



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TUZ GÖLÜNDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİ

Salih KOYUNCU

YÜKSEK LİSANS

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalını

Mart-2014
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Salih KOYUNCU tarafından hazırlanan “Tuz Gölünde Ağır Metal Kirliliği” adlı tez çalışması 07/05/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman Yrd. Doç. Dr. Adnan DÖYEN



Üye Yrd. Doç. Dr. Gürsel KANSUN



Üye Prof. Dr. Veysel ZEDEF



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr.
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.



İmza

Salih KOYUNCU

Tarih:07/05/2014

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

TUZ GÖLÜNDE AĞIR METAL KİRLİLİĞİ

Salih KOYUNCU

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Adnan DÖYEN

2014,45 Sayfa

Ankara İli Şereflikoçhisar ilçesi batısında yer alan Tuz Gölü'nün ağır metal kirliliği konusunda çalışma yapılmıştır. İnceleme alanında bulunan çamur tabakası, tuz tabakası ve bunların alt kısmında bulunan jips, anhidrit, huntit manyezit karışımli tabakanın ağır metal kirliliği araştırılmıştır.

İnceleme alanının kuzey ve kuzeydoğusunda Mezgit formasyonuna ait kumtaşı ve Peçenek formasyonuna ait kumtaşı ve çakıltası yer almaktadır. Doğuda ise Boğazdere Formasyonuna ait jips ve anhidrit yer almaktadır. İşletmenin batısında ise İnsuyu formasyonuna ait ignimbrit ve lav ara seviyeli gölssel çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı ve kireç taşı ardalınması ile beraber Eski Polatlı formasyonuna ait kireçtaşı, bantlı marn yer almaktadır.

Bu çalışmada, alınan örneklerin kimyasal analizleri yapılmıştır. İçerisinde bulunan ağır metal miktarları ppm, ppb ve yüzde olarak ortaya konulmuştur. Yapılan çalışmalar neticesinde Tuz Gölünde ağır metal kirliliğinin çamur tabakasında yoğunlaştığı, daha alt kısmında bulunan jips, anhidrit, huntit, manyezit minerallerinin karışık olarak bulunduğu bölümde daha az miktarda olduğu ve tuz tabakasında ise en düşük miktarda olduğu gözlemlenmiştir.

Alınan su numunelerinin de Sağlık Bakanlığı kullanım amaçlı sular yönetmeliğinde belirtilen kabul edilebilir sınır değerlerinin altında olduğu yapılan analizler sonucu ortaya çıkmıştır.

Sonuç olarak her yıl yeni oluşan tuz tabakasındaki ağır metal oranında Türk Gıda Kodeksi limit değerleri altında kaldığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: ağır metal, çamur tabakası, tuz tabakası, Tuz Gölü.

ABSTRACT**SALT LAKE HEAVY METAL POLLUTION****Salih KOYUNCU****Selcuk University Institute of Science and Technology
Department of Geological Engineering****Supervisor: Assist. Prof. Dr. Adnan DÖYEN****28Years, 45 Pages**

A study has been conducted on the heavy metal pollution in Tuz Gölü (Salt Lake) located in the east of Sereflikoçhisar District of the Province of Ankara. The mud layer, salt layer as well as the layer composed of gypsum, anhydrite, huntite and magnesite at the bottom of these layers detected in the study area have been investigated.

In the north and northeast of the study area, there is sandstone belonging to Mezgit formation (Oligocene) as well as sand and gravel belonging to Pecenek formation. In the east, however, there are gypsum and anhydrite belonging to Boğazdere Formation. In addition, there is a lacustrine conglomerate, sandstone, mudstone and limestone aggradation with an intermediate level composed of ignimbrite and lava as well as limestone and banded marl belonging to Eski Polatlı formation situated in the west of the establishment.

In this study, the samples taken were chemically analyzed. The amount of heavy metals contained in these samples were demonstrated as ppm, ppb and percentage. As a result of the studies conducted, it has been observed that the heavy metal pollution in the Tuz Gölü (Salt Lake) is concentrated mostly on mud layer, it is in smaller amounts on the layer composed of gypsum, anhydrite, huntite and magnesite minerals at the lower level and it is in the smallest amounts on the salt layer.

As a result of the analysis performed, it has been found out that the water samples taken are below the acceptable limits specified in the Regulation on Domestic Water by the Ministry of Health.

Consequently, it has been observed that the rate of heavy metal in the salt strata newly formed each year has remained below the limit values of Turkish Food Codex.

Key Words: heavy metal, mud layer, salt strata, Tuz Gölü (Salt Lake).

ÖNSÖZ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 2013-2014 yılı bahar döneminde Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalı kapsamında bu çalışmada değerli önerilerini ve yardımlarını esirgemeyen Sn. Yrd. Doç. Dr. Adnan DÖYEN hocama teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca bana öğrenim imkanı sağlayan, ve beni bugünlere getiren babama ve anneme (Ahmet Adil KOYUNCU, Hayriye KOYUNCU) ,kardeşlerime de (Hasan Basri KOYUNCU, Fatma Sena KOYUNCU) çalışmamda maddi ve manevi desteklerini esirgemedikleri için sonsuz şükran ve saygılarımı sunarım.

Ayrıca bu çalışmanın yapılmasında bana manevi destekleriyle yanımda olan Kaldırım Tuz İşletmesi yönetiminden Ömer ÇETİNER, M. Sait KOYUNCU, Emre ERDOĞAN, Hüseyin KARACAOĞLU Beylere ve çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca bu çalışmanın yapılmasında bana manevi desteğiyle yardımcı olan Ebru KÖKBUDAK' a teşekkür ederim.

Salih KOYUNCU
KONYA-2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET	1
ABSTRACT.....	2
ÖNSÖZ	3
İÇİNDEKİLER	4
1. GİRİŞ.....	6
1.1. Çalışmanın Amacı	6
1.2. Coğrafik Durum.....	6
1.3. Ulaşım	7
1.4. Ekonomi	7
1.5. Kültür ve Turizm	7
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	11
3.1. Hazırlık Çalışmaları	11
3.2. Arazi Çalışmaları	11
3.3. Laboratuvar Çalışmaları.....	11
3.4. Sonuçların Değerlendirilmesi.....	11
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	12
4.1. Bölgesel Jeoloji	12
4.2. Stratigrafi.....	13
4.2.1. Eski Polatlı Formasyonu (Te).....	13
4.2.3. Boğazdere Formasyonu (Tb1)	13
4.2.4. Mezgit Formasyonu (Tmt)	14
4.2.5. İnsuyu Formasyonu (Tmi).....	14
4.2.6. Peçenek Formasyonu (Tpc).....	14
4.2.7. Tuzgölü Formasyonu (Qtu).....	14
4.2.8. Alüvyon (Qal).....	15
4.3. Paleocağrafya	17
4.4. Tuz Gölü Havzasının Evaporitleri.....	18
4.5. Hidrojeoloji	18
4.5.1. Doğal Dereler	19
4.5.2. Kuyular	20
4.5.3. Yeraltı Suyu Derinlikleri.....	21
4.5.4. Basınçlı Akiferler.....	21
4.5.5. Kaynak Suları	21
4.6. Jeokimya	22

4.6.1. Tuz Kabuğunun Jeokimyası	23
4.6.2. Tuz Gölü Taban Çökelinin Granülometrisi.....	25
4.6.3. Göl Suyu ve Çamur Tabakasının Jeokimyası.....	26
4.7. Oluşum	31
4.8. Elde Edilen Tuzun Fiziksel Özellikleri.....	33
4.9. Güneş Evaporasyonu	35
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	37
KAYNAKLAR	39
ÖZGEÇMİŞ.....	43

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışma 2012-2013 Eğitim-Öğretim döneminde Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans tezi kapsamında hazırlanmıştır.

Bu çalışmada 1/25.000 ölçekli topografik haritadan yararlanılarak inceleme alanının jeoloji haritasının yapılması, buna bağlı olarak jeoloji kesitinin çıkarılması, yörenin stratigrafisinin belirlenmesi, Tuz Gölü'nün Kaldırım mevkisinin ağır metal açısından kirliliğinin incelenmesi amaçlanmıştır.

1.2. Coğrafi Durum

İnceleme alanı Ankara İli Şereflikoçhisar ilçesinin güneyinden başlayan kuzeyde yer alan Koyuncu Kaldırım Tuz İşletmesini ve Bozan Köyünü birbirine bağlayan ana seddeye kadar olan alanı ve çevresini içine alan 70 km²'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1.1). Bölgenin batısında Şereflikoçhisar ilçesi, güneyinde Aksaray ili, kuzeyinde Ankara ve doğuda Kulu ilçesi yer almaktadır. Ankara-Şereflikoçhisar arası ulaşım E-90 karayolu ile sağlanmakta olup 57. Kilometresinde Şereflikoçhisar'a ulaşılmaktadır.

