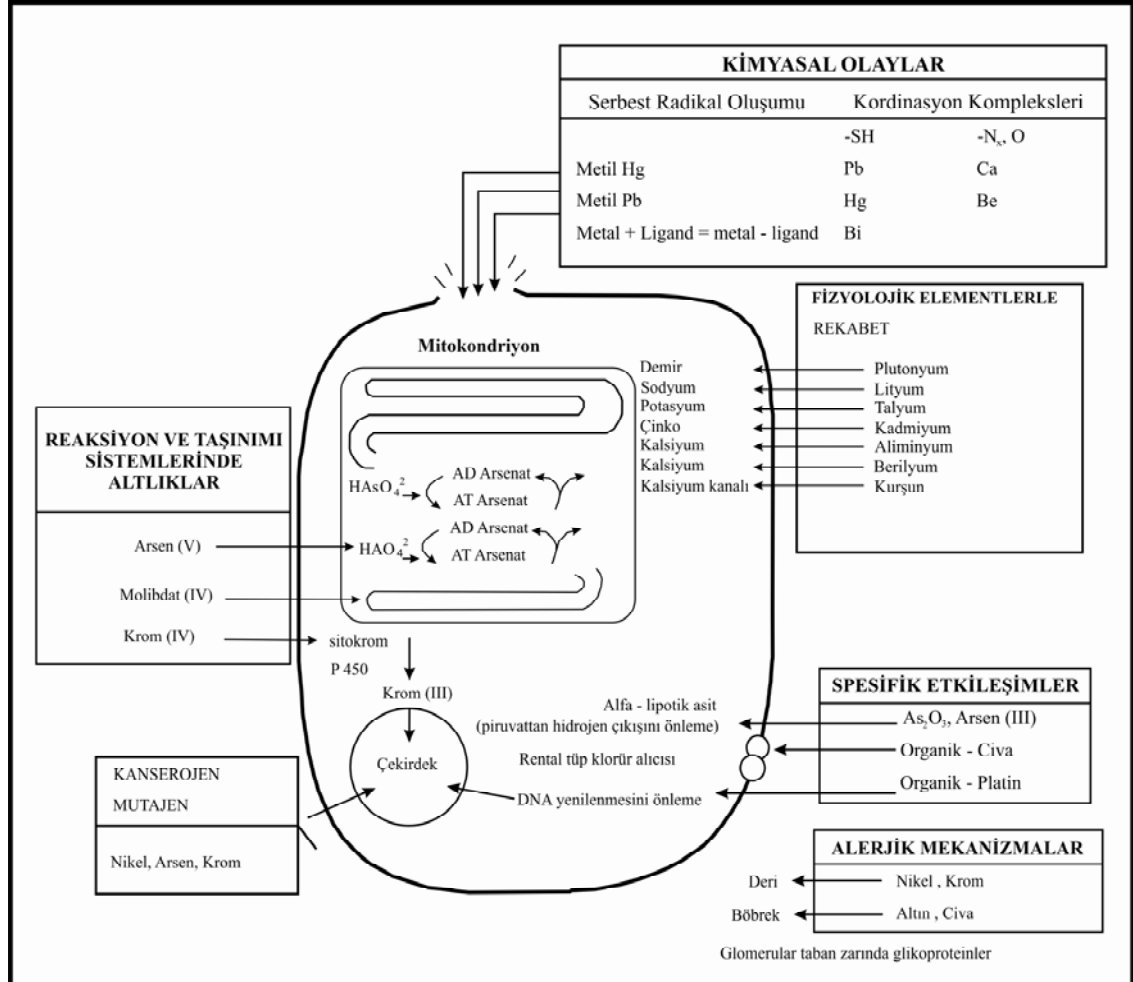
Şekil 5.6. Vücut sıvısındaki konsantrasyona bağlı olarak ağır metallerin etkileri (Kahvecioğlu ve diğ., 2004).

Şekilden 5.6'da görüldüğü gibi ağır metaller konsantrasyon sınırını aştıkları zaman toksik olarak etki gösterirler. Bu genel gösterimin aksine ağır metaller canlı bünyelerde sadece konsantrasyonlarına bağlı olarak etki göstermezler, etki canlı türüne ve metal iyonunun yapısına bağlıdır (çözünürlük değeri, kimyasal yapısı, redoks ve kompleks oluşturma yeteneği, vücuda alınış şekline, çevrede bulunma sıklığına, lokal pH değeri vb).

Şekil 5.7'de ağır metallerin insan metabolizmasında oluşturdukları etki ve etkin oldukları aşamalar ana sistemler açısından gösterilmektedir.

Şekil 5.7'den de görüldüğü üzere ağır metaller insan metabolizmasında kimyasal reaksiyonlara, fizyolojik sisteme, taşınım sistemine, yapı taşlarına alerjen ve spesifik olarak etki ederler.

Bazı ağır metaller insan sağlığına miktarına ve etkileşim süresine bağlı olarak sınır değerleri aştığı zaman zehirli etki yapabilmektedir (arsenik, kadmiyum, krom, kurşun, cıva ve baryum) (Keller, 2006).



Şekil 5.7. Ağır metallerin insan vücudunda etki mekanizması-PBG = porphobilinogen; ATPase = adenzin trifosfataz; ALA = aminolaevulinic asit (Kahvecioğlu ve diğ., 2004).

5.2.1.1. Arsenik (As)

Arsenik, yerkabuğunda geniş bir alana yayılmış ve yerkabuğundaki ortalama konsantrasyonu 2 ppm olan, 5.78 g/cm³ yoğunluğa sahip olan bir ağır metaldir. 200'den fazla mineral türünde bulunmakla beraber doğada jeolojik olarak geniş bir alana yayılmış trivalent ve pentavalent formlarda yiyecek ve yeraltısularında mevcut olup, en çok bilinen minerali arsenopirittir (WHO, 1996).

IARC sınıflandırmasına göre As insanda karsinojenik etkileri olan Grup 1 ağır metalleri arasındadır. As'nin kronik etkilerinin tartışması uzunca bir süreden beri devam etmektedir. Bu kronik etkiler cilt kanseri, kanser olmayan deri lezyonları ve iş sebebi ile oluşan hava yolu kanseridir.

Arseniğe insan maruziyeti hem insana hem de doğaya bağlı nedenlerle gerçekleşmektedir. Doğal nedenler volkanik faaliyetler ve yeraltısularıdır. Arsenik, maden yıkantı suları ile toprak ve sulara karışabilmektedir. Madencilik, demir-dışı metallerin ergitilmesi ve fosil yakıtların yanması gibi büyük endüstriyel prosesler arseniğin hava, su ve toprağa yayılarak kirletmesine sebep olmaktadır. Arsenik içeren tarımsal ilaçların kullanılması ve kereste muhafazasında arsenik kullanılması çevre kirliliğine neden olmaktadır (WHO, 1996; ATSDR, 2000). Toksikite, arseniğin bulunduğu forma direkt olarak bağlıdır. İnorganik arsenik organik arsenikten daha toksiktir. Organik arsenik suda çözünmezken inorganik arsenik tuzları, pH ve iyonik ortama bağlı olarak geniş aralıklı çözünürlükler gösterir.

İnsan bünyesine arsenik mide barsak sisteminden su ve su ürünleri vasıtası ile alınır. Alındıktan sonra arsenik karaciğer, dalak, böbrek, akciğer ve gastrointestinal sistemde yerleşir. Bu bölgelerden kısa sürede temizlenmesine rağmen keratine olan afinitesi nedeni ile keratinden zengin dokularda (saç, tırnak, deri) birikir. Arseniğin kronik olarak artışı kromozom ve genler üzerinde negatif değişimlere neden olmaktadır. Aslında düşük miktarlardaki arsenik insan vücudu için gerekli bir metaldir (Güven ve diğ., 2004). Doğal olarak yeryüzünde ve yiyeceklerde bulunan arsenatlar şeklindeki organik arsenik bileşikleri çok zehirli değildir. Vücut tarafından böbreklerde kolaylıkla giderilirler. Arseniktrioksitler gibi, inorganik

arsenik bileşikleri endüstriyel olarak kullanılırlar ve toprağı, dolayısıyla yiyecek maddelerini kirleterek esas problemi teşkil ederler. Ortalama olarak insan vücudunda 10-20 mg'ın üzerindeki oranlarda bulunan arsenik problem yaratır. Böbrek fonksiyonlarındaki azalma da arsenik birikimini arttırır. Arsenik absorpsiyonu en fazla %5 gibi düşük oranlarda gerçekleşir, büyük kısmı dışkı ve idrar yoluyla vücuttan atılır (WHO, 1996). Tavsiye edilen güvenlik limiti yetişkinlerde haftada 15 µg/kg dır (WHO, 1996; ATSDR, 2000). Arseniğin bilinen öldürücü dozu akut alınımda 100-200 mg olarak bildirilmektedir. Kronik zehirlenmelerde ise semptomların başlanıcı 2-8 hafta içinde gözlenir. Tipik bulgular deri-tırnak değişiklikleri, hiperkeratoz, hiperpigmentasyon, dermatitler, nöropatiler olarak özetlenebilir (Howard, 2001).

Aynı zamanda böbrek ve karaciğer hasarı, deri pigmentinde artma, görme bozukluğu, adale-kas felçleri de meydana gelmektedir. Hem akut hem kronik zehirlenme mide yoluyla olursa kesin olarak ölüme yol açar. EPA standartlarına göre içme suyunda maksimum izin verilebilir arsenik içeriğı 0,01ppm'dir (EPA, 2002).

Arsenik düzeylerinin izin verilen sınırların altında bulunması durumunda sağlık riski oluşturması olasılığının düşük olduğu düşünülmektedir (Wagner, 2005). Wu ve diğerleri tarafından yapılan bir çalışmada kan arsenik değerleri yükseldikçe enflamatuvar olayların artarak ateroskleroza arttırdığı gösterilmiştir (Wu, 2001).

Arseniğin akciğer, karaciğer, mide, mesane ve deri kanserlerine neden olduğu bilinmektedir (Kitchin, 2001). Yapılan çalışmalarda arseniğe bağlı deri lezyonları gelişiminde erkek cinsiyet, tütün kullanımı ve düşük beden kitle indeksi risk faktörü olarak gösterilmiştir (Ahsan, 2000).

Arsenik maruziyetinin değerlendirilmesinde saç ve tırnak gibi deri eklentileri, idrar (Mandal, 2003; Samanta, 2004; Cacaes, 2005) kullanılsa da, Hall ve diğ.,'nin yaptıkları bir çalışmada kan arsenik değerlerinin süre giden kronik arsenik maruziyetinin değerlendirilmesi konusunda faydalı olabileceğı ve kan arsenik değerlerinin vücut toplam arsenik düzeylerini yansıtmakta olduğu belirtilmiştir. İdrar