İnceleme alanı alçak ve düz bir topoğrafyaya sahiptir. Denizden yüksekliği 900 metredir.

Çalışma alanı denizlerden uzak ve kapalı olan Tuz Gölü havzasında karasal ve yarı kurak iklim hüküm sürmektedir. Kış ayları soğuktur. Ancak Tuz Gölü bölgeyi nispeten ılımanlaştırıcı bir faktör olarak etkilemektedir. DMI' una ait 35 yıllık sıcaklık-yağış verileri incelendiğinde havzada ortalama yıllık sıcaklık 11 C, ortalama yağış 370 mm olarak hesaplanmıştır. Yaz ayları sıcak ve kuraktır. Karasal iklim nedeniyle gece-gündüz sıcaklık farkları büyüktür. Tuz Gölü havzası İç Anadolu'nun en az yağış alan bölgesidir. Yağışlar ilkbahar ve kış aylarında toplanmışlardır. Ancak yüzey şekillerine bağlı olarak yağış miktarı farklı lokallerde değişiklik göstermektedir. Tuz Gölü havzası, karasal yarı kurak iklime bağlı olarak çorak ve yarı çorak çöl niteliğini taşımaktadır. Bölgede ormanlık alanlara hiç rastlanmaz. Ağaçlıkların gözlendiği kesimler doğuda Panlı-Ortaköy ve güneydoğuda Aksaray-Hasandağlar bölgesidir. Ayrıca Peçeneközü deresi ile batıda küçük sulu dereler boyunca az da olsa bitki örtüsü gelişmiştir. Bunun

dışında Cihanbeyli ve Obruk platoları bozkır (step) görünümündedir. Gölün batısında Tavşan ve güneyinde Eskiil çölleri ise tuzlu step veya tuzlu çöl niteliğini taşımaktadırlar. Tuz Gölü'nün güneyinde geniş tuzlu bataklıklar yer almaktadır. Gölün tuz kabuğu olmayan geniş kıyı kesimleri çorak bölge olarak nitelendirilmektedir.

1.3. Ulaşım

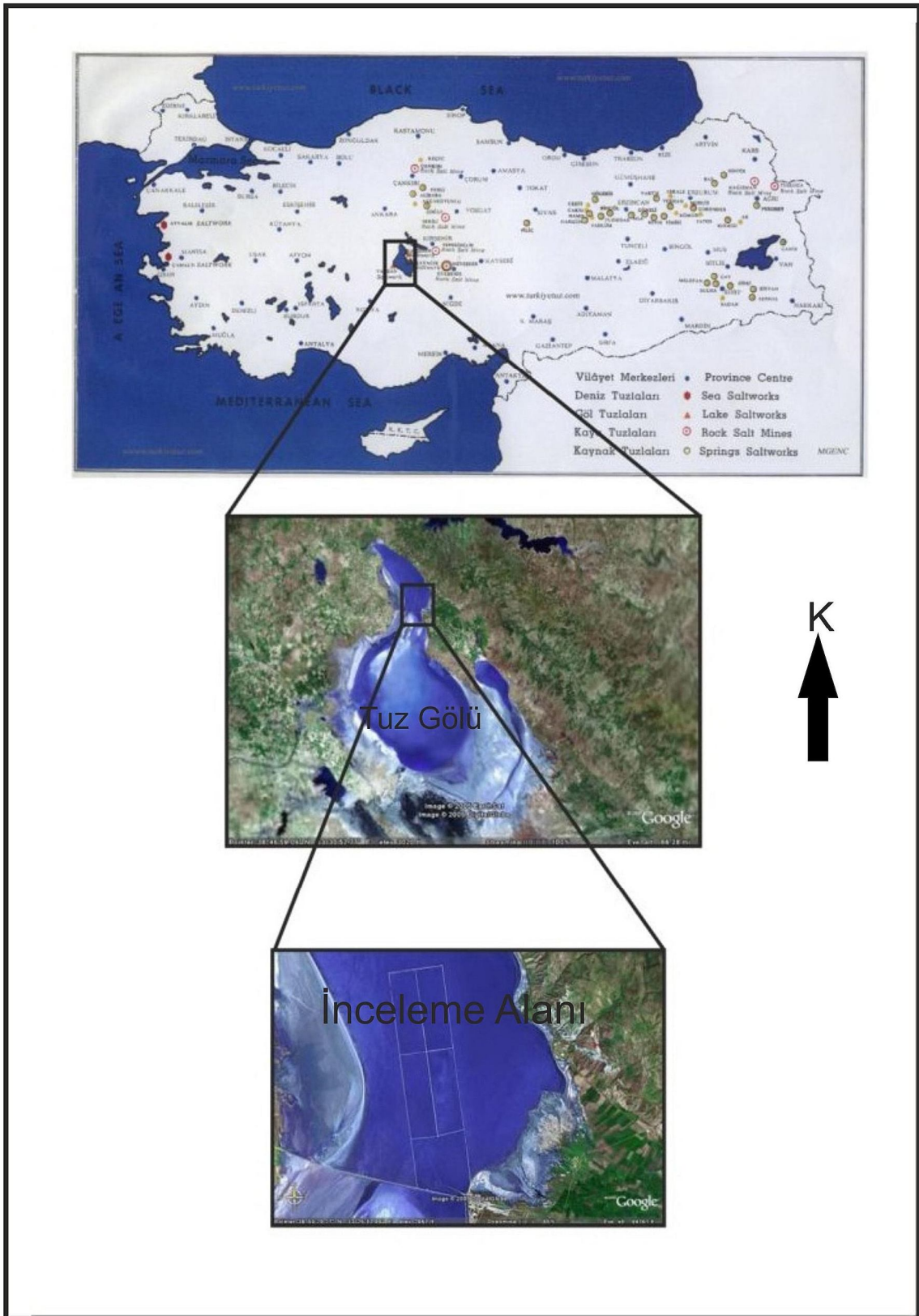
Şereflikoçhisar yurdumuzun en önemli yollarından biri olan E-90 Karayolu üzerinde olup, yoğun bir trafiğe sahiptir ve sınırları içerisinde 359 km yol ağı mevcuttur. Ankara iline 150 km. uzaklıktadır. Ayrıca Aksaray iline de 80 km uzaklıktadır.

1.4. Ekonomi

İlçedeki ekonomik faaliyetlerin başında tarım ve hayvancılık gelmektedir. Başta buğday, arpa, nohut, mercimek, kavun; sanayi ürünü olarak, ayçiçeği ve şekerpancarı ekilmektedir. İlçede ekilebilen arazi 100.000 hektar dolayındadır. Sulanabilen arazi çok azdır. Tarım kurak şartlarda gerçekleşmemektedir. İlçede tarım ülke şartları ölçüsünde makineleşmiş durumdadır. İlçede tarım ve hayvancılık beraber yürütülen iki geçim kaynağıdır.

1.5. Kültür ve Turizm

İlçede tipik Anadolu yaşantısı, örf ve gelenekleri aynen mevcuttur. Tuz Gölü, Hirfanlı Baraj Gölü turistik özellikler taşıyan mevkilerdir. Tuz Gölü kenarına kurulan tesisler, Şereflikoçhisar Belediyesine bağlı Aile Piknik Parkı, Hirfanlı Baraj Gölü kenarında ki balık lokantaları sosyal tesis ihtiyacını karşılamaktadır.



Şekil 1.1. Yer Bulduru Haritası (Ölçeksiz)

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Erol (1969), Türkiye’de ilk kez Tuz Gölü havzasının 1/100.000 ölçekte jeomorfoloji haritasını hazırlamıştır. Daha çok Miyosen ve Pliyosen yaşlı formasyonların ayırımı üzerinde çalışan yazar; göldeki potas tuzu olanaklarını da araştırmıştır. Yazar Tuz Gölü’nün Miyosen’den Üst Pliyosen’e kadar tatlı su gölü olduğu görüşündedir.

Çamur (1995)’a göre, Tuz Gölü'nün suyu, derin bölgede daha seyreltik olmak üzere Na-Cl tipi salamura sınıfına girmektedir. İyon konsantrasyonları çökelmekte olan halit, jips, aragonit ve kalsit minerallerinin değışikliğe uğrattığı evaporasyona bağı evrim eğilimleri sergilemektedirler. Ana göl bölgesinde çökeller esas olarak jips, huntit, manyezit ve polihalit minerallerinden oluşmaktadır. Derin bölgede ise, çökel mineralleri Mg-kalsit ve dolomittir. Gölden elde edilen veriler ile yapılan termodinamik doygunluk hesaplan; iyonlar-arası etkileşim ve iyon-birlikteliğini esas alan modellerin doğada gözlemlenen evaporit "minerallerinin çökelimini veya çözünümünü tespitite kullanılabileceğini göstermiştir. İyonik gücü molal ölçekte 1.35 den 8.5 a kadar değışen Tuz Gölü'nün sularında her iki modelin doygunluk hesaplama kapasiteleri benzer bulunmuştur. Bunlara ek olarak, söz konusu modellerin güncel çökeller ışığında daha önce çökelmiş minerallerin kökenlerini incelemede yararlı olabilecekleri gösterilmiştir.