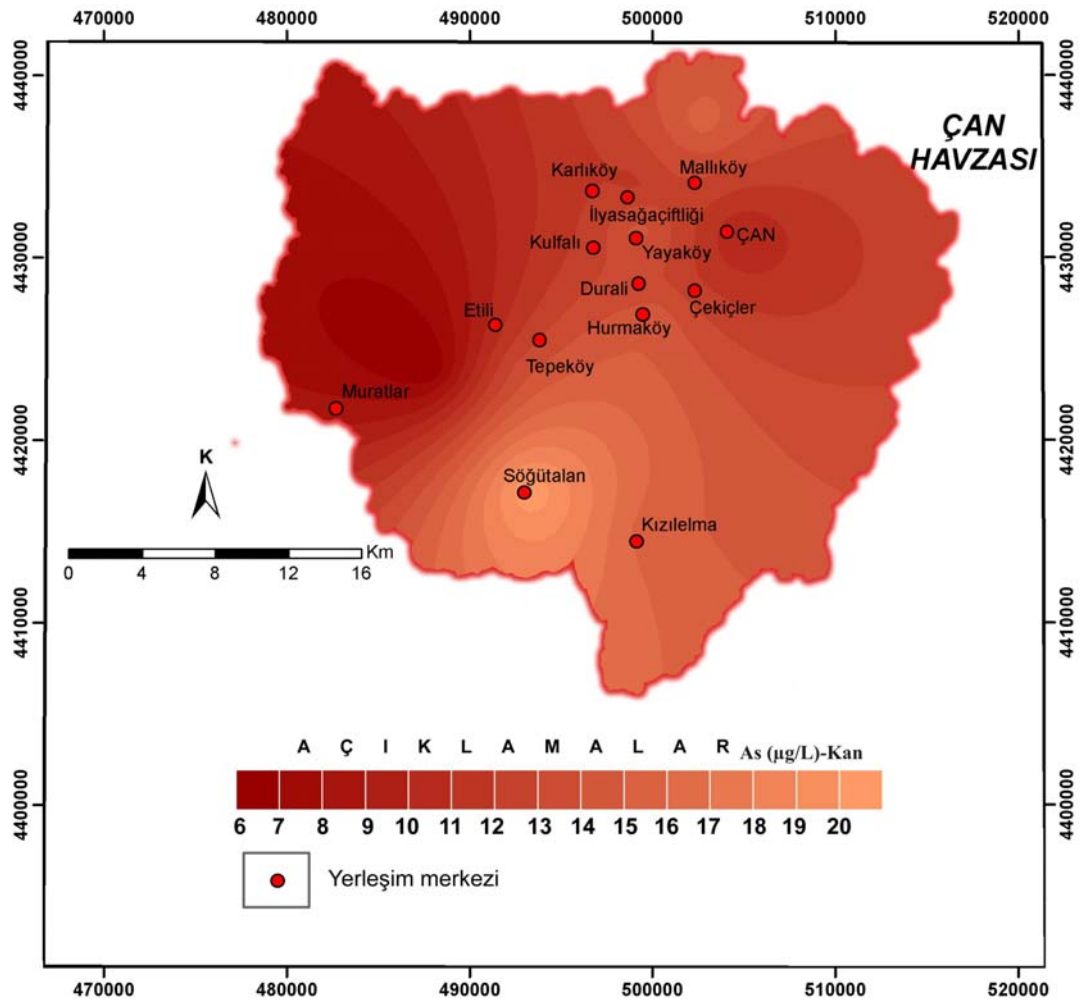
arsenik düzeyleri ana atılım yolu olması nedeni ile en iyi yöntem olarak belirtilmektedir. Kanda ise arsenik plazmada değil kırmızı kan hücrelerinde depolanmaktadır ve düşük düzeylere sahiptir.

Çalışma sahasında, Çan merkezde 238 haneyle görüşülmüş, 184 kan örneği alınmış, 54 kişi de araştırmaya katılmayı reddetmiştir. Merkezde toplamda 184 kişiden tam numune alınmıştır. Arsenik numune sayısı 184'tür. Köylerde ise 12 köye gidilmiş, bu köylerden 157 kişiyle görüşülmüş ancak 7 kişi çalışmaya katılmayı reddetmiştir. Köylerden toplamda 150 kişiden tam numune alınmış ve As numune sayısı 150'dir. Kan örnekleme yapılan kişilerden merkezde saç örneklemesini kabul eden 14 kişiden, köylerde ise 35 kişiden saç örneği alınmıştır (Tablo 5.2). Kişilerden alınan kan ve saç örneklerine ait As değerlerinin bölgelere göre dağılımları Şekil 5.8; 5.9'da gösterilmiştir.

Şekil 5.8'de kişilerden alınan kan örneklerinden ölçülen As değerlerinin dağılımı görülmektedir. Buna göre, kan arsenik düzeyleri Çan ilçesinde en yüksek Söğütalan, Mallıköy ve Kızılelma köylerinde bulunmuştur. Bunları Yayaköy, Durali ve Kulfa köyleri izlemektedir (Tablo 5.3). Diğer köylerde görece olarak daha düşük değerler saptanmıştır. Ayrıca Çan bölgesinde kan arsenik ortanca değeri 11,2 ve 1.-3. çeyreklikler 7,0-16,3 olarak bulunmuştur. Araştırmaya katılanların kan arsenik düzeyleri, kırsal-kentsel yerleşim yönünden karşılaştırıldığında; Çan köylerinde kan arsenik değerinin Çan merkeze göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (p: 0,0008) (Tablo 5.4).

Tablo 5.2. Çalışma sahasında kan ve saç örnekleri alınanların yerleşim yerlerine göre dağılımı

Bölge	Kan (As)	Saç (As)
Çan-Merkez	184	14
Çan-Köy	150	35



Şekil 5.8. Çalışma sahasındaki kişilerden alınan kan örneklerindeki arsenik değerlerinin dağılımı.

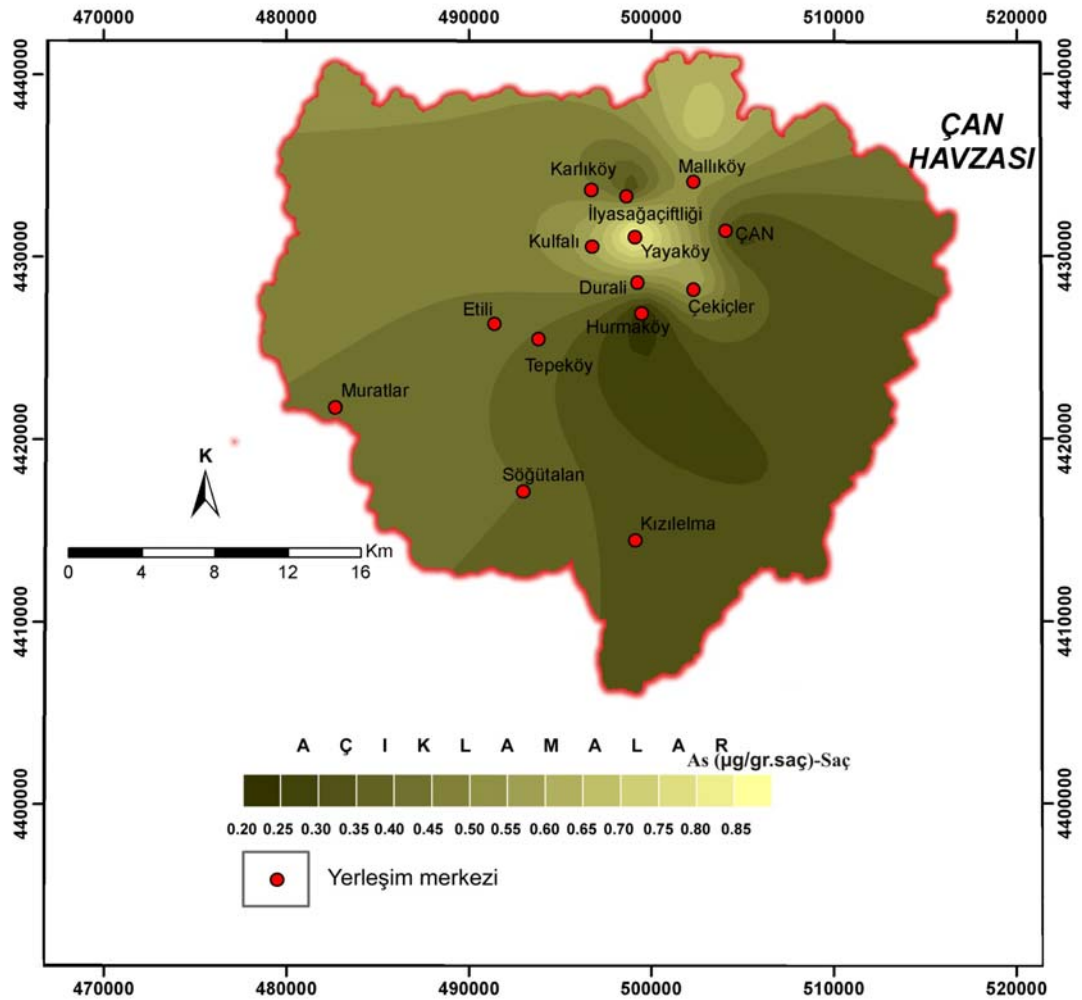
Tablo 5.3. Çan ilçesi köylerinde kan arsenik değerlerinin ($\mu\text{g/L}$) dağılımı

Bölge	Madde	Köy	n	Ortanca	1-3 çeyreklik	Minimum	Maximum
ÇAN	ARSENİK	Çekiçler	16	12,0	11,2-19,6	2,1	23,0
		Durali	7	13,0	9,0-28,0	5,0	46,0
		Etili	18	5,9	4,4-16,1	2,1	26,3
		Hurma	14	14,8	10,0-17,7	4,1	22,0
		İlyasağa çiftliği	12	11,7	7,8-19,8	3,1	41,0
		Karlıköy	11	12,0	7,8-14,2	6,1	21,0
		Kızılelma	12	15,4	12,0-24,7	4,1	25,0
		Kulfa	8	14,6	9,7-20,2	6,3	22,4
		Mallıköy	12	15,5	12,0-19,8	8,8	23,7
		Söğütalan	12	21,0	12,8-23,5	3,1	31,0
		Tepeköy	14	12,7	8,8-14,6	4,1	17,0
Yaya köy	13	12,5	9,1-23,5	6,4	31,0		

Şekil 5.9'de kişilerden alınan saç örneklerinden ölçülen As değerlerinin dağılımı görülmektedir. Buna göre, örnek alınan yerler arasında en yüksek saç arsenik değerleri Kulfa, Mallıköy ve Çekiçler köylerinde gözlenmektedir (Tablo 5.5). Mallıköy'de saç arsenik düzeyi $1,0 \mu\text{g/gr}$.saç düzeyinin üzerindedir. Araştırmaya katılanların saç arsenik düzeyleri kırsal-kentsel yerleşim yönünden karşılaştırıldığında; Çan köylerinde saç arsenik değerinin Çan merkeze göre daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p:0,002$) (Tablo 5.6).

Tablo 5.4. Kan arsenik düzeylerinin Çan ilçesinde kırsal-kentsel yerleşime göre dağılımı

Madde	Bölge	n	Ortanca	1-3 çeyreklik	Minimum	Maximum
ARSENİK	Çan- Merkez	184	9,9	6,3-14,0	2,0	84,0
	Çan-Köy	150	13,5	9,0-20,4	2,1	46,0



Şekil 5.9. Çalışma sahasındaki kişilerden alınan saç örneklerindeki arsenik değerlerinin dağılımı.

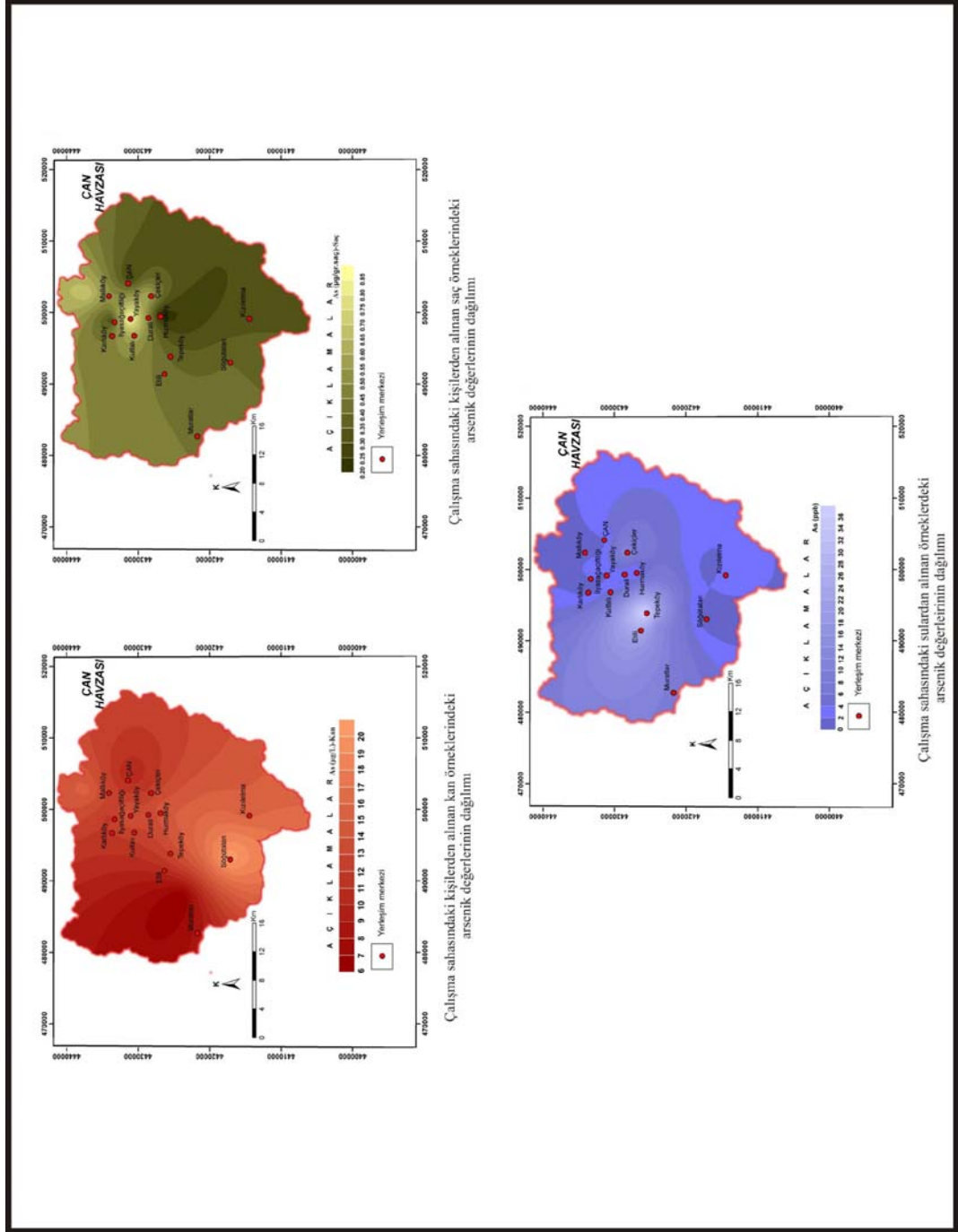
Tablo 5.5. Çan ilçesi köylerinde saç arsenik değerlerinin ($\mu\text{g}/\text{gr.}\text{saç}$) dağılımı