Kılıç (2000)’a göre, Tuz Gölü, 1600 km²’lik alanı ile Türkiye’nin ikinci büyük dünyanın ise sayılı tuzlu göllerindendir. Gölde tuz üretimi Kaldırım, Kayacık ve Yavşan Tuzlularından buharlaştırma yöntemi ile yapılmaktadır. Tuz Gölüne (Konya-Türkiye) bölgedeki, sanayi, tesisleri ve yerleşim birimlerinin kanalizasyon atıkları direkt olarak boşaltılmaktadır. Bu durum Tuz Gölü ve tuz oluşumunu olumsuz olarak etkilemektedir. Tuz Gölü’nde tehlikeli olabilecek kirlilik kaynaklarının başlıcaları; DSİ Konya drenaj kanalı ile taşınan çeşitli bileşimlere sahip partiküller, yağ, gres, deterjan, pestisit, ağır metaller ve dışarıdan gelen fazla sudur. Bunun yanında Ulurmak, İncesu Deresi, Peçenek Deresi ve göl çevresindeki yerleşim birimleri, Tuz Gölü havzasını olumsuz olarak etkilemektedir. Ağır metaller belirli bir konsantrasyon değerine ulaştığında, tuzun kristal yapısına doğrudan girmekte ve tuzun kalitesini düşürmektedir. Bu çalışmada, ağır metal miktarlarını belirlemek amacıyla, Tuz Gölü’nden örnekler alınmış ve bu örneklerdeki ağır metal konsantrasyonu miktarı belirlenmiştir.

Uyanık (2001)’a göre, Tuz Gölü, 1600 km² lik alanı ile Türkiye'nin ikinci büyük dünyanın ise sayılı tuzlu göllerindendir. Gölde tuz üretimi Kaldırım, Kayacık ve Yavşan

Tuzlalarından buharlaştırma yöntemi ile yapılmaktadır. Tuz Gölü'nden üretilen tuz, Türkiye tuz ihtiyacının yaklaşık %70'ini karşılamaktadır. Peçeneközü Deresi, İnsuyu Deresi, Ulurmak, Cihanbeyli Göleti, DSİ Konya Drenaj Kanalı ve göl çevresindeki yerleşim birimleri Tuz Gölü havzasını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu çalışmada, Tuz Gölü'nde meydana gelen olumsuz etkiler araştırılmıştır.

Ekercin (2004) yaptığı çalışmada, bu makale Tuz Gölü'ndeki suyla kaplı alanlarda meydana gelen zamansal değişimin eş-zamanlı uzaktan algılama verileri ile analiz edilmesini konu almış ve bunlar iki aşamada gerçekleştirmiştir. Bunlar Eş-zamanlı yer ve uydu verilerinin birlikte analizi (2) Çok zamanlı LANDSAT uydu verileri ile zamansal değişim analizidir. Çalışmanın ilk aşamasında, Tuz Gölü ve yakın çevresinde ayrıntılı bir arazi çalışması yapmış ve LANDSAT-5 uydusunun 16.05.2005 (saat:10:31) tarihindeki üst geçişiyle eş-zamanlı olarak ve yer koordinatları el tipi GPS ile belirlenen noktalarda yersel spektrometre ölçmeleri gerçekleştirmiştir. Uydu görüntülerinin işlenmesi aşamasında geometrik ve radyometrik düzeltme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Geometrik düzeltme işlemi ile tüm uydu görüntüleri UTM (Universal Transverse Mercator) projeksiyon sistemine (36. Dilim) referanslandırılmıştır. Bu işlem esnasında karesel ortalama hata (KOH) tüm uydu verileri için $\pm 0,5$ pikselin altında bulunmuştur. Daha sonraki aşamada ise uydu verilerini yersel spektrometre ölçmeleri ile karşılaştırılabilir hale getirmek amacıyla radyometrik düzeltme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada, LANDSAT-5 TM uydu verisine ait parlaklık değerleri öncelikle radyans, daha sonra reflektans değerlerine dönüştürülmüştür. Radyometrik düzeltme işlemi sonrasında LANDSAT-5 TM uydu verisinden ve eş-zamanlı yersel spektrometre ölçmeleriyle elde edilen yansıma değerlerinin yüksek korelasyona ($0.84 < R^2 < 0.97$) sahip oldukları belirlenmiştir. Daha sonraki aşamada, çok zamanlı LANDSAT-5 uydu verileri ile zamana bağlı değişim analizi gerçekleştirilmiş ve Tuz Gölü'ndeki suyla kaplı alanların 1990-2005 yılları arasında 1/3 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Göl çevresinde su kaynaklarının kullanımının kontrol altına alınması ve gölün (en az yılda bir kez olmak üzere) güncel uzaktan algılama verileri ile düzenli olarak izlenmesi önerilmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Kaldırım Tuz İşletmesi-Şereflikoçhisar-Ankara civarında yapılan bu incelemede, çalışmalar; hazırlık, arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve bunların değerlendirilmesi başlıklarında toplanabilecek dört ana bölümde yapılmıştır.

3.1. Hazırlık Çalışmaları

İnceleme alanı ve yakın çevresinde yapılmış olan önceki çalışmalar derlenerek, yörenin jeolojisi ve tuz gölü jeokimyası konusunda literatür taraması yapılmıştır. Bu esnada arazi için gerekli hazırlık yapılmıştır.

3.2. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmalarında sırasında 70 km² olan inceleme alanınının 1/25000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmıştır. Yöredeki birimlerin litolojik özelliklerine göre sınırları formasyon mertebesinde incelenmiş ve haritaya işlenmiştir. Arazi çalışmaları kapsamında analiz yapılmak üzere 6 noktadan su numunesi alınmıştır. Ayrıca analiz yapılmak üzere 2 adet çamur örneği, 2 adet katı numune örneği alınmıştır. Ağır metalin üretilen tuz ile karşılaştırılması yapılmak üzere sahada depolanan tuz istifinden de 1 adet numune alınmıştır.

3.3. Laboratuvar Çalışmaları

Arazi çalışmaları neticesinde alınan su numuneleri ve kayaç numunelerin kimyasal analizlerinin Kaldırım Tuz İşletmesi bünyesinde bulunan laboratuvarında titrasyon yöntemi ile analizleri yapılmış, ayrıca bazı analizlerin yapılması için özel bir firma ile irtibata geçilerek numuneler buraya gönderilmiştir. Alınan çamur numuneleri kimyasal analiz için Acme (Kanada) şirketinin laboratuvarına gönderilmiştir.

3.4. Sonuçların Değerlendirilmesi

Bu aşamada arazi, büro ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen bulgular değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Bölgesel Jeoloji

Proje alanı olan Tuz gölü havzası, çaprazvari yapısal bir depresyon içinde yer alan KB-GD yönlü karalar arası bir havzadır. Kuzeyinde Ankara yükselimi, doğusunda Kırşehir masifi olan Kırşehir Kristalin Kompleksi, Güney ve Güneybatıdan Orta Toroslarda bulunan Bolkardağları Birliği ve batısında Sivrihisar-Bozdağ masifi ile çevrelenmiştir. Tuz Gölü havzasında, yaşı Üst Kretase'den günümüze kadar değişen 10 km' ye kadar varan kalınlıkta istiflenme söz konusudur. Havzanın derin kısımlarında genel olarak fliş karakterli birbirleriyle yanal ve düşey yönde ilişkide bulunan şeyl, kumtaşı, çakıltası ve kireçtaşları gibi birimler çökelerken kenar kısımlarında ise karasal ve sığ denizel birimlerin çökeldiği araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur. Sığ denizel ve karasal ortamlarda yüksek enerji ürünü olan konglomera ve kumtaşları çökelmiş olup sakin dönemlerde şeyl, kireçtaşı, jips ve anhidritler oluşmuştur (Görür ve diğ., 1984).