Bölge	Madde	Köy	Ortanca	Minimum	Maximum
ÇAN	ARSENİK	Çekiçler	0,6	0,1	0,8
		Hurma	0,2	0,1	0,8
		İlyasağa çiftliği	0,3	0,1	0,1
		Kulfa	0,9	0,9	1,0
		Mallıköy	0,7	0,2	1,9
		Söğütalan	0,4	0,1	0,9

Tablo 5.6. Saç arsenik düzeylerinin Çan ilçesinde kırsal-kentsel yerleşime göre dağılımı

Madde	Bölge	n	Ortanca	1-3 çeyreklik	Minimum	Maximum
ARSENİK	Çan- Merkez	14	0,27	0,16-0,56	0,1	0,9
	Çan-Köy	35	0,46	0,17-0,84	0,1	1,9

Kişilerin kan ve saç arsenik değerlerinin bölgeden alınan suların arsenik değerleriyle karşılaştırılması Şekil 5.10'da gösterilmektedir.



Çalışma sahasındaki kişilerden alınan kan örneklerindeki arsenik değerlerinin dağılımı

Çalışma sahasındaki kişilerden alınan saç örneklerindeki arsenik değerlerinin dağılımı

Çalışma sahasındaki sulardan alınan örneklerdeki arsenik değerlerinin dağılımı

Şekil 5.10. Kişilerin kan ve saç arsenik değerlerinin bölgeden alınan suların arsenik değerleriyle karşılaştırılması.

Çalışma sahasındaki su arsenik değerleriyle kan arsenik ve saç arsenik değerleri dağılımları arasında çok net olmamakla birlikte yakınlık vardır. Ancak Tepeköy su arsenik değerlerinin kan ve saç arsenik değerlerinden ve Söğütalan köyü kan arsenik değerlerinin su ve saç arsenik değerlerinden yüksek olduğu gözlenmektedir. Tepeköy'deki bu yüksekliğin sebebi bölgede altere olmuş birimlerle ilişkilendirilebilir. Ancak bu yüksekliğin kan ve kısmen de olsa saç arsenik değerlerine yansımaması bölgede kullanılan suyun bu birimlerle etkimesinin fazla olmadığı bir göstergesi olabilir. Söğütalan köyündeki kan arsenik değerlerinin yüksekliği ise bölgede altere olmuş volkanik birimlerle ilgili olabilir. Ayrıca bu köy bölgede metalik maden yatakları için önem teşkil etmektedir. Bu birimlerden etkilenen suyun bünyesine kattığı arsenik miktarının fazlalığı kan arsenik değerlerine yansımış olabilir. Çan Havzası'nda kömür işletmeleri ve çevrelerindeki köylerden alınan saç örneklerindeki As değerlerinin yüksek olması kömür madenciliğinin bu alanda etkisi olduğunu göstermektedir.

5.2.1.2. Kurşun (Pb)

Biyosfere insan faaliyetlerine bağlı olarak önemli oranda yayılan kurşun, günümüzden 4000-5000 yıl öncesinde, antik uygarlıklar tarafından gümüş üretimi esnasında yan ürün olarak keşfedilmiş ve tarih boyunca kurşun üretimi ve kullanımı giderek artış göstermiştir (Kahvecioğlu ve diğ., 2004). Kurşun, hava, su ve toprak yoluyla solunumla ve besinlere karışarak biyolojik sistemlere giren son derece zehirleyici özelliklere sahip bir metaldir. Özellikle havaya karışan kurşunun kandaki düzeyini arttırdığı bilinmektedir. Doğada çok az miktarlarda fakat yaygın olarak bulunur. Atmosferden kurşun, büyük oranda metal oksitleri ve tuzları şeklinde yağmurla tekrar yeryüzüne inerek çevremize her geçen gün önemli miktarlarda yayılmaktadır. Kurşun madenleri ve metal endüstriler, akü ve pil fabrikaları, petrol rafinerileri, boya endüstrisi ve patlayıcı sanayii atık sularında da istenmeyen derişimlerde kurşun kirliliğine rastlanır. Pil fabrikası atık sularında 5,66 mg/lit, asidik maden drenajlarında 0,02-2,5 mg/lit, tetra etilkurşun üreten fabrika atık sularında 125-150 mg/lit organik, 66-85 mg/lit inorganik kurşun kirliliğine rastlanır (DPT, 2006).

Kurşunlu benzin ve boya maddelerinin yanı sıra yiyecekler ve su da kurşun kaynağı olabilmektedir. Özellikle endüstriyel ve şehir merkezlerine yakın yerlerde yetişen tahıllar, baklagiller, bahçe meyveleri ve birçok et ürünü bünyesinde normal seviyelerin üzerinde kurşun bulundurur. Su borularında kullanılan kurşun kaynaklar ve eski evlerde bulunan kurşun tesisatlarda, kurşunun suya karışmasına sebep olabilmektedir. Kozmetik malzemelerde bulunan birçok pigment ve diğer ana maddelerde kurşun bulundurulur. Diğer taraftan sigara ve böcek ilaçları da kurşun kaynakları arasında sayılabilirler (Kahvecioğlu ve diğ., 2004).

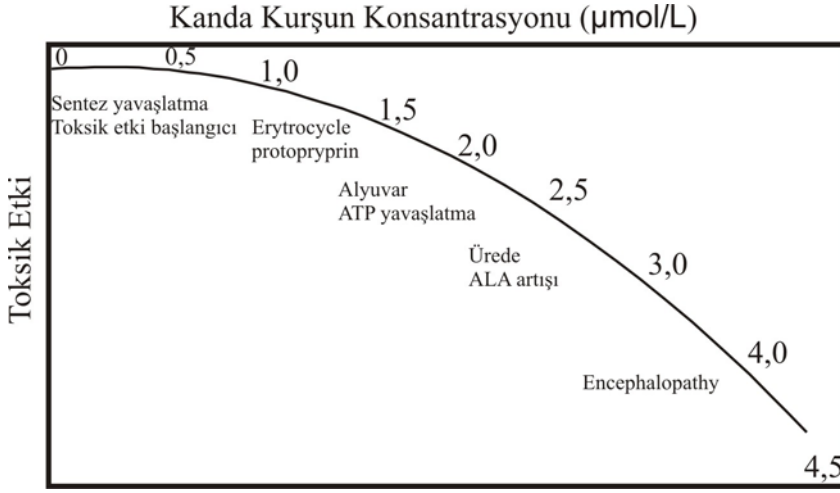
IARC sınıflandırmasına göre Pb insanda muhtemelen karsinojenik etkileri olan Grup 2B ağır metalleri arasındadır.

Kurşun gastrointestinal yol ya da solunum yolu ile emilir. Organik kurşun ise deriden emilir. Kurşun hızla kana geçer, %90ı eritrositlere bağlı olarak bulunur. Kurşun daha sonra kemiklerde depolanır. Kemiklerde biriken kurşun zamana bağlı olarak (yarılanma ömrü yaklaşık 20 yıl) çözünerek böbreklerde tahribata neden olur. Ana atılım yolu idrardır. Ancak anne sütü, tükürük, saç ve tırnaklarda da bulunur. Kurşun toksisitesi hücre zarlarına ve mitokondrilere olan afinitesinden kaynaklanmaktadır. Kurşunun oksidatif fosforilasyon ve ATPazlar üzerine etkileri olduğu bilinmektedir. Kurşun oluşturduğu inklüzyon cisimcikleri sayesinde nukleuslar içine girerek gen ekspresyonunu etkiler (Howard, 2001). Kurşun bir nevi nörotoksindir ve anormal beyin ve sinir sistemi fonksiyonlarına sebep olmaktadır (Kahvecioğlu ve diğ., 2004).

Kan kurşun düzeylerinin içme suyu kurşun düzeyleri, alkol kullanımı, yaş ve cinsiyetten etkilenmekte olduğu bilinmektedir. İnsan vücudundaki kurşun miktarı tahmini ortalama olarak 125–200 mg civarındadır ve normal koşullarda insan vücudu normal fonksiyonlarla günde 1–2 mg kadar kurşunu atabilme yeteneğine sahiptir.

Çocuklar üzerinde yapılan araştırmalarda kanda kurşun miktarı arttıkça IQ seviyesinin düştüğü tespit edilmiştir. Diğer taraftan kurşun nörotoksik özelliğinden dolayı sinir sisteminde iletimin azalmasına da yol açmaktadır (Kahvecioğlu ve diğ.,

2004). Şekil 5.11’de kanda bulunan kurşun miktarına bağlı olarak ortaya çıkan fonksiyon bozuklukları verilmiştir.



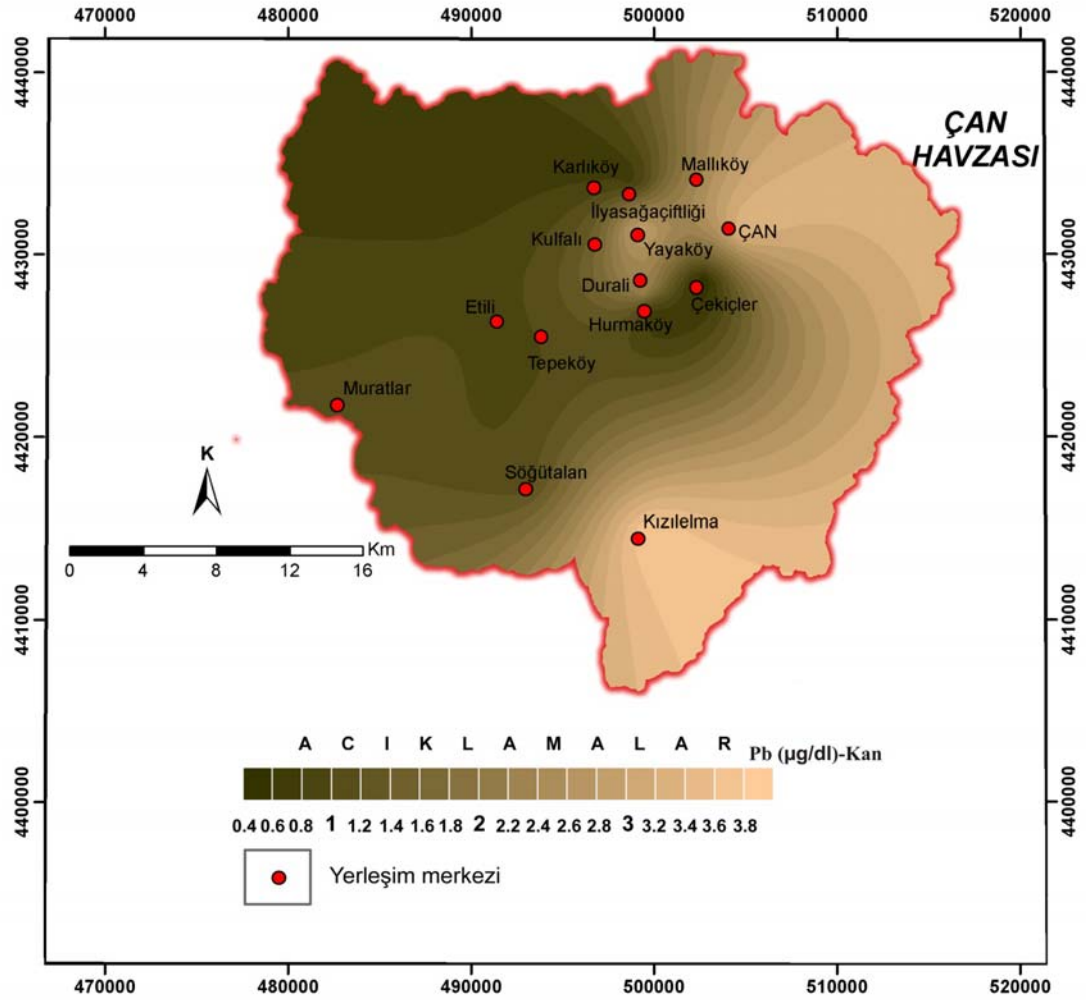
Şekil 5.11. Kanda bulunan kurşun miktarına bağlı olarak ortaya çıkan semptomlar (Kahvecioğlu ve diğ., 2004).

Çalışma sahasında, Çan merkezde 238 haneyle görüşülmüş, 184 kan örneği alınmış, 54 kişi de araştırmaya katılmayı reddetmiştir. Merkezde toplamda 184 kişiden tam numune alınmıştır. Kurşun numune sayısı 184’tür. Köylerde ise 12 köye gidilmiş, bu köylerden 157 kişiyle görüşülmüş ancak 7 kişi çalışmaya katılmayı reddetmiştir. Köylerden toplamda 150 kişiden tam numune alınmış ve Pb numune sayısı 150’dir. Kan örnekleme yapılan kişilerden merkezde saç örneklemesini kabul eden 14 kişiden, köylerde ise 35 kişiden saç örneği alınmıştır (Tablo 5.7). Kişilerden alınan kan ve saç örneklerine ait Pb değerlerinin bölgelere göre dağılımları Şekil 5.12; 5.13’de gösterilmiştir.

Tablo 5.7. Çalışma sahasında kan ve saç örnekleri alınanların yerleşim yerlerine göre dağılımı

Bölge	Kan (Pb)	Saç (Pb)
Çan-Merkez	184	14
Çan-Köy	150	35

Şekil 5.12’de kişilerden alınan kan örneklerinden ölçülen Pb değerlerinin dağılımı görülmektedir. Buna göre, kan kurşun düzeyleri Çan ilçesi merkezinde en yüksek değerde (3,4µg/dl) bulunmaktadır. Bunu sırasıyla Kızılema, Kulfa, Mallıköy ve Durali köyleri izlemektedir (Tablo 5.8). Diğer köylerde görece olarak daha düşük değerler saptanmıştır. Ayrıca Çan bölgesinde kan kurşun ortanca değeri 2,0 µg/dl, 1.-3. çeyreklikler 1,0-4,3 µg/dl olarak bulunmuştur. Araştırmaya katılanların kan kurşun düzeyleri, kırsal-kentsel yerleşim yönünden karşılaştırıldığında; Çan merkezdeki kan kurşun değerinin Çan köylere göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (p: 0,0005) (Tablo 5.9).



Şekil 5.12. Çalışma sahasındaki kişilerden alınan kan örneklerindeki kurşun değerlerinin dağılımı.

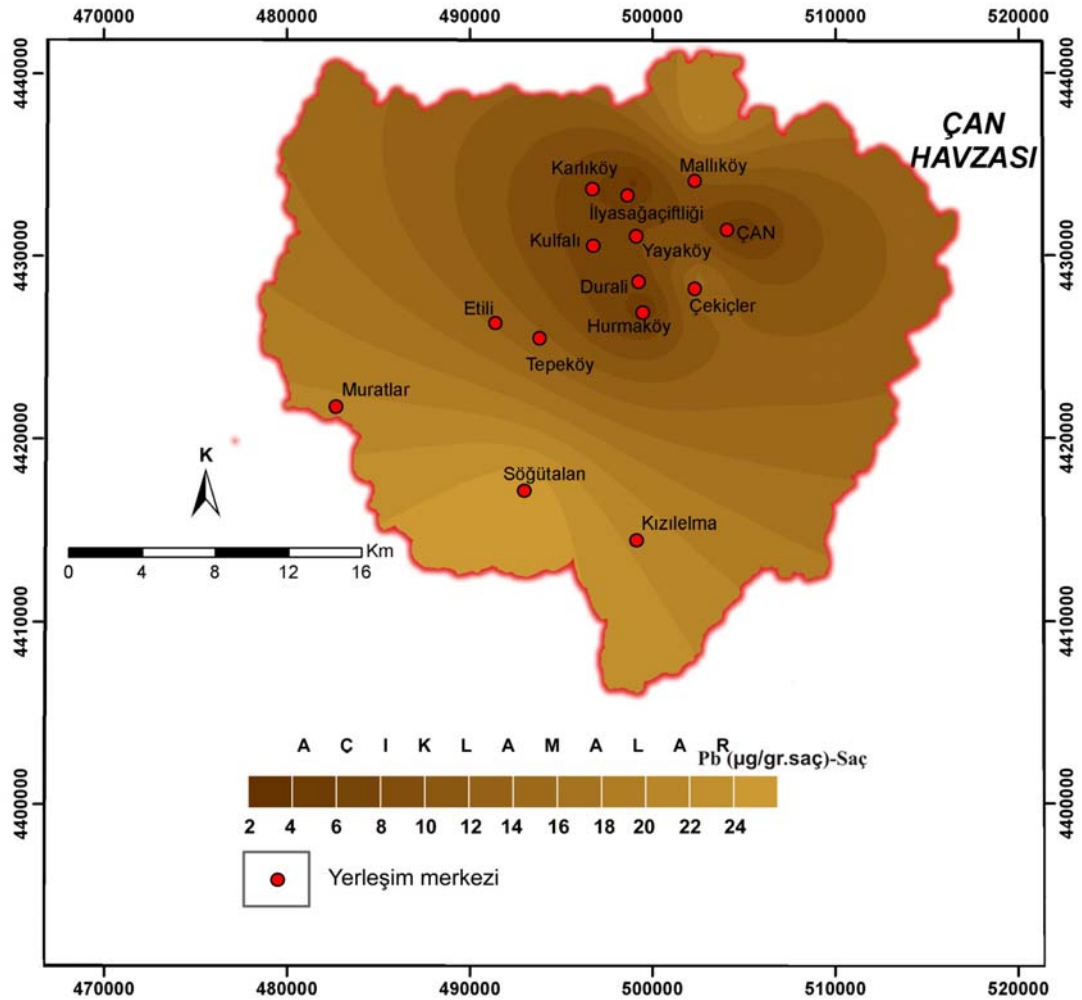
Tablo 5.8. Çan ilçesi köylerinde kan kurşun değerlerinin ($\mu\text{g}/\text{dl}$) dağılımı

Bölge	Madde	Köy	n	Ortanca	1-3 çeyreklik	Minimum	Maximum
ÇAN	KURŞUN	Çekiçler	16	0,3	0,1-0,8	0,1	1,7
		Durali	7	2,3	2,0-4,1	1,1	5,3
		Etili	18	1,1	0,8-1,4	0,5	2,2
		Hurma	14	0,7	0,3-1,3	0,2	7,7
		İlyasağa çiftliği	12	0,7	0,4-1,0	0,2	1,9
		Karlıköy	11	0,8	0,7-1,8	0,1	2,8
		Kızılelma	12	3,8	1,9-5,2	1,4	6,5
		Kulfa	8	3,0	1,6-3,5	1,0	4,2
		Mallıköy	12	2,3	1,8-2,7	1,5	3,7
		Söğütalan	12	1,1	0,4-3,3	0,3	12,0
		Tepeköy	14	0,9	0,6-1,5	0,5	3,0
		Yaya köy	13	1,5	0,9-2,3	0,4	4,3

Tablo 5.9. Kan kurşun düzeylerinin Çan ilçesinde kırsal-kentsel yerleşime göre dağılımı

Madde	Bölge	n	Ortanca	1-3 çeyreklik	Minimum	Maximum
KURŞUN	Çan- Merkez	184	3,4	1,6-9,0	0,26	19,2
	Çan-Köy	150	1,1	0,6-2,2	0,10	-12,0

Şekil 5.13’de kişilerden alınan saç örneklerinden ölçülen Pb değerlerinin dağılımı görülmektedir. Buna göre, örnek alınan yerler arasında en yüksek saç kurşun değerleri Söğütalan, Mallıköy ve Çekiçler köylerinde gözlenmektedir (Tablo 5.10). Ancak Çan merkezde de saç kurşun değerleri yüksek bulunmuştur. Araştırmaya katılanların saç kurşun düzeyleri kırsal-kentsel yerleşim yönünden karşılaştırıldığında; Çan köylerinde saç kurşun değerinin az bir farkla Çan merkeze göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (p: 0,0005) (Tablo 5.11). Ayrıca Çan ilçesinde saç kurşun ortanca değeri $4,0 \mu\text{g}/\text{gr}$ ve 1.-3. çeyreklikler $3,4-17,1 \mu\text{g}/\text{gr}$ olarak bulunmuştur.



Şekil 5.13. Çalışma sahasındaki kişilerden alınan saç örneklerindeki kurşun değerlerinin dağılımı.

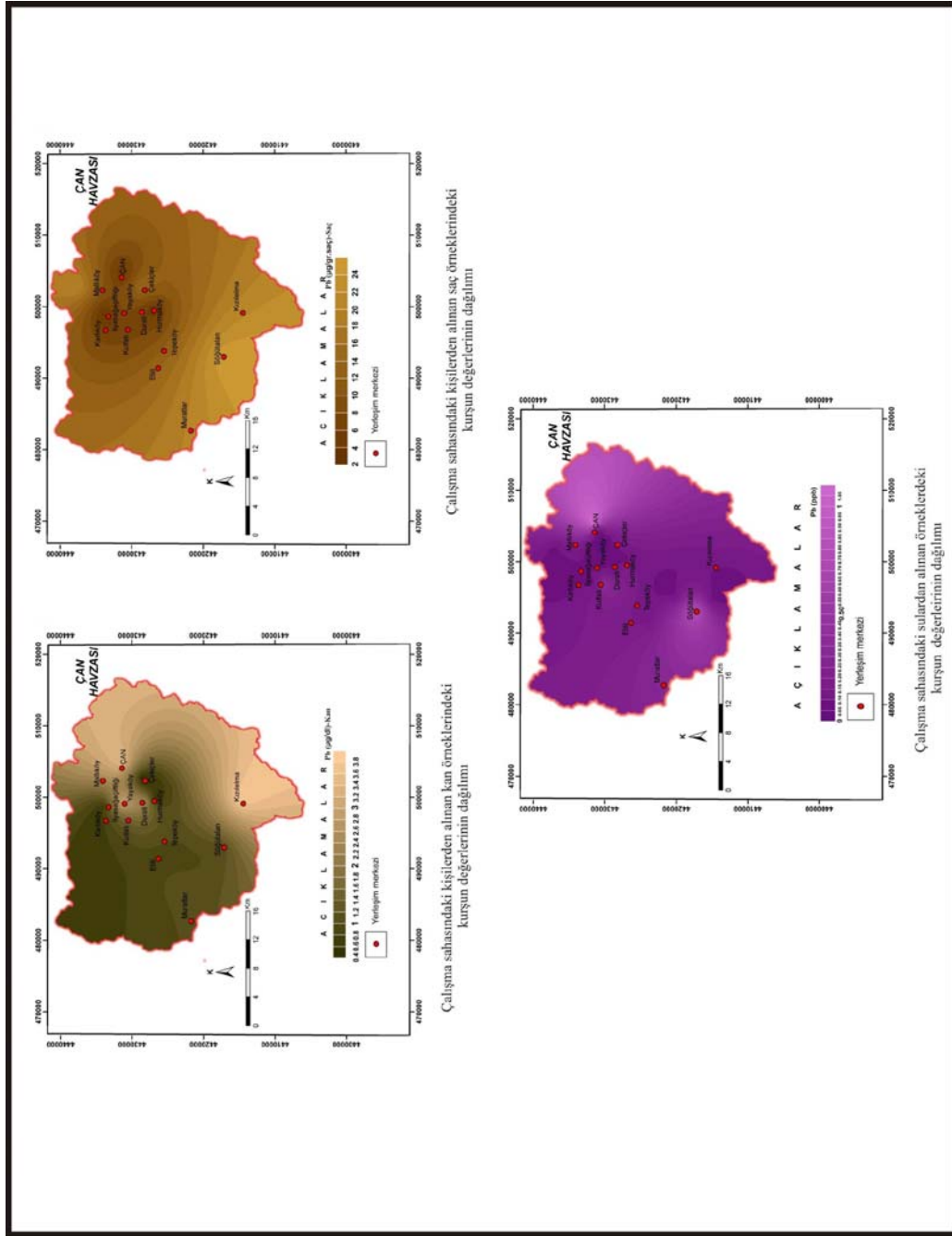
Tablo 5.10. Çan ilçesi köylerinde saç kurşun değerlerinin ($\mu\text{g}/\text{gr.}\text{saç}$) dağılımı

Bölge	Madde	Köy	Ortanca	Minimum	Maximum
ÇAN	KURŞUN	Çekiçler	15,3	1,9	54,0
		Hurma	4,4	3,8	48,0
		İlyasağa çiftliği	3,4	1,2	7,4
		Kulfa	8,1	4,8	17,0
		Mallıköy	20,5	1,9	63,0
		Sögütalan	25,6	1,9	72,0

Tablo 5.11. Saç kurşun düzeylerinin Çan ilçesinde kırsal-kentsel yerleşime göre dağılımı

Madde	Bölge	n	Ortanca	1-3 çeyreklik	Minimum	Maximum
KURŞUN	Çan-Merkez	14	4,0	3,1-17,1	1,9	97,0
	Çan-Köy	35	4,8	3,4-19,6	1,2	72,0

Kişilerin kan ve saç kurşun değerlerinin bölgeden alınan suların kurşun değerleriyle karşılaştırılması Şekil 5.14'da gösterilmektedir.