Tuz gölü havzasında subsidans Üst Senoniyen-Alt Orta Eosen süresince meydana gelmiş ve bunu Üst-Orta Eosen'de başlayan ve Oligosen sonlarına kadar devam eden regresyon takip etmiştir. Üst Senoniyen-Alt Orta Eosen süresince Tuz gölü havzası Haymana bölgesiyle kuzeybatıya doğru tek ve devamlı bir depresyon oluşturmuştur. Orta Eosen Nummulitik kireçtaşlarının depolanmasından sonra Tuz gölü havzası, yükselen Haymana havzasından Karacadağ yükseliminin doğu kenarı boyunca uzanan bir fay zonu ile ayrılmıştır. Kuzey-kuzeydoğuya doğru Çankırı havzasıyla bağlantısı Paleosen devrinde meydana gelmiş ve Tuz gölü havzasının KB-GD yönlü fay zonlarıyla sınırlanmış bir graben halini alması Orta Eosen-Oligosen boyunca devam etmiştir. Oligosen sonlarında veya Miyosen döneminde meydana gelen esas deformasyondan sonra, Neojen esnasında yer yer depolanma havzaları oluşmuş ve bu havzalarda değişik kalınlıkta volkaniklerle göl kireçtaşları dahil karasal sedimentler birikmiştir. Tuz gölü havzası Pliyosendeki son Alpin kompresyonel sıkışma hareketlerden hafif etkilenmiştir. Neojen'de meydana gelen ve Pleyistosen'e kadar devam eden ekstansiyonel gerileme hareketleri tarihi devirlere kadar uzanan volkanik faaliyetlere sebep olmuşlardır (Görür ve diğ., 1984).

4.2. Stratigrafi

İnceleme alanının kuzey ve kuzeydoğusunda Mezgit formasyonuna ait kumtaşı ve Peçenek formasyonu ait kumtaşı, çakıltaşı yer almaktadır. Doğuda ise Boğazdere Formasyonuna ait jips ve anhidrit yer almaktadır. İşletmenin batısında ise İnsuyu formasyonuna ait gölssel çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı ve kireç taşı ardalanması ile beraber Eski Polatlı formasyonuna ait kireçtaşı, marn yer almaktadır (Ek-1).

4.2.1. Eski Polatlı Formasyonu (Pe)

Formasyon kaba taneli kumtaşı, ince çakıllı ve kırmızı-yeşil renkli kıltaşı ve siltaşlarından oluşmuştur. Bu formasyona ilk kez Rigo ve Cortesini (1960), 'Eskipolatlı formasyonu' adını vermiştir. Eskipolatlı formasyonu, sarı renkli, ince-orta taneli, derecelenmeli, karbonat çimentolu, orta-kalın katmanlı kumtaşı ile yeşil renkli, ince-orta katmanlı şeyl ardalanmasından oluşmuştur. Birimin tabanı görülemediğinden kesin kalınlığı bilinmemektedir. Litoloji özellikleri ve fosil kapsamına göre birim Alt Paleosen-Orta Eosen yaşlıdır (Ulu, 1994).

4.2.2. Boğazdere Formasyonu (Pb)

Atabey ve diğ. (1982) tarafından adlandırılmıştır. Genel litoloji jips katkılı çamurtaşı, kıltaşı ile anhidrit ve jips ardalanımı şeklindedir. Anhidrit ve jipsler denizel birimlerin aşınma yüzeyleri ve yamaçlarını doldurmuş izlenimini verirler. Kalınlığı bilinmemektedir. Birimin yaşını, Arıkan (1975), Uygun ve diğ. (1982) Üst Eosen-Oligosen kabul etmişlerdir. Boğazdere formasyonunun yaşı, alt ve üstündeki birimlerle ilişkisi dikkate alınarak Üst Eosen-Oligosen kabul edilmiştir (Atabey,1982 ve Arıkan, 1975).

4.2.3. Mezgit Formasyonu (Pm)

Genelde karasal kıvrıntılılardan oluşan kırmızı bir klastik istifdir. Birim tabanda regresif çakıldaşları ile başlamaktadır. Bu çakıldaşları kalın tabakalı merceksel yapılı ve ofiyolit kökenlidir. Çakıldaşları üzerine jips oturmaktadır. Kurak çöl iklimi koşullarında oluşan kırmızı klastikler ve evaporitler bu birimin başlıca çökelleridir. Mezgit formasyonunun yaşı, alt ve üstündeki birimlerle ilişkisi dikkate alınarak Alt-Üst Oligosen kabul edilmiştir (Arıkan, 1975).

4.2.4. İnsuyu Formasyonu (Ni)

Beyaz, gri renkli kalın-orta katmanlı gölsel kireçtaşı, marn, çakıldaş, kumtaşı, kıltaşı ve yer yer volkanik ara katkılardan oluşan birim, Ulu ve diğ. (1994) tarafından İnsuyu formasyonu olarak adlandırılmıştır. Formasyon genellikle ince marn ve kil ara katmanlı kireçtaşları ile temsil edilir. Kireçtaşları, beyaz, gri renklidir. Birimin yaşı Üst Miyosen olarak kabul edilmiştir (Ulu, 1994).

4.2.5. Peçenek Formasyonu (Np)

Formasyon çakıldaş, teknesel çapraz tabakalı, gevşek tutturulmuş, orta ince tabakalı kumtaşı, marn ile siltaşından oluşmaktadır. Tabanda Oligosen yaşlı birimlerle uyumsuzdur. Peçenek formasyonunu yaşı Üst Miyosen – Pliyosen'dir. Alüvyal yelpaze, örgülü akarsu ve göl ortamında depolanmıştır (Ulu, 1994).

4.2.6. Tuzgölü Formasyonu (Nt)

Birbirine yatay ve düşey yönde geçişli, çoğu zaman gevşek tutturulmuş, kum, kil, çakıl ve karbonatlı çökellerden oluşan birim, Ulu ve diğ. (1994) tarafından Tuzgölü formasyonu olarak adlandırılmıştır. İklimsel-mevsimsel değişmelere bağlı olarak, Tuzgölü formasyonu çökellerinde farklılıklar gözlenmektedir. Bazen gölsel, bazen bataklık ortam, bazen de buharlaşma ve kuraklaşmaya bağlı çökelleri birbirleri ile yatay ve düşey geçişli olarak izlemek olasıdır (Ulu, 1994).

Göl kenarlarında yüzey sularının biriktiği, yüzey sularının çekemediği alanlarda oluşan, koyu gri renkli, karbonatlı kil ve yumuşak karbonattan oluşan birim, Ulu ve diğ. (1994) tarafından Bataklık üyesi olarak adlandırılmıştır. Özellikle Yeşilova batısında

Yeşilova doğusunda yayılım gösterir. Tuzgölü formasyonunun diğer üyeleri ile yanal ve düşey geçişli olarak gözlenirler. Bu nedenle birimin yaşı Pliyosen olarak kabul edilmektedir (Ulu, 1994).

4.2.7. Alüvyon (Qal)

Tutturulmamış ya da yarı tutturulmuş çakıl, kum ve siltlerden oluşan alüvyon çökelleri, İnsuyu Deresi boyunca ve bazı ufak dereler boyunca görülür. Üzerinde yer aldığı birimlerle aşındırmalı bir taban ilişkisine sahiptir. Yaşı, stratigrafik ilişkilerine göre Holosen olmalıdır ve oluşumunu sürdürmektedir (Şekil 4.1).

4.3. Paleocağrafya

Tuz gölü havzasında incelemeye konu olan çökeltme Maastrichtiyen 'de başlamıştır. Maestrichtiyen öncesinde bölgenin genelde ılık ve sıcak bir karbonat platformu olduğu ve Jura-Alt Kretase boyunca çökeltmenin sürdüğü sanılmaktadır (MTA Tuz Gölü Havzası Projesi Cilt-2 Jeoloji Raporu, 1976).

Üst Kretase (Maastrichtiyen) de Tuz Gölü havzasının büyük bölümü karasal fasiyeste iken kuzeyde Haymana'da derin deniz yer almaktadır. Yine Maestrichtiyen'de havzanın muhtemelen Koçhisar-Aksaray fayı boyunca çökmesi ile deniz gerek kuzeyden gerek güneyden havzayı istila etmiştir. Bu dönem Rudist resifli ve Orbitoidesli Asmaboğazı formasyonunun karasal kırıntılar ve evaporitlerden oluşan Kartal formasyonunun üzerine gelmesi ile belirgindir (MTA Tuz Gölü Havzası Projesi Cilt-2 Jeoloji Raporu, 1976).

Paleosen'de denizel fasiyes tüm havzada egemendir. Özellikle Alt Paleosen'de doğu ve batı kıyılarında alg resifleri gelişmiştir. Havzanın iç kesimlerinde ise hızlı bir türbidit sedimantasyonu sürmektedir. Haymana havzasında resifler daha belirgindir ve güneye doğru yersel regresyon gözlenmektedir (MTA Tuz Gölü Havzası Projesi Cilt-2 Jeoloji Raporu, 1976).

Türbidit çökeli mi havzanın ancak iç kısımlarında sürmüştür. Lütesiyen'de ise kuzeyden Haymana havzasından güneye ve doğuya doğru deniz çekilmiştir. Lütesiyen sonunda denizin güneye doğru tümüyle çekilmesiyle başlayan karasal koşullarda Tuz Gölü havzası bir dağ arası çanaklar topluluğuna dönüşmüştür. Kurak koşullardaki bu dönemde karasal kırıntılılar ve yersel evaporitler gözlenmektedir (MTA Tuz Gölü Havzası Projesi Cilt-2 Jeoloji Raporu, 1976).