Şekil 5.14. Kişilerin kan ve saç kurşun değerlerinin bölgeden alınan suların kurşun değerleriyle karşılaştırılması.

Çalışma sahasındaki su kurşun değerleriyle kan kurşun ve saç kurşun değerleri dağılımları arasında net olmamakla birlikte bir yakınlık vardır. Çan merkez ve Söğütalan köyünde su, kan ve saç kurşun değerleri diğer bölgelere göre yüksektir. Kan ve saç kurşun değerleri bu bölgelerde su kurşun değerleri ile paralellik göstermektedir. Bu durumun böyle olmasının bir sebebi bölgedeki volkanik kayalarla etkileşim halinde olan suların bünyesinde ki kurşun fazlalığı ve bu suları kullanan insanların sularda fazla olan bu kurşunu bünyelerinde depolanmış olabilir. Aynı zamanda kurşun hava kirliliği ile de bünyede fazlalık göstermektedir. Özellikle Çan merkezde kan ve saç kurşun değerlerinin fazlalığı Çan ilçesindeki hava kirliliğinden de kaynaklı olabilir. Çan ilçesi merkez yerleşiminin çanak konumunda olması hava kirliliğinin daha yoğun olmasına bir etkidir.

5.2.1.3. Cıva (Hg)

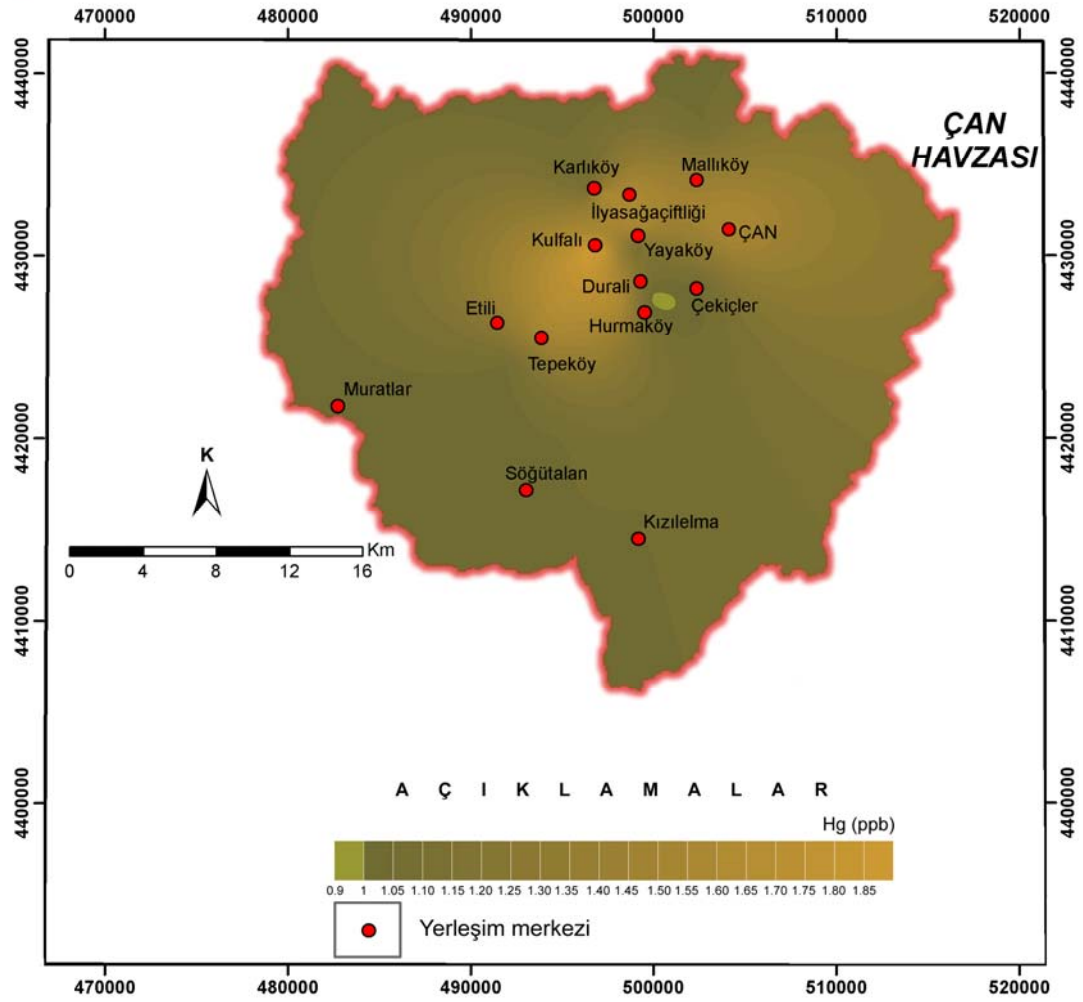
Çok eski çağlardan beri insanlığın bildiği bir metal olan cıva oda sıcaklığında sıvı durumda bulunan, yoğunluğu $14,06 \text{ g/cm}^3$ olan metallere bir tanesidir. Yerkabuğunda ortalama 0,08 ppm oranında bulunan cıva deniz suyunda 3×10^{-5} ppm civarında bulunmaktadır. Doğal cıva içeriği havada $0,005\text{--}0,06 \text{ ng/m}^3$; bitkilerde $0,001\text{--}0,3 \text{ } \mu\text{g/g}$ (genelde $<0,01 \text{ } \mu\text{g/g}$) seviyelerindedir (Habashi, 1997; ATSDR, 1999).

Cıva endüstride gerek metalik olarak gerekse organik ve inorganik cıva bileşikleri olarak termometrelerde, bazı metallere üretim proseslerinde, ilaç sanayiinde, diş tedavilerinde dolgu malzemesi olarak, laboratuvar uygulamalarında, boya sanayiinde ve kağıt sanayiinde kullanılmaktadır. Fosil yakıtların yanması, madencilik sektöründe cıva içeren kayaların kırılması, cıva üretimi esnasında, katı atık depo sahalarının sızma, atık pillerin rastgele atılması, diş hekimliğinde kullanılan amalgam dolgular, evde kullanılan cıva içeren aletlerin kırılması sonucunda cıvanın insan faaliyetleri aracılığı ile havada ve suda ki oranı yükselir (Güven ve diğ., 2004; ATSDR, 1999). Suyu karışan cıvanın bakteriler ve organizmalar tarafından metilcıvaya çevrilmesi ile meydana gelir. Planktonlar, onları

yiyecek küçük balıklar ve midyeler ve küçük balıklarla beslenen büyük balıklar ve deniz memelileri ile besin zincirine karışır.

Sinir sisteminin cıva bileşiklerine karşı çok yüksek hassasiyeti vardır. Bunun yanında vücuda alınan cıvanın beyin ve böbrekler üzerinde de ağır tahribatlar yarattığı yapılan çalışmalar ile tespit edilmiştir. Farklı cıva bileşiklerinin sinir sistemi, böbrekler ve beyin üzerinde farklı etkileri vardır ki bunların nedeni vücuda alınan cıvanın metalik, organik veya inorganik bileşik olmasına göre vücut içerisinde izleyeceği yol farklılık göstermektedir (ATSDR, 1999). Metalik ve metilcıva vücuda alındığında kana karışarak beyine kadar gider ve beyinde akümüle olur. Buna karşın inorganik cıva bileşiklerinin alınması durumunda bu bileşikler beyine gidemezler ancak bunlarda böbreklerde akümüle olarak böbreklerin çalışmasını engellerler. Kısa süre yüksek dozlarda maruz kalınması durumunda cıvanın ciğerler, ağız ve boğaz ile solunum yollarında hasar yarattığı tespit edilmiştir. Bunun yanında cıva konsantrasyonunun vücutta yükselmesi, tansiyon yükselmesine, kalp krizine, derilerde kızarıklık ve yaraların oluşması ile gözlerin zarar görmesine neden olabilir (Güven ve diğ., 2004).

Çalışma sahasından alınan hem su hem kan hem saç örneklerinde ölçülen cıva değerleri normal değerlerin çok altında çıkmış olmasından dolayı bu bölümde değerlendirmeye alınmamıştır. Şekil 5.16. çalışma sahasından alınan su örneklerindeki cıva değerlerinin dağılımını göstermektedir.



Şekil 5.15. Çalışma sahasından alınan su örneklerinin cıva değerlerinin dağılımı.

BÖLÜM VI

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Çalışma sahasının temelini Üst Kretase yaşlı Çetmi ofiyolitik melanjı oluşturmaktadır. Temel kayaları Alt Oligosen-Miyosen yaşlı Evciler plütunu kesmektedir. Bu birimler üzerine Çan volkanitleri uyumsuzlukla gelmektedir. Çan volkanitlerinin üzerine uyumsuzlukla Alt-Orta Miyosen yaşlı Çan formasyonu gelmiş ve tüm birimler üzerine Kuvaterner yaşlı alüvyon çökelleri uyumsuz bir dokanakla yerleşmiştir.

Çalışma sahası ekonomik öneme sahip, metalik ve endüstriyel hammaddelerce oldukça zengin bir bölgedir. Bölgede kullanım amaçlarının farklılığına göre birçok maden ocağı bulunmaktadır. Bölge için önemli olan bu işletmelerin çevre ve yeraltısuyu kirliliği üzerinde çeşitli etkileri olmaktadır.

Çalışma sahasında bulunan su kaynaklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla 29 lokasyondan su örneği alınmıştır. Bu verilere göre çalışma sahasındaki kaynak sularının debileri 0,09-0,4 lt/sn, sıcaklıkları 8,5-19,8 °C, EC değerleri 94-1888 µS/cm ve pH değerleri 4,9-8,05 arasında değişmektedir. Düşük pH'lı sular yörede yüzlek veren altere olmuş volkanik kayalardan kaynaklanmaktadır.

Su kaynaklarından alınan örneklerin Pb ve Hg değerleri WHO, EPA ve RG 25730'a göre kabul edilen limit değerlerinin altındadır. Pb değerleri 0,1-0,9 ppb arasında, Hg değerleri ise 0,3 ppb altındadır.

Çalışma sahasındaki su kaynaklarından alınan örneklerin As değerleri 0,5-45,6 ppb arasında değişmektedir. Su kaynaklarından en yüksek As değeri Ç015 (Tepeköy) kaynağına aittir. Bu kaynağın As değeri WHO, EPA ve RG 25730'a göre kabul edilen limit değerlerinin (10 ppb) üzerindedir.

Çalışma sahasındaki sular da görülen başlıca katyon Kalsiyum (Ca) dur. Bunu sırasıyla genelde Magnezyum (Mg) ve Sodyum (Na) takip eder. Anyonlardan ise genel olarak Bikarbonat (HCO_3) en yüksek miktarda gözlenen anyon olup bunu Sülfat (SO_4) ve Klor (Cl) izler. Yapılan hidrojeokimyasal çalışmalar sonucu çalışma sahasında sular Ca-Mg- HCO_3 ve Na-Ca- SO_4 lü su tipini yansıtmaktadırlar.