Orta Miyosen'de İç Anadolu tümüyle yükselmiştir. Üst Miyosen'den itibaren havzanın orta ve batı bölümleri bir tatlı su gölü niteliğindedir. Pliyosen başlarında doğuda çöken Peçenek havzası akarsu fasiyesinde kırıntılılarla doldurulmaktadır. Miyosen - Pliyosen sınırında kuzeybatıda Karacadağlar, güneyde Hasandağlar volkanizması başlamıştır. Bu volkanik katkılar gerek gölsel ve gerekse akarsu çökellerinin içinde gözlenebilmektedir (MTA Tuz Gölü Havzası Projesi Cilt-2 Jeoloji Raporu, 1976).

4.4. Tuz Gölü Havzasının Evaporitleri

Tuz Gölü havzasında yapılan yüzey jeolojisi çalışmalarında 7 ayrı dönemde evaporit oluşumu saptanmıştır.

Maestrichtiyen :

Havzanın doğusunda Kartal formasyonu içinde Asma Yayla dolayında Jips gözlenmektedir.

Paleosen :

Koçhisar güneyinde Kaleninözü dere dolaylarında Çaldağ ve Kırkkavak formasyonlarının geçişinde jipse rastlanmaktadır.

Lütesiyen:

Tuz Gölü havzasında yüzeyleyen en yaygın evaporitler bu yaşta olanlardır. Batıda Yeniceoba, kuzeyde Paşadağ ve doğuda Koçhisar'dan Hanobası'na kadar olan kuşakta kalınlığı yer yer 100 m. yi aşan jips uzanır.

Üst Eosen-Oligosen:

Mezgit gurubunun içinde yer alan evaporitler bu gurubu oluşturur. Bunlar playa tipi ortamlarda kırmızı, karasal klastiklerle girik olan merceksele evaporitlerdir.

Üst Oligosen-Alt miyosen :

Şihkuyusu formasyonu içinde yer alan ince jips tabakaları kuzeyde Bala havzasındaki denizel Alt Miyosene bağlanmaktadır.

Pliyosen:

Bu dönemde Miyosen'e göre daralan ve kapalı havza niteliğini koruyan Tuz Gölü'nde kurak iklim koşullarında gölün batısında jipsli killer, güneybatıda ise sığ kuyularda rastlanan jipsli marnlar oluşmuştur.

Güncel Evaporitler:

Günümüzde Tuz Gölü'nde halit(tuz) ve jips, Bolluk ve Gez (Tersakan) göllerinde ise sodyum sülfat (mirabilit) çökmesi sürmektedir (MTA Tuz Gölü Havzası Projesi Cilt-2 Jeoloji Raporu, 1976).

4.5. Hidrojeoloji

Tuz Gölü havzasının yağış alanı yaklaşık 18000 km² kadardır. Bu alanı çevreleyen yerüstü su bölümü sınırı havzanın kenarındaki tepe ve dağ sınırlarının doruklarından geçmektedir. Dışarıya akıntısı olmayan 905 m seviyesindeki Tuz Gölü'nün su yüzeyi mevsimlere göre 1200 - 1960 km² arasında değişmekle birlikte

ortalama 1660 km² kadardır. Kaldırım Tuzlasının bulunduğu Ana şedde ile bölümlenmiş kuzey sahası ise yaklaşık 170 km² olup bu alanın 110 km² sinde tuz oluşabilmektedir.

Gölün kış derinliği kuzey bölgesinde 50-80 cm arasında değişmekle birlikte Göl genelinin ortalama derinliği 30-50 cm civarındadır.

Tuz Gölü'nde "Rüzgar Süpürmesi" adı verilen ani su seviye değişimleri olmaktadır. Rüzgarın göle giriş yaptığı bölgedeki sular rüzgar etkisiyle adeta süpürülmekte ve rüzgarın gölden çıkış yaptığı bölgede toplanmaktadırlar. Bu durum havzada hakim olan Poyraz ve Lodos rüzgarlarının sert estiği dönemlerde çok bariz bir şekilde görülmektedir. Örnek olarak 30 cm seviyesindeki suyu Ana sedde güney kıyısına yaslanan ana göl bölgesinin suyu sert esen ve 1-2 gün süren Poyraz rüzgârı ile süpürülerek yüzlerce kilometrelerce güneye itilmektedir. Süpürülen alanda hiç su kalmamakta tuz zemin açığa çıkmaktadır. Ters bir durumda ise Lodos rüzgârına maruz kalan bölgede ana göl bölgesinin suyu kuzeydeki ana seddeye yaslanmakta ve seviye bakımından ani artışlara neden olmaktadır.

Özellikle Kaldırım Tuzlası havuz ve üretim sahalarında ihtiyaç duyulan veya ihtiyaç fazlası olarak deşarj edilmesi gereken göl suyu rüzgâr etkisi nedeniyle ana sedde üzerindeki köprü kapaklarından ve havuzlardaki su menfezlerinden şarj veya deşarj edilmektedir.

Havzada önemli bir yer altı suyu hareketi olmamakla birlikte, bu hareketin boyutlarını tespit etmek mümkün olmamaktadır. Buna karşın yer altı suyunu besleyen havzanın sınırlı büyüklükte olması nedeniyle, akım miktarını sabit kabul etmek yanıltıcı olmayacaktır. Bölgedeki kuyuların su seviyelerinde yıldan yıla önemli değişiklik olmaması da bu görüşü teyit etmektedir. Göl çevresindeki akarsular, doğal dereler ve insan yapısı DSİ drenaj kanalı olmak üzere iki ayrı grupta ele alınabilir. Doğal dereler ise göle ulaşamayanlar ve ulaşanlar olarak iki ayrı kategoride ele alınabilir (DSİ,1975).

4.5.1. Doğal dereler

4.5.1.1. Göle ulaşamayan dereler

Bölgede havzayı çevreleyen kenar yükseltilerden doğan, kış ve bahar aylarında önemli su taşıyan, yazın ise suyu azalan hatta kuruyan küçük ve orta büyüklükteki dereler mevcuttur. Bu derelerin suları göle kadar ulaşamaz. Çevredeki ova alüvyonlarına ulaştıktan sonra bu çökeller içerisine sızarak kururlar. Kısmen kaynaklardan ve kar-yağmur sularından beslenirler.

Bu derelerin debileri 1 lt/sn - 600 lt/sn arasında değişmektedir. İnsuyu, Değirmenözü, Pazarönü,, Hamamboğazı ve Eşmekaya dereleri önemli olanlarıdır.

4.5.1.2. Göle dökülen akarsular

Tuz Gölü havzası içerisinde sularını doğrudan Tuz Gölü'ne boşaltan akarsu sayısı sınırlıdır. Bunlar Ulurmak deresi, Peçeneközü deresi ve DSİ Drenaj kanalıdır.

Ulurmak deresi Melendiz suyu adı ile havzanın güneydoğusundaki çiftlik yöresinden doğar, Aksaray yöresinde Ulurmak adını alır ve Tuz Gölü'ne güneydoğudan dökülür. Bu dere üzerinde DSİ'nin inşa ettiği Mamasın barajı vardır.

Ulurmanın debisi, barajın kontrolünde olup barajdan bırakılan su miktarı yıllara göre farklılıklar göstermektedir. Melendiz çayının yıllık ortalama akımı 155 milyon m³ dür. Bu miktarın baraj inşasından önce yaklaşık 124 milyon m³ ü Göle ulaşmakta iken, baraj inşasından sonra bu miktar 21 milyon m³ e kadar düşmüştür.

Peçeneközü deresi ise Ekecik dağlarının batısından doğmakta olup, kuzeybatıya çizgisel bir yatak içerisinde aktıktan sonra Şereflikoçhisar'dan geçerek, Kaldırım Tuzlası üretim sahalarının bulunduğu kuzey göl bölgesine dökülür. Bol miktarda su akıtan drenin debisi yaklaşık 1,2 m³/sn'dir. 2011 yılı itibariyle de bu dere önüne baraj yapılarak göl ile olan bağlantısı kesilmiştir (DSİ,1975).

4.5.2. Kuyular

Tuz Gölü havzasında çeşitli amaçlarla açılmış çok sayıda sondaj kuyusunun yanı sıra pek çok sayıda elle açılmış adi kuyu mevcuttur.

Sondaj kuyuları çoğunlukla DSİ tarafından açılmış olup derinlikleri 12,75 m. den 332 m'ye kadar değişmektedir. Ayrıca havzada petrol aramaları için TPAO tarafından açılan birkaç adet derin sondaj kuyusu da mevcuttur.