Kan arsenik düzeyleri Çan ilçesinde en yüksek Söğütalan, Mallıköy ve Kızılelma köylerinde gözlenmiştir. Kan arsenik düzeyleri, kırsal-kentsel yerleşim yönünden karşılaştırıldığında; Çan köylerinde kan arsenik değeri Çan merkeze göre daha yüksektir.

Örnek alınan yerler arasında en yüksek saç arsenik değerleri Kulfa, Mallıköy ve Çekiçler köylerinde gözlenmektedir. Mallıköy'de saç arsenik düzeyi $1,0 \mu\text{g}/\text{gr}$ saç düzeyinin üzerindedir. Saç arsenik düzeyleri kırsal-kentsel yerleşim yönünden karşılaştırıldığında; Çan köylerinde saç arsenik değerinin Çan merkeze göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Çalışma sahasındaki su arsenik değerleriyle kan arsenik ve saç arsenik değerleri dağılımları arasında net olmamakla birlikte bir yakınlık vardır. Ancak Tepeköy su arsenik değerlerinin kan ve saç arsenik değerlerinden ve Söğütalan köyü kan arsenik değerlerinin su ve saç arsenik değerlerinden yüksek olduğu gözlenmektedir. Bu farklılığın bu iki bölgedeki altere olmuş birimlerle ilgisi olduğu düşünülmektedir.

Kan kurşun düzeyleri Çan ilçesi merkezinde en yüksek değerde ($3,4 \mu\text{g}/\text{dl}$) bulunmaktadır. Bunu sırasıyla Kızılelma, Kulfa, Mallıköy ve Durali köyleri izlemektedir. Kan kurşun düzeyleri, kırsal-kentsel yerleşim yönünden karşılaştırıldığında; Çan merkezdeki kan kurşun değerinin Çan köylere göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Örnek alınan yerler arasında en yüksek saç kurşun değerleri Söğütalan, Mallıköy ve Çekiçler köylerinde gözlenmektedir. Ancak Çan merkezde de saç

kurşun değerleri yüksek bulunmuştur. Saç arsenik düzeyleri kırsal-kentsel yerleşim yönünden karşılaştırıldığında; Çan köylerinde saç kurşun değerinin az bir farkla Çan merkeze göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Çalışma sahasındaki su kurşun değerleriyle kan kurşun ve saç kurşun değerleri dağılımları arasında çok net olmamakla birlikte bir yakınlık vardır. Çan merkez ve Söğütalan köyünde su, kan ve saç kurşun değerleri diğer bölgelere göre yüksektir. Kan ve saç kurşun değerleri bu bölgelerde su kurşun değerleri ile paralellik göstermektedir. Bu durumun böyle olmasının bir sebebi bölgedeki volkanik kayaçlarla etkileşim halinde olan suların bünyesinde ki kurşun fazlalığı ve bu suları kullanan insanların sularda fazla olan bu kurşunu bünyelerinde depolanmış olması olabilir. Aynı zamanda kurşun hava kirliliği ile de bünyede fazlalık göstermektedir. Özellikle Çan merkezde kan ve saç kurşun değerlerinin fazlalığı Çan ilçesindeki hava kirliliğinden de kaynaklı olabilir.

Madencilik faaliyetlerinin yeraltısularını etkilediği ve bu sulardan yararlanan insanların da olumsuz olarak etkilendiği bilinmektedir. Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara göre bölgede madencilik faaliyetlerinin sağlık etkileşimi her ne kadar gösterilememiş olsa da bu durumun maruziyet yükü olabilir. Bu maruziyet yükü bölgede henüz sağlığı tehdit edecek konsantrasyonlara ulaşmamıştır. Kronik maruziyetin devam etmesi durumunda değerlerin artması beklenebilir.

KAYNAKLAR

- Ahsan H., Perrin M., Rahman A., Parvez F., Stute M., Zheng Y., Milton A.H., Brandt-Rauf P., van Geen A. ve Graziano, J., 2000. Associations Between Drinking Water and Urinary Arsenic Levels and Skin Lesions in Bangladesh. *J. Occup. Environ. Med.*, 42: 1195–1201.
- Akçil A. ve Koldaş S., 2006. Acid Mine Drainage (AMD): Causes, Treatment and Case Studies. *Journal of Cleaner Production*, 14.
- Akçay M., 2002. Jeokimya Temel Kavramlar ve Uygulamaya Aktarımları, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 506 s.
- Akyol E., 1982. Miyosende Palinolojik Yaş Saptamaları ve Soma Örneği. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özetleri*, 53 s.
- Atabey E., 2005. *Tıbbi Jeoloji*. Ankara. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 134 s.
- Ateş Ö., 2007. Hıdırlar (Çanakkale-Yenice) Jeotermal Sahası'nın Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Tektonizmaya İlişkisi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- ATSDR 1999. Toxicological Profiles for Mercury. U. S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 410-464.
- ATSDR 2000. Toxicological Profile for Arsenic. U. S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 420-500.
- Baba A., 2003. Geothermal Environmental Impact Assessment with Special Reference to the Tuzla, Geothermal Area, Çanakkale Turkey. Geothermal Training Programme, Iceland, 75- 114.
- Baba A. ve Özcan H., 2005. Monitoring and Evaluation of The Geothermal Fluid on Soil And Water in Tuzla Geothermal Field By GIS, *Remote Sensing And GIS for Environmental Studies*, Stefan Erasmi, Bern Cyffka, Martin Kappas, Göttinger Geographische Abhandlungen, Vol 113, Göttingen, 138–143.
- Baba A. ve Ármannsson H., 2006. Environmental Impact of The Utilization of a Geothermal Area in Turkey, *Energy Source*, volume 1, 267-278.

- Baba A., Gürdal G., Şengünel F. ve Özay, Ö., 2008. Effects of leachant temperature and pH on leachability of metals from fly ash. A case study: Can thermal power plant, province of Canakkale, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*. 139: 1: 3: 287-298.
- Baba A., Deniz O. ve Şanlıyüksel, D., 2008. Kazdağları Kuzey Doğusunda Bulunan Soğuk Su Kaynaklarının İzotopik Özellikleri. *III. Ulusal Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu*.
- Back W., 1960. Origin of Hydrochemical Facies in Groundwater in the Atlantic Coastal Plain. Proceedings, *International Geological Congress* (Copenhagen) 1:87-95.
- Back W., 1966. Hydrochemical Facies and Groundwater Flow Patterns in Northern Part of Atlantic Coastal Plain. *U.S. Geological Survey Professional Paper* 498-A.
- Barka A.A. ve Kadinsky-Cade K., 1988. Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity, *Tectonics*, v. 7, no. 3, 663-684.
- Bigersson B., Sterner O. ve Zimerson E., 1988. Chemie und Gesundheit "Eine verständliche Einführung in die Toxikologie", *VCH Verlagsgesellschaft*, ISBN 3-527-26455-8
- Bingöl E., Akyürek B. ve Korkmazer, B., 1973. Biga Yarımadası'nın Jeolojisi ve Karakaya Formasyonunun Bazı Özellikleri. *Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi*, Tebliğler, MTA, Ankara, 70-76.
- Bingöl E., Akyürek B. ve Korkmazer, B., 1975. Biga Yarımadasının Jeolojisi ve Karakaya Formasyonunun Bazı Özellikleri. *Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri*, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA) Publications, 70-77. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA) Dergisi* 88, 73-94 (in Turkish With English Abstract).
- Birkle P. ve Satır M., 1995. Dating Geochemistry and Geodynamic Significance Of The Tertiary Magmatism Of The Biga Peninsula, NW-Turkey, İn: Erler, A., Bingöl, E., Örçen, S. (Eds.), *Geology Of The Black Sea Region*, Min. Res. Expl. Inst., Turkey, Ankara, Pp. 171-180.
- Blumenthal M., 1962. Le systeme structural du Taurus sud Anatolien. Paul Fellot, 2, *Soc. Geol. France*, 611-662.

- Boz A., 2004. İnsan Vücutundaki Hazine.
- Brody D. J., Pirkle J. L., Kramer R. A., Flegal K. M., Matte T. D., Gunter E. W., ve Paschal D. C., 1994. Blood Lead Levels in the US Population. Phase 1 of the Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III, 1988 to 1991). *JAMA* 272, 277–283
- Brunn J.H., Dumont J.F., De Graciansky P.C., Gutnic M., Juteau T., Marcoux J., Dewey J. F. ve Şengör. A.M.C., 1979. Aegean and surrounding regions: complex multi-plate and continuum tectonics in a convergent zone, *Geol. Soc. America Bull.* Part 1. 90., 84-92 p.
- Caceres D.D., Pino P., Montesinos N., Atalah E., Amigo H. ve Loomis, D., 2005. Exposure to Inorganic Arsenic in Drinking Water and Total Urinary Arsenic Concentration in a Chilean Population Environmental Research 98 152, 51–159
- Commission of the European Communities 2001. “Proposal for a Directive of the European Parliament and of The Council on the Management of Waste from the Extractive Industries”, COM (2001) 319 final.
- Costello C., 2003. Acid Mine Drainage: Innovative Treatment Technologies. U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Office of Solid Waste and Emergency Response, Technology Innovation Office, Washington, DC, USA, 47.
- Çetiner E.G., Ünver B. ve Hindistan M.A., 2006. Maden Atıkları İle İlgili Mevzuat: *Avrupa Birliği ve Türkiye. Madencilik*, Cilt 45, Sayı 1, Sayfa 23-24.
- Çiftçi N.B., Temel R.Ö. ve Terzioğlu, M.N., 2004. Edremit körfezi civarının Neojen stratigrafisi ve Hidrokarbon olanakları, *TPJD Bülteni*, Cilt 16, Sayı 2, s.81-104.
- Çiftçi H. ve Akçıl A., 2006. Asidik Maden Drenajının (AMD) Giderilmesinde Uygulanan Biyolojik Yöntemler. *Madencilik*, Cilt 45, Sayı 1, 35 – 45 s.
- Çolakoğlu İ., 2004. Yeraltısularının Kalitesi ve Özellikleri.
- Dayal A., 1984. Yenice (Çanakkale) Granitinin Petrografisi ve Buna Bağlı Cevherleşmeler: Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst., (Yayımlanmamış), İzmir.

- Deutsch W. J., 1997. Groundwater Geochemistry: *Fundamentals and Applications to Contamination*. Lewis Publishers, New York 221s.
- Dewey J. F. ve Şengör. A.M.C., 1979. Aegean and surrounding regions: complex multi-plate and continuum tectonics in a convergent zone, *Geol. Soc. America Bull.* Part 1. 90., 84-92 p.
- Doğdu M. Ş. ve Çelik H., 1999. Aksaray Sıcak ve Mineralli Su Kaynaklarının Hidrojeokimyası, *52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı*, Ankara.
- Doyuran V., 2001. Maden İşletmeciliğinde Yeraltısuyu Sorunları ve Hidrojeolojik Yaklaşım, *ODTÜ Ders Notları*, 22–30 s.
- DPT 2006. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Demir Dışı Metaller Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu <http://ekutup.dpt.gov.tr/imalatsa/oik553.pdf>.
- Duffus J. H. ve Worth H. G. J., 1996. “Fundamental toxicology for chemists”, Cambridge, UK : Royal Society of Chemistry Information Services.
- EPA 2002. National Primary Drinking Water Standarts, www.epa.gov/safewater
- Ercan T., Satır M., Steinitz G., Dora A., Sarıfakıoğlu E., Adis C., Walter H. ve Yıldırım T., 1995. Biga Yarımadası İle Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan Adalarındaki (KB Anadolu) Tersiyer Volkanizmasının Özellikleri. *MTA Dergisi*, C. 117, S. 55-86.
- Ercan T., Satır M., Kreuzer H., Türkecan A., Günay E., Çevikbaş A., Ateş M., ve Can B., 1985. Batı Anadolu Senozoyik volkanitlerine ait yeni kimyasal izotopik ve radyometrik verilerin yorumu: *Türkiye Jeo. Kur. Bült.*, 28, 121-136.
- Ercan T., Satır M., Türkecan A., Akyürek B., Çevikbaş A., Günay E., Ateş M. ve Can, B., 1986. Ayvalık çevresinin jeolojisi ve volkanik Kayaçların petrolojisi: *Jeoloji Müh. Derg.*, 27, 19-30.
- Erçetin K.Y., 2005. Arabaalan-Elmalı (Çanakkale) Yöresi Seramik Sektöründe Kullanabilecek Kaynaklar ve Oluşum Özelliklerinin Kullanım Özelliklerine Etkisi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Erguvanlı K. ve Yüzer E., 1987. Yeraltısuları Jeolojisi. İstanbul. *İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları*. 234-268

- Frizon de Lamotte D., Poisson A., Aubourg C. ve Temiz, H., 1995. Post-Tortonian westward and southward thrusting in the core of the Isparta re-entrant (Taurus, Turkey). Geodynamic implications. *Bull. Soc. Geol. France.* 166, 59-67.
- Genç Ş.C., 1998. Evolution of The Bayramiç Magmatic Complex Northwestern Anatolia, J. Volkan. *Geother. Res* 85, Pp. 233-249.
- Goldschmidt V.M., 1958. Geochemistry. *Oxford Univ. Pres*, London, 730p.
- Gözler M.Z., 1986. Kazdağ Batısı Mıhlidere Vadisinin Jeolojik ve Petrografik İncelemesi, *Tjk Bülteni*, Cilt: 29, Sayı: 1, 133-142.
- Gülen Ö., 2005. Çan (Çanakkale) İlçesindeki Madenciliğin Yeraltı Sularına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Gündüz O., Okumuşoğlu D. ve Baba, A., 2008. Acidic Mining Lakes And Their Influence On Water Quality: A Case Study From Can (Canakkale), Turkey, Securing Groundwater Quality In Urban And Industrial Environments. Proc. 6th International Groundwater Quality Conference Held In Fremantle, Western Australia. 1-8 P.
- Güven A., Kahvecioğlu Ö., Kartal G. Ve Timur S., 2004. “Metallerin Çevresel Etkileri-III”, *Metalurji Dergisi.* 138: 64-71
- Habashi F., 1997. Handbook of Extractive Metallurgy, II, *WILEY-VCH*, Germany.
- Hezarfen C., 1976. Çanakkale- Çan Kömür Yatağı Fizibilite Araştırması. *Jeoloji: Cilt 2MTA Rap.* , (Yayımlanmamış), Ankara.
- Howard H., 2001. Heavy Metal Poisoning, *Harrison's Principles of Internal Medicine* The McGraw-Hill Companies, Inc. 395.
- Iman A., 1995. Al-Saleh Lead Exposure in Saudi Arabia and Its Relationship to Smoking. *Biometals* (8), 3
- Kaçaroğlu F., 1991. Eskişehir Ovası Yeraltısuyu Kirliliği İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Ankara.
- Kahvecioğlu Ö., Kartal G., Güven A. ve Timur S., 2004. “Metallerin Çevresel Etkileri-I”, *Metalurji Dergisi.* 136: 47-53
- Kalafatçioğlu A., 1961. Ezine Civarının ve Bozcaada'nın Jeoloji Kalker ve Serpantinlerinin Yaşı. *MTA Derg*, 60, s. 60–69.

- Kartal T., 1975. Çanakkale-Kestanbol Kaplıcası Hidrojeoloji Etüdü. *MTA Raporu*, Ankara.
- Kissel C., Averbuch O., Frizon de Lamotte D., Monod O. ve Allerton S., 1993. First Paleomagnetic evidence for a post-Eocene clockwise rotation of western Taurides thrust belt east of the Isparta re-entrant (southwestern Turkey). *Earth Planet. Sci. Lett.*, 117, 1-14.
- Kitchin K.T., 2001. Recent Advances in Arsenic Carcinogenesis: Modes of Action, Animal Model Systems, and Methylated Arsenic Metabolites. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 172, 249–261.
- Krushensky R. D., 1976. Neogene Calc-Alkaline Extrusive And Intrusive Rocks of The Karalar - Yetiller Area, North - West Anatolia, *Bull. Volcan*, 40, p. 336-360.
- Kuyucak N., 2002. Role of Microorganisms in Mining: Generation of Acid Rock Drainage and its Mitigation and Treatment. *The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection*, 2, (3), 179–196.
- McNeely R. N., Neimanis V.P. ve Dwyer L., 1979. Water Quality Sourcebook, a Guide to Water Quality Parameters, Inland Waters Directorate, *Water Quality Branch*, Ottawa, Canada, 88.
- MTA 1976. Çanakkale – Çan Kömür Yatağı Fizibilite Araştırması. *MTA Yayını*, Ankara.
- MTA 2002. 1/500000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları. *MTA yayını*, Ankara.
- MTA 2003. Çanakkale – Çan Linyit Sahasına Ait Jeoloji-Rezerv-Jeofizik Raporu TKİ Adına Yapılan Ücretli Etüd.
- Mutzenberg S., 1990. Westliche Biga-Halbinsel (Çanakkale.Türkei) Beziehung zwischen Geologie. Tektonik und Entwicklung der Thermalquellen. PhD thesis. ETH-Zurich. No:9113.
- Nicholson K., 1993. Geothermal Fluids, Chemistry and Exploration Techniques. *Springer-Verlag*, Berlin, 263.
- Okay A.I., 1986. High pressure / low temperature metamorphic rocks of Turkey. *Blue schists and eclogites, Geological Society of America, Memoir*. Ewans, B.W. ve Brown, E.H. 164: 333-347.

- Okay A. I., 1987. Ophiolite obduction on a Permian carbonate platform in northwest Turkey. *Fourth meeting of the European Union of Geosciences (EUG IV)*, 13-16/04/87, Strasbourg, France, Terra Cognita, 7, 100.
- Okay A.İ., Siyako M. ve Bürkan, K.A., 1990. Biga Yarımadası'nın Jeolojisi ve Tektonik evrimi. *TPJD bülteni*. Cilt:2/1, 83–121.
- Okay A.I. ve Satır , M., 2000. Coeval Plütonism and Metamorphism in a Latest Oligocene Metamorphic Core Complex in Northwest Turkey: *Geological Magazine*. 137: 495-516.
- Okay, A.I. ve Göncüoğlu, M.C., 2004. The Karakaya Complex: A Review of Data and Concepts. *Turkish Journal of Earth Sciences*. 13: 77–95.
- Önen P., 2007. Medikal Jeoloji ve Ülkemiz Açısından Önemi. *Türkiye'de Kanser Kontrolü*. 199-213.
- Önder Ü., Çınar A. ve Serter G., 2003. Çanakkale İli Çevre Durum Raporu. T.C. Çanakkale Valiliği İl Çevre Müdürlüğü, 358 S., Çanakkale, (Yayımlanmamış).
- Öngen S., 1978. Petrographie und petrochemie des Çavuşlu-Karaköy granitoid massivs. *İst. Üniv. Fen. Fak. Mecm.* B 43: 93-115.
- Öngen S., 1982. Yenice (Çanakkale) Granitoidlerinin ve Yan Kayaçların Petrolojisi, İ.Ü. Doçentlik Tezi.
- Öngen S., Aysal N. ve Azaz D., 2002. Çan Güneyi (Çanakkale) Geç Tersiyer Riyolit-Bazalt Karakterli Volkanizması. 55. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri*. 201–203.
- Öktü G., 1997. MTA Türkiye Termal ve Mineralli Sular Envanteri Çanakkale, Ankara.
- Özalp G., Dirik H., Kuvan Y., Güneş Y. ve Orhan S., 2008. Kaz dağları'ndaki Madencilik Girişimlerinin Koruma-Kullanma Dengesi Açısından Değerlendirilmesi Raporu, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi.
- Özbayrak İ.H., 1980. Çanakkale-Yenice Hıdırlar Alanının Jeotermal Enerji Olanakları, *MTA Raporu*, Ankara.
- Özbayrak İ.H., 1984. Geothermal Energy Possibilities of the Balıkesir Province NW Turkey. *Seminer on Utilization of Geothermal Energy for Electric Power Production and Space Heating Seminar book, Florence (Italy)*. 14–17.

- Özen T. ve Tarcan G., 2005. Dikili-Kaynarca (İzmir) Jeotermal Sistemlerinin Hidrojeolojik ve Jeokimyasal Değerlendirilmesi.
- Piper A.M., 1944. A Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water Analyses. *Transactions of American geophysical Unions* 25, 914–923.
- Poisson A., 1984. The extension of the Ionian trough into SW Turkey. In: J. F. Dixon & A. H. Robertson Eds., The geologic evolution of the Eastern Mediterranean. *Geol. Soc. London Spec. Pub.* 17: 241-249.
- Poisson A., Akay E., Dumont J. F. ve Uysal S., 1984. Isparta Angle (W Taurids): A Mesozoic paleorift. In: O. Tekeli and C. Göncüoğlu Eds., Geology of the Taurus belt, sp. Pub. MTA, Ankara, 11-26.
- Poisson A., 1990. Neogene thrust belt in western Taurides. The imbricate systems of thrust sheets along a NNW-SSE transect. *IESCA-1990*, 224-235.
- Ridge T. ve Seif J.M., 2005. The Science of Acid Mine Drainage and Passive Treatment. Department of Environmental Protection, Bureau of Abandoned Mine Reclamation.
- Samanta G., Sharma R., Roychowdhury T. ve Chakrabortic D., 2004. Arsenic and Other Elements in Hair, Nails, And Skin-Scales of Arsenic Victims in West Bengal. *India Science of The Total Environment*. 326: 33–47
- Schoeller 1955. Geochimie des Eaux Souterraines, *Rev. Inst. Franc. Petrole, Paris*, 10: 181–231, 4, 219–246.
- Selinus O., Alloway B., Centeno J.A., Finkelman R.B., Fuge R., Lindh U. ve Smedley P., 2005. Medical Geology. *Elsevier*. 115-594.
- Siyako M., Bürkan K.A. ve Okay A.İ., 1989. Biga ve Gelibolu Yarımadaı'nın Tersiyer Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları. *Tpj. Bül.*, 1/3, 183–199.
- Smedley P., 2001. Arsenic in Goundwater. 17- 27.
- Şahinci A., 1991, Jeotermal Sistemler ve Jeokimyasal Özellikleri. 247 s.
- Şamilgil E., 1966. Hydrogeological Report of Geothermal Energy Possibility Survey of Hot Springs of Kestanbol and Tuzla Village of Canakkale. *MTA report*, no: 4274, Ankara.
- Şanlıyüksel D. ve Baba A. 2007. Kırkgeçit Jeotermal Alanı (Biga-Çanakkale) ve Çevresinin Hidrojeokimyasal ve İzotopik İncelenmesi, *60. Türkiye Jeoloji Kurultay*. 89–92, Ankara.

- Şanlıyüksel D., 2008. Kırkgeçit (Çanakkale-Biga) Jeotermal Sahasının Hidrojeokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Şengün F., 2005. Çamlıca Metamorfitlerinin (Biga Yarımadası) Jeolojisi ve Petrografisi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Tarcan G., Filiz Ş., Gemici Ü. ve Sezer U., 1999. Diyarbakır Akiferlerinin Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Kirlenebilirliği.
- Taymaz T., Jackson J., ve McKenzie D., 1991. Active tectonics of the north and central Aegean. *Geophysical Journal International*, 106: 433-490.
- Tchounwou P. B., Centeno J. A. ve Patlolla A. K., 2004. Arsenic Toxicity, Mutagenesis, and Carcinogenesis-A Health Risk Assesment and Management Approach Molecular and Cellular Biochemistry. 255-47-55.
- TSE 1986. Türk İçme Suyu Standartları. 97.
- Tsukamoto T.K., Killion H.A. ve Miller G.C., 2004. Column Experiments for Microbiological Treatment of Acid Mine Drainage: Lowtemperature, Low-pH and Matrix Investigations. *Water Research* 38: 1405–1418.
- Tunç İ.,O., 2008. Bayramiç (Çanakkale) Güneyindeki Kazdağ Masifi Kayalarının Jeolojisi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Türkdönmez O., 2007. Etili (Çanakkale) Güneydoğusundaki Magmatik Kayaçların Jeolojisi ve Petrografisi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Ürgün S., 1971. The Geology of Tuzla–Kestanbol (Canakkale) Surrounding and Geothermal Energy Possibility, *MTA Report*, no: 4664, Ankara.
- Varol S., Davraz A. ve Varol E., 2008. Yeraltısuyu Kimyası ve Sağlığa Etkisinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi.
- Wagner N.J. ve Hlatshwayo B., 2005. The Occurrence of Potentially Hazardous Trace Elements in Five Highveld Coals. *South Africa International Journal of Coal Geology*.
- World Health Organization (WHO) 1993. Guidelines for Drinking Water Quality. 220-442.