Kuyular özellikle havzanın iç kesimlerinde göl çevresini oluşturan Kuvaterner yaşlı ova alüvyonlarının ve bu ovaları alçak düzlükler olarak çevreleyen Pliyosen serileri içinde toplanmışlardır. (MTA, 1978).

4.5.3. Yeraltı Suyu Derinlikleri

Tuz Gölü'nü çeviren alüvyon düzlüklerin göle yakın kısımları, su tablasının yüzeye kadar çıkması veya yüzeye çok yakın olması sonucu bilhassa kış ve ilkbahar aylarında bataklıklar halindedir. Bu tür bataklık yüzeyler Tuz Gölü'nün güney ve batısında geniş alanlar kaplar. Buna karşın gölün uzak çevresindeki alüvyonlarla Tersiyer serileri içindeki kuyularda gözlenen yeraltı suyu 15 m. ye hatta zaman zaman daha derinlere inmektedir. Sultanhanı güneyinde yeraltı su tablasının 70 m. kadar derinde bulunduğu kuyular tespit edilmiştir (MTA-1978 Ara Raporu).

4.5.4. Basınçlı Akiferler

Tuz Gölü havzasında serbest birinci akiferler dışında, basınçlı akiferlerin de bulunduğu saptanmıştır. Aksaray batısında 80-90 m. lik sondaj kuyularında su artezyen yapmıştır. Birçok artezyen kaynağı Tuz Gölü batısında Neojen çökelleri sahasında yüzeye çıkmaktadır. Bunların suları CaHCO_3 bakımından zengindir (MTA, 1978).

4.5.5. Kaynak Suları

Tuz Gölü havzasında pek çok kaynak mevcuttur. En önemli kaynaklar, Sultanhanı ve Eşmekaya Kaynakları, Helvadere, Pınarbaşı, İnsuyu, Böğrüdilik, Celilboğazı kaynaklarıdır. Debileri 5 lt/sn ile 120 lt/sn arasında değişmektedir (MTA, 1978).

4.6. Jeokimya

Tuz Gölü'nde su kimyası derinlik bakımından farklılık göstermekle beraber, ortalama iyon miktarları Çizelge 4.1de verilmiştir

Çizelge 4.1. Tuz gölünün ortalama su kimyası (Uyanık, 2001)

	Kaldırım Bölgesi
Na⁺	42,5 gr/lt.
K⁺	0,4 gr/lt.
Ca⁺	0,6 gr/lt.
Mg	1,6 gr/lt.
Cl⁻	70,0 gr/lt.
SO₄⁻	4,5 gr/lt.
HCO₃⁻	0,1 gr/lt.
SO₃	0,05 gr/lt.
Ph	8,3-8,7
SiO₂	Ölçülmedi
B	20-25 ppm
Br	30 ppm
Li	16 ppm
Sr	15 ppm
F	0,1 ppm
I	0,5 ppm

Yaz aylarında NaCl çökmesi nedeniyle sodyum miktarında azalma olmaktadır. Aynı şekilde jips CaSO₄ x 2H₂O çökmesi sonucu Ca miktarı da azalmaktadır (Çizelge 4.2.). Buna karşılık Haziran-Eylül döneminde yoğun buharlaşmadan ötürü çökelmeyen K, Mg, B, Br ve Li sürekli çözeltilde zenginleşmektedir (MTA Tuz Gölü Havzası Projesi Cilt-2 Jeoloji Raporu, 1976).

Tuz Gölü'nde ana hatlarla suları farklı bileşimde iki bölge ayrılabilmeyle birlikte bazı etkenler suyun bileşiminde yersel oynamalara yol açmaktadırlar. Örneğin sağnak halinde düşen bir yağış, bunun getireceği sellenme, kuvvetli bir rüzgarla suyun yer değiştirmesi, günlük sıcaklık farkları, buharlaşma gibi meteorolojik, farklı jeolojik yapıdaki bölgelerden farklı yeraltı ve yerüstü suları ile beslenme gibi hidrojeolojik etkenler de değişimlerin başlıca nedenleridir. Ana göl bölgesinde tuzluluk homojen bir yapı gösterir ve kış aylarında dahi 20 Bomenin altına düşmez. Kuzeyde Kaldırım Tuzlasının üretim alanlarının bulunduğu sahada, ani sağanak yağışların görüldüğü Şubat-Nisan aylarında Peçenek deresinin yüksek debili akım yaptığı dönemlerde zaman

zaman 1-2 gün gibi kısa süreler için bomenin 14 Be 'ye kadar düşebildiği tespit edilmiştir. Bomenin bu kısa süreli düşüşü nedeniyle normalin ötesinde tatlılaşan göl suyu temas ettiği tuz kabuğunu hızla eriterek yeniden 20 Be ve daha yukarı seviyelerdeki tuzluluğa kısa sürede ulaşır (Uyanık, 2001).

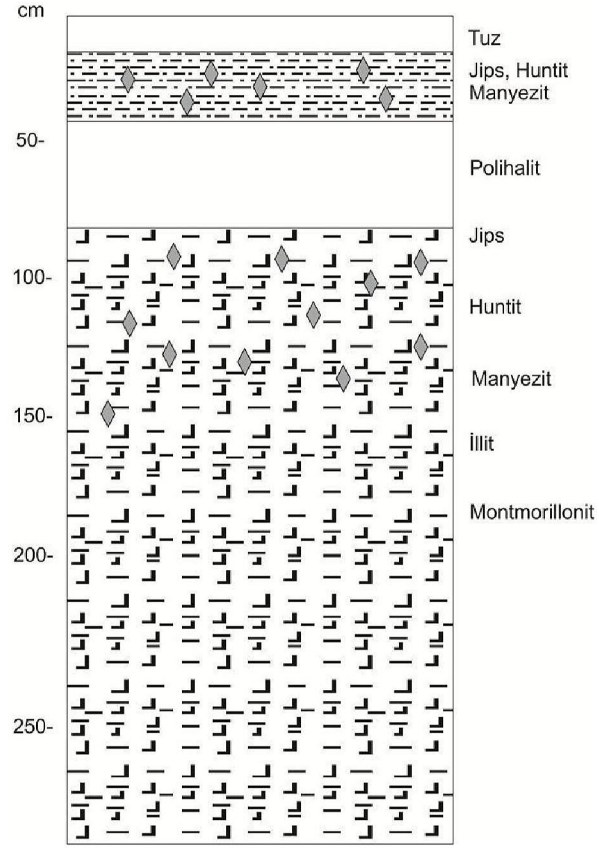
Gölde mevsimlere bağlı olarak su yüksekliği değişmektedir. Buharlaşmanın az olduğu kış dönemlerinde su seviyesi yaklaşık 30-40 cm seviyesinde değişmektedir. Buharlaşmanın yoğun olduğu yaz dönemlerinde ise göl yüzeyinin genelinde su bulunmamakta kot olarak düşük olan bölgelerde su birikintileri gözlemlenmektedir. Üretim dönemine hazırlık kapsamında gölün çeşitli noktalarından alınan su numunelerinin analizi periyodik olarak yapılmakta ve suyun iyon değişimi izlenmektedir. Bu değişimlere göre üretim bölgelerine su alınmakta veya tahliyesi yapılmaktadır.

Cizelge 4.2. Göl yüzeyindeki suyun mevsimsel olarak iyon değişimi.

	2011 Haziran	2011 Eylül	2011 Kasım	2011 Aralık	2012 Şubat	2012 Nisan	2012 Mayıs	2012 Haziran	2012 Eylül	2012 Kasım
Na ⁺ (g/lt)	90	115	118	120	110	108	96	70	105	114
K ⁺	1,21	,49	2,53	1,2	0,88	0,81	0,63	0,75	3,1	1,8
Ca ⁺	0,03	0,14	0,51	0,68	0,97	1,0	0,6	0,13	0,9	0,8
Mg ⁺	3,1	5,3	7,2	3,2	2,1	2,3	1,7	2,5	8,4	5,3
CO ₃ ⁻	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HCO ₃ ⁻	0,1	1,4	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,4	0,2
Cl	162	184	191	183	196	175	179	140	185	189
SO ₄ ⁻	7,9	8,2	13,9	7,3	6,3	6,4	4,5	6,8	16,8	12,3
B (mg/lt)	45	30	113	38	32	21	35	38	39	40
Br (mg/lt)	94	43	322	126	88	28	42	66	45	187
Li (mg/lt)	60	62	38	49	57	62	63	75	50	42
Ph	7,3	7,1	7,4	7,6	7,5	7,1	7,5	7,4	7,3	7,2

4.6.1. Tuz kabuğunun jeokimyası

Tuz Gölü'nün 1200 km² lik ana göl bölgesinde her yıl tuz kabuğu oluşmaktadır. Bir yılda oluşan tuz kabuğu ortalama 8 cm kalınlığındadır. Bir çökelim yılında meydana gelen tuz kabuğu kış aylarında göl suyunun tatlılaşmasına bağlı olarak tamamen veya kısmen eriyebilir. Göl suyunun normalden daha az tatlılaştığı yıllarda erimeyerek kısmen korunan tuz kabuğu bir sonraki yılın tuz kabuğunun altında kalmakta ve Tuz Gölü' nün tahta tabakasını oluşturmaktadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Ana Göl bölgesindeki tipik istif

Tuz kabuğunun kalınlığı kıyıda iç kesimlere doğru 1-30 cm arasında değişmektedir (Çizelge 4.3). Kaldırım Tuzlasının bulunduğu kuzey sahasında 1976-1984 yılları arasında yapılan incelemelerde çökelen tuz kalınlığı aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Uyanık, 2001).

Çizelge 4.3. Tuz Gölü kuzey sahası güncel tuz kalınlığı (O. Ergun, 1988)

Yıl	Ay	Yıllık Tuz Çökelimi (cm)
1976	Eylül*	6
1977	Ekim*	8
1978	Eylül*	8
1982	Eylül*	7
1983	Ekim*	6
1984	Eylül*	8
2010	Eylül	7
2011	Ekim	9
2012	Eylül	7
2013	Ekim	8

Tuz kabuğunun ortalama bileşimi;

- % 97 NaCl
- % 1,5 S₀₄
- % 0,5 Ca
- % 1,0 Suda erimeyen madde (Kil, kum v.b.) Tuz kabuğunun az miktarda içerdiği elementler ise:
 - K 30 ppm
 - Br 3 ppm
 - B 5 ppm
 - Sr 3 ppm
 - Mg 50ppm
 - Li 12 ppm dir (Uyanık, 2001).

4.6.2. Tuz gölü taban çökelinin granülometrisi

Tuz Gölü'nün taban çökeli aslında bir siltdir. Taban çökelinin en üstündeki 1-2 cm kumca zengindir. Kıyı kesimlerde kumlu düzeyler daha egemendir. Taban çökelinin tane boyu analizlerinden elde edilen sonuca göre dağılım aşağıdaki gibidir.

Kum	> 63 mikron	
Kabasilt	20-63 mikron	~ %2
Orta silt	6,3-20 mikron	% 26
İnce silt	2-6,3 mikron	% 62
Kil	<2 mikron	% 10

Kaldırım Tuzlasının bulunduğu kuzey bölgesinde NaCl'nin yanı sıra oluşan evaporit mineralleri jips, anhidrit, dolomit, manyezit, sölestin ve huntitdir (Ergun, 1988).

Kaldırım Tuzlasının bulunduğu alandaki toplam yıllık tuz kalınlığı yaklaşık 30 cm kadardır. Bu kalınlık evaporasyon ve çökelim miktarına bağlı bazı yıllar birkaç cm artmakta, göl suyunun tatlılaşmasına bağlı olarak da bazı yıllar birkaç cm azalabilmektedir.

Tuz Gölü dışarıya akıntısı olmayan bir havza özelliğindedir. Bu durumda göldeki güncel tuz oluşumu ve tuz üretimi, esas olarak havzaya su girişi ve buharlaşma dengesine bağlı olarak gerçekleşmektedir. Kış ve ilkbahar aylarında göle yağışlar, yerüstü ve yer altı suları olarak giriş yapan bol miktarda su, göl tabanındaki tuz tabakasını üstten başlayarak eritmektedir. Erime son bir yılın tuz tabakasının tamamen veya kısmen, bazen de son ikinci yılın tuz tabakasının kısmen erimesine yol açacak kadar ileri boyutta gerçekleşebilir. Yaz aylarında ise tuza doymun suyun buharlaşması sonucu tuz kristallenerek tabana çökmekte ve tuz üretimi de çökelen tuzun sıyırılması suretiyle yapılmaktadır.

4.6.3. Göl Suyu ve Çamur Tabakasının Jeokimyası

Kaldırım Tuzlasının havuz ve açık göl üretim alanlarının yer aldığı kuzey göl bölgesinin su kimyası, ana göl bölgesi su kimyası ile çok yakın benzerlik gösterir ve homojen bir yapıya sahiptir. Kuzey bölgesinde de göl suyunun birim hacimde 300 gr/lt nin üzerinde erimiş madde bulunmaktadır.

Kuzey göl bölgesinin kış derinliği maksimum 60-80 cm olup Bome genellikle 20 Bome'nin altına düşmez. Şubat-Nisan döneminde ani sağanak yağışlar neticesinde 1-2 günlük kısa süreler için göl suyunun 14Be'ye (yoğunluk=1,1074gr/cm³) kadar düşebildiği tespit edilmiştir. Bome'nin bu kısa süreli düşüşü nedeniyle normalin ötesinde tatlılaşan göl suyu temas ettiği tuz kabuğunu hızla eriterek yeniden 20 Be (densite=1,1609) ve daha yukarı seviyelerdeki tuzluluğa kısa sürede ulaşır.

Göl suyunun tuzluluk derecesi; evaporasyon- tuzlu su hacmi, bome, densite, iyon dağılımı, toplam tuzluluk, NaCl ve H₂O ilişkisini gösteren hazır abaklar yardımı ile kolayca bulunabilmektedir.

Labaratuvar çalışmalarında kullanılmak üzere birimlerin uygun yerlerinden sistematik olarak yeterli miktarda su ve kayaç numuneleri alınmıştır. Arazi çalışmaları aşamasında göl içerisinde tespit edilen noktalarda çeşitli derinliklerde sondajlar yapılarak kuyular açılmıştır (Şekil 4.3). Bu kuyuların içerisine 50 mm çapında 1 cm kalınlığındaki boruların ilk 1 metresine 0,5 cm büyüklüğünde delikler açılarak bu kuyuların içerisine salınmıştır.



Şekil 4.3. Alt tabakalardan katı numune alabilmek için yapılan sondaj çalışması

Açılan kuyu içerisine boru salınarak uygun noktadan numune alınması sağlanmıştır. Bunun için kuyunun ilk 1 metresi 0,5 cm den büyük çakıl ile doldurulmuştur (Şekil 4.4). İstenilen noktadan numune alınması ve yüzey suları ile irtibatı olmaması açısından çakıl üzerine yaklaşık 1 m kalınlığında kil doldurulmuştur.



Şekil 4.4. Açılan kuyuları içerisine delikli boru yerleştirme işlemi

Su motoruna takılan çeşitli uzunluklardaki hortumlar ile bu kuyulardan 5 dk pompaj yapıldıktan sonra su numuneleri alınmıştır. Sondaj esnasında da yer yer katı numune alma imkanı da olmuştur (Şekil 4.5) ve (Şekil 4.6).



Şekil 4.5. Açılan kuyulardan su numunesi alma işlemi



Şekil 4.6. Kuyulardan su örnek alımı

Yapılan karot çalışmaları ve yüzeyden alınan ham tuz örneği ve alınan çamura ait analiz sonuçlarının bir kısmı aşağıda yer almaktadır. Geri kalan kısmı çalışmanın ekinde yer almaktadır (Çizelge 4.4). analiz sonuçlarına göre inceleme alanının batı bölgesinden alınan TGÇ-1 numaralı çamur örneğinin, inceleme alanının doğusundan alınan TGÇ-2 çamur örneğine göre ağır metal yoğunluğunun daha fazla olduğu görülmüştür. Batı bölgesinde bu yoğunluğun fazla olmasının nedeninin bu bölgeden göle ulaşan derelerin taşıdıkları alüvyon olduğu düşünülmektedir. Doğu bölgesinde ise bu değerlerin batı bölgesine göre kısmen düşmesi ise bu bölgeye gelen derelerin önüne yapılan barajların etkili olduğu düşünülmektedir. Bu bölgelerdeki ağır metal varlığının tek kaynağı gölü besleyen dereler değildir. Tuz Gölü'nün bulunduğu bölgenin kırıklı bir yapıya sahip olması ve bu yapıdan kaynaklanan zenginleşmedir. Ayrıca bu bölgede yer alan yerleşim yerlerinin atık su arıtma tesislerinin bulunmaması, yıllarca bu suyun göle deşarj edilmesinin de büyük etken olduğu düşünülmektedir. İnceleme alanında yapılan sondaj neticesinde tam karot alma imkanı olmamıştır fakat elmas uçta bulunan ve bulunduğu noktadan numune alınmıştır. Alınan bu numunelerde 10 m açılmış olan sondajdan alınan numunede 5 m kazılmış olan numuneye göre ağır metal yoğunluğunun arttığını göstermektedir. Fakat doğu ve batı bölgesindeki zenginleşmelerden etkilenmediği gözlemlenmiştir. Bunun da asıl nedeni tuz tabakası altında bulunan kil tabakasının ağır metali bünyesinde tuttuğu ve alt tabakalara geçirmediği düşünülmektedir. Alınan ham tuz örneğine ait sonuçlara bakıldığında ise TGÇ-1-2 numunelerine göre ve TGK-1-2 örneklerine göre ağır metal yoğunluğunun azaldığı görülmüştür. Bu gölgelerde zenginleşen ağır metalin çamur tabakasına tutulduğu ve güncel tuz oluşumuna çökelinin daha az olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.4. Sondaj numunelerinin analizi