- World Health Organization (WHO) 1996. Trace Elements in Human Nutrition and Health.
- World Health Organization (WHO) 2006. Guidelines for Drinking-Water Quality. Geneva. 221-459.
- Wu M.M., Chiou H.Y., Wang T.W., Hsueh Y.M., Wang I.H., Chen C.J. ve Lee T.C., 2001. Association Of Blood Arsenic Levels With increased Reactive Oxidants and Decreased Antioxidant Capacity in a Human Population of Northeastern Taiwan. *Environ. Health Perspect.* 109: 1011–1017.
- Yürür T., 1985. Çanakkale-Ezine Kestanbol Kaplıcası Dolayımın Hidrojeolojisi ve Termal Suların Kökeninin Araştırılması. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil No	Sayfa
Şekil 1.1. Çalışma sahasının yer bulduru haritası.....	2
Şekil 1.2. Çalışma sahasının drenaj ağı ve yükseltleri	4
Şekil 1.3. Saha çalışması sırasında kişilerden yapılan kan örneklemeesi	14
Şekil 1.4. Saha çalışması sırasında kişilerden yapılan saç örneklemeesi	14
Şekil 2.1. Biga Yarımadası'nın Genel Jeoloji Haritası (MTA, 2002).....	18
Şekil 2.2. Çalışma sahasının genel jeoloji haritası.....	22
Şekil 2.3. İlyasağa Çiftliği köyünde gözlenen andezitler	26
Şekil 2.4. İlyasağa Çiftliği köyü - Kulfa köy yolu üzerindeki aglomeralardan genel görünüm	26
Şekil 2.5. Biga Yarımadası'ndaki önemli aktif faylar.....	29
Şekil 3.1. Maden atık türleri (EC, 2001).....	32
Şekil 3.2. Maden atık sahasın yakınlarında gelişen jeokimyasal olaylar ve yeraltısuyundaki ait nötrleşmesi (Deutsch, 1997).....	41
Şekil 3.3. Biga Yarımadası metalik madenler, endüstriyel hammaddeler, enerji hammaddeleri (MTA, 2002).....	42
Şekil 3.4. TKİ'nin Çan ilçesindeki açık ocak işletmeciliğine ait uydu fotoğrafı.....	43
Şekil 3.5. Çan Termik Santrali ve atık depolama sahası.....	43
Şekil 3.6. Çan ilçesindeki terk edilmiş kömür sahalarında oluşan asidik maden gölünden görünüm.....	44
Şekil 3.7. Etili-Yiğitler kömür ocağı yakınlarındaki asidik maden gölünden görünüm.....	45
Şekil 4.1. Çalışma sahasındaki birimlerin akifer özellikleri.....	48
Şekil 4.2. Örnekleme yapılan su kaynaklarının lokasyon haritası.....	51
Şekil 4.3. Çalışma sahasındaki Ç007 no'lu soğuk su kaynağının yanındaki çeşme.....	52
Şekil 4.4. Çalışma sahasındaki Ç025 no'lu örnek noktası.....	52
Şekil 4.5. Örnekleme yapılan su kaynaklarının ortalama EC değerleri.....	55
Şekil 4.6. Örnekleme yapılan su kaynaklarının ortalama T (°C) değerleri.....	57
Şekil 4.7. Örnekleme yapılan su kaynaklarının ortalama pH değerleri.....	58

Şekil 4.8. Çalışma sahasındaki su kaynaklarından Nisan-2007 döneminde elde edilen analiz sonuçlarının Schoeller diyagramında gösterilimi.....	67
Şekil 4.9. Çalışma sahasındaki su kaynaklarından Temmuz-2007 döneminde elde edilen analiz sonuçlarının Schoeller diyagramında gösterilimi.....	68
Şekil 4.10. Çalışma sahasındaki su kaynaklarından Nisan-2007 döneminde elde edilen analiz sonuçlarının Piper diyagramında gösterilimi.....	69
Şekil 4.11. Çalışma sahasındaki su kaynaklarından Temmuz-2007 döneminde elde edilen analiz sonuçlarının Piper diyagramında gösterilimi.....	70
Şekil 4.12. Ağır metallerin doğaya yayınımları (Kahvecioğlu ve diğ., 2004).....	72
Şekil 4.13. Örnekleme yapılan su kaynaklarının Pb değerlerinin standart değerlerle karşılaştırılması.....	75
Şekil 4.14. Örnekleme yapılan su kaynaklarının Pb değer dağılımları.....	76
Şekil 4.15. Örnekleme yapılan su kaynaklarının Hg değerlerinin standart değerlerle karşılaştırılması.....	77
Şekil 4.16. Örnekleme yapılan su kaynaklarının Hg değer dağılımları.....	78
Şekil 4.17. Örnekleme yapılan su kaynaklarının As değerlerinin standart değerlerle karşılaştırılması.....	80
Şekil 4.18. Örnekleme yapılan su kaynaklarının Hg değer dağılımları.....	81
Şekil 5.1. Saha çalışması sırasında kişilere yapılan anket uygulaması.....	83
Şekil 5.2. Saha çalışması sırasında kişilerden yapılan kan örnekleme.....	85
Şekil 5.3. Saha çalışması sırasında kişilerden yapılan saç örnekleme.....	86
Şekil 5.4. Saha çalışması sırasında kişilerden yapılan saç örnekleme.....	87
Şekil 5.5. Kan ve saç örnek sonuçlarının kişilere dağıtılması.....	87
Şekil 5.6. Vücut sıvısındaki konsantrasyona bağlı olarak ağır metallerin etkileri (Kahvecioğlu ve diğ., 2004).....	91
Şekil 5.7. Ağır metallerin insan vücudunda etki mekanizması-PBG = porphobilinogen; ATPase = adenzin trifosfaz; ALA = aminolaevulinic asit (Kahvecioğlu ve diğ., 2004).....	92
Şekil 5.8. Çalışma sahasındaki kişilerden alınan kan örneklerindeki arsenik değerlerinin dağılımı.....	96
Şekil 5.9. Çalışma sahasındaki kişilerden alınan saç örneklerindeki arsenik değerlerinin dağılımı.....	98

Şekil 5.10. Kişilerin kan ve saç arsenik değerlerinin bölgeden alına suların arsenik değerleriyle karşılaştırılması.....	100
Şekil 5.11. Kanda bulunan kurşun miktarına bağlı olarak ortaya çıkan semptomlar (Kahvecioğlu ve diğ., 2004).....	103
Şekil 5.12. Çalışma sahasındaki kişilerden alınan kan örneklerindeki kurşun değerlerinin dağılımı.....	104
Şekil 5.13. Çalışma sahasındaki kişilerden alınan saç örneklerindeki kurşun değerlerinin dağılımı.....	106
Şekil 5.14. Kişilerin kan ve saç kurşun değerlerinin bölgeden alına suların kurşun değerleriyle karşılaştırılması.....	108
Şekil 5.15. Çalışma sahasından alınan su örneklerinin cıva değerlerinin dağılımı..	111

TABLULAR LİSTESİ

Tablo No	Sayfa
Tablo 4.1. Çalışma sahasında örnekleme yapılan su lokasyonlarının koordinatları..	50
Tablo 4.2. Çalışma sahasında örnekleme yapılan su kaynaklarının debileri.....	53
Tablo 4.3. Çalışma sahasında düzenli örnekleme yapılan suların fiziksel parametre değerleri	56
Tablo 4.4. Çalışma sahasındaki su kaynaklarının iki farklı dönemde analiz edilen majör anyon-kasyon değerleri (mg/lt).....	61
Tablo 4.5. Çalışma sahasındaki su kaynaklarının iyon sıralaması.....	66
Tablo 4.6. Çalışma sahasında örnekleme yapılan suların farklı dönemlere ait ağır metal içerikleri (ppb).....	73
Tablo 5.1. Çalışmada kullanılan ölçümlerin normal değerleri.....	85
Tablo 5.2. Çalışma sahasında kan ve saç örnekleri alınanların yerleşim yerlerine göre dağılımı.....	96
Tablo 5.3. Çan ilçesi köylerinde kan arsenik değerlerinin ($\mu\text{g/L}$) dağılımı.....	97
Tablo 5.4. Kan arsenik düzeylerinin Çan ilçesinde kırsal-kentsel yerleşime göre dağılımı.....	98
Tablo 5.5. Çan ilçesi köylerinde saç arsenik değerlerinin ($\mu\text{g/gr.saç}$) dağılımı.....	99
Tablo 5.6. Saç arsenik düzeylerinin Çan ilçesinde kırsal-kentsel yerleşime göre dağılımı.....	99
Tablo 5.7. Çalışma sahasında kan ve saç örnekleri alınanların yerleşim yerlerine göre dağılımı.....	103
Tablo 5.8. Çan ilçesi köylerinde kan kurşun değerlerinin ($\mu\text{g/dl}$) dağılımı.....	105
Tablo 5.9. Kan kurşun düzeylerinin Çan ilçesinde kırsal-kentsel yerleşime göre dağılımı.....	105
Tablo 5.10. Çan ilçesi köylerinde saç kurşun değerlerinin ($\mu\text{g/gr.saç}$) dağılımı....	107
Tablo 5.11. Saç kurşun düzeylerinin Çan ilçesinde kırsal-kentsel yerleşime göre dağılımı.....	107

YAŞAM ÖYKÜSÜ

İsmim Fatma Şengünelp. 26.01.1981 yılında Bursa'da doğdum. 1998 yılında Bursa Kız Lisesi (yabancı dil ağırlıklı)'nden mezun oldum. Ön lisansımı 1999-2001 yılları arasında Uludağ Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu, Tıbbi Laboratuvar bölümünde yaptım ve bölüm birinciliği ile mezun oldum. Lisans eğitimime 2002 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümünde devam ettim. 2006 yılında bu bölümden bölüm birinciliği ile mezun oldum ve aynı yıl Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisansa başladım.



Freie Universität-Berlin, FB Geowissenschaften AB Hydrogeologie'de Erasmus öğrencisi olarak bulunmak, Bursa Büyük Şehir Belediyesi, İmar İşleri Daire Başkanlığı Zemin Etütleri Araştırma Şefliği (Bursa)'nde stajyer olarak çalışmak, Kaleseramik Çanakkale Kalebodur Seramik Sanayi A.Ş. Teknik Seramik Grup Müdürlüğü (Çankale-Çan)'nde stajyer olarak çalışmak öğrenim hayatım boyunca yaptığım deneyim ve stajlar arasında yer alır.

Lisans ve yüksek lisans hayatım boyunca birçok eğitim ve seminere katıldım. Bunlardan bazıları:

III. Ulusal Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu (Orhantepe, İstanbul),

60. Türkiye Jeoloji Kurultayı (MTA, Ankara),

International Summer School Isotope Geochemistry & Geochronology of Tectonic Processes (MTA – Marmaris/Muğla),

Sivas, (ATAG) 9. Toplantısı'dır.

Lisans bitirme çalışmam “Çan Termik Santrali Uçucu Küllerinin Liç Özellikleri, Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri” ismini taşımaktadır. Bildiğim yabancı diller İngilizce ve temel düzeyde Almanca'dır. Ayrıca yüksek lisans

öğrenimim zamanında Çan Kömür Havzasındaki Madencilik Faaliyetlerinin Tıbbi Jeoloji Açısından Değerlendirilmesi isimli TÜBİTAK projesinde çalıştım.

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim sırasında farklı çalışmacılarla birlikte yayınlarım oldu. Bu yayınlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Kutluoba (Bayramiç-Çanakkale) Çevresinin Jeolojik ve Tektonik Özellikleri. (Hasan Özer TUTULMAZ, Fatma ŞENGÜNALP, Deniz Can SERÇE, Bengü BAYAR, Akın KÜRÇER) – ATAG 9. Toplantısı, Poster Sunum.

Sıcaklık ve pH'ın Kömür Yakıtlı Termik Santrallerden Kaynaklanan Atıklardaki Ağır Metallerin Suya Geçişi Üzerindeki Etkisi. (Alper BABA, Gülbin GÜRDAL ve Fatma ŞENGÜNALP) – 60. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Sözlü Bildiri.

Effects of leachant temperature and pH on leachability of metals from fly ash. A case study: Can thermal power plant, province of Canakkale, Turkey. (Alper BABA, Gülbin GÜRDAL, Fatma ŞENGÜNALP, Özgür Özay) – Springer Science, Makale.