	Fe %	Pb Ppm	Cu Ppm	Zn ppm	Sr ppm	Cd ppm	Au ppb	Hg ppb	Sn ppm	Pd ppb
Numune	0,01	0,01	0,01	0,1	0,5	0,01	0,2	5	0,1	10
TGÇ-1	1,63	11,23	21,53	35,10	641,00	0,14	1,60	13,00	0,80	41,00
TGÇ-2	2,72	17,36	31,23	50,50	853,00	0,17	2,60	26,00	1,30	33,00
TGK-1(10 m)	0,19	1,10	12,18	3,80	565,50	0,07	0,90	<5	0,20	122,00
TGK-2(5m)	0,14	0,76	10,38	3,80	335,90	0,03	0,20	<5	<0,1	111,00
TGH	0,03	0,43	8,14	3,10	22,20	0,01	0,40	<5	0,10	105,00

Pompaj ile alınan su numunelerine ait örnekler Acme laboratuvarında analizleri yapılmıştır ve analiz sonuçları Çizelge-4.5 'de gösterilmiştir. Su numuneleri mevsimsel olarak iyon derişiminin en yüksek olduğu zaman diliminde alınmıştır. Alınan numunelerde yaptırılan analiz sonuçlarının TSE-266 Sağlık Bakanlığı insani tüketim amaçlı sular yönetmeliğinde belirtilen sınır değerlerin altında kaldığı görülmüştür (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.5. Su numuneleri ağır metal analiz sonuçları

	Pb	Se	As	Cr	Cu	Zn	Sb	Cd	Ni
	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb
Numune	0.1	0.5	0.5	0.5	0.1	0.5	0.05	0.05	0.2
TG-1 (10 m)	<4000	<0.5	<3000	<300	86,00	<300	<2000	<700	<300
TG-2 (10 m)	<4000	<0.5	<3000	<300	92,00	<300	<2000	<700	<300
TG-3 (10 m)	<4000	<0.5	<3000	<300	78,00	<300	<2000	<700	<300
TG-4 (10 m)	<4000	<0.5	<3000	<300	<80	<300	<2000	<700	<300
TG-5 (10 m)	<4000	<0.5	<3000	<300	<80	<300	<2000	<700	<300
TG-6 (10 m)	<4000	<0.5	<3000	<300	<80	<300	<2000	<700	<300

İnceleme alanından alınan su numunelerinin analizinden çıkarılacağı üzere örneklerin TSE-266 standartlarında belirtilen sınır değerlerin altında olduğu görülmüştür. Ağır metal yoğunluğunun yüzey suyunda zenginleşmesinin nedeni ise Tuz Gölü'nün doğu ve batı bölgelerinde yer alan çorak bölge olarak da adlandırılan bölgede yer alan çamur tabakası olduğu düşünülmektedir. Yağış neticesi ve yer altı su seviyesinin yükselmesi neticesinde bu bölgelerde çökelmiş olarak bulunan yoğunlukların suda çözülmesi ile suya karıştığı düşünülmektedir. Bu konu da yıllarca göle deşarj edilen atık suların etkisinin olup olmadığı tartışılması gereken bir konudur. Bazı belediyeler bu konu da çalışmalarını tamamlamış bulunmaktadır. Fakat atık su arıtım tesisi olmayan belediyeler halen göle bu suları deşarj etmektedir.

Çizelge 4.6. İçme Suyu Kalite Parametre Değerleri

STANDARTLAR	TSE266 Türk Standartları Enstitüsü (mg/lt)	EC AVRUPA BİRLİĞİ(mg/lt)	WHO Dünya Sağlık Teşkilatı (mg/lt)
Nikel (Ni)	0.02	0.02	0.02
Arsenik (As)	0.01	0.01	0.01
Kadmiyum (Cd)	0.005	0.005	0.003
Krom Toplam (Cr)	0.05	0.05	0.05
Kurşun (Pb)	0.01	0.01	0.01
Selenyum (Se)	0.010	0.010	0.010
Antimon (Sb)	0.005	0.005	0.005
Bakır (Cu)	2.0	2.0	2.0

4.7. Oluşum

Evaporitler, buharlaşmanın etkisi altında kimyasal sedimantasyon ile oluşan jips, anhidrit, kaya tuzu, sodyum sülfat gibi tuz yataklarını ihtiva etmektedir. Bunlar, karalardan tuz elemanları ile beslenen kapalı veya kısmen kapalı denizel veya karasal havzalarda birikmektedir. Tuzların çökerek konsantre olduğu yerler sıcak ve kuru iklimin hüküm sürdüğü çöl bölgelerindeki lagünler, litoral havzalar ve açık denizlerden eşiklerle ayrılmış, az derin kapalı havzalardır (Ayan, 1974).

Evaporitleri sabka yatakları ve basenal yataklar olarak ikiye ayırmak mümkündür. Sabka yatakları göl veya denizlerin kıyılarındaki düzlüklerde veya çöl alanlarında taşkın veya yağmurlu dönemlerin ardından başlayan kurak dönemlerde buharlaşma ile yüzeye hareket eden yeraltı suyunun tabandan çözdüğü malzemeyi yüzey veya yüzeye yakın kesimlerde çökeltmesi ile oluşmaktadır. Hemen her zaman evaporitik havzaların bitişiğinde yer aldıklarından onların bir kenar ürünü olarak ortaya çıkmakta ve genellikle gerçek basenal evaporitlerle yanal geçişli veya ardalanmalı

olarak gözlenirler. Dolayısıyla sabka yatakları basenal evaporitlerden tam olarak ayırmak mümkün değildir (Evans,1993).

Basenal evaporitler ise çökdikleri suyun derinliğine göre ikiye ayrılabilir. Sığ su evaporitleri masif veya çok kalın tabakalı olarak bulunurlar ve kilometrelerce yanal devamlılığa sahip olabilirler. Derin su evaporitleri de kilometrelerce yanal devamlılık gösterebilirler. Kalınlıkları ise sığ su evaporitlerinden daha fazladır.sülfat veya kaya tuzu aralanmaları yaygındır (Evans,1993).

Tuz devlerinin oluşumu için iki model ileri sürülmektedir. Kuruyan havza modelinde periyodik yağışlar sonucu suyla kaplanan kapalı bir havzanın kurak dönemlerde kuruması ile ince bir evaporit seviyesi bırakması esasına dayanmaktadır. Karbonat, sülfat, kloritlerle kuşatılmış olarak ortaya çıkar. İkinci modelde ise tuz devlerinin oluşumu deniz veya göllerden bir eşikle ayrılan yarı kapalı havzaya zaman zaman dolan suyun buharlaşması şeklinde açıklanmaktadır. Bu durumda karbonat, sülfat ve kloritler eşikten itibaren sıralanmış şekilde bulunurlar (Evans,1993).

Normal evaporasyon ortamında tuzlar, çözünürlük derecesine göre düşey yönde sıralanmaktadır. Tabanda çözünürlüğü düşük olan jips, anhidrit bunun üzerinde kaya tuzu en üstte ise çözünürlükleri en fazla olan potasyum ve magnezyum tuzları yer almaktadır. Suyun içinde tuz kristalleri önce askıda zerrecikler halinde oluşup sonra çökdiklerinden akıntılar bu zerreceikleri taşıyarak tuz seviyelerinin yanal geçişli olmasına sebep olmaktadır.

Evaporitik ortamlarda yüzeyden tuzlu su girişi, buna karşı tabandan tuzluluğu az suların çıkışı evaporasyonu hızlandırmaktadır. Birçok aktüel evaporasyon havzasında bu durum gözlemlenmektedir (Temur, 2001).

Güncel Tuz Gölü'nün su yüzeyi mevsimlere göre 1200 - 1960 km² arasında değişmekle birlikte ortalama 1660 km² kadardır. Sürekli su altında kalan doğudaki Şehitlerhanı bölgesi ile kıyılara yakın olan bataklık kısımlar çıkarılınca tuz oluşabilen yaklaşık 1200 km² lik bir göl alanı mevcuttur. Tuz Gölü dışarıya akıntısı olmayan bir havza özelliğindedir. Bu durumda göldeki güncel tuz oluşumu ve tuz üretimi, esas olarak havzaya su girişi ve buharlaşma dengesine bağlı olarak gerçekleşmektedir. Tuz Gölü çökme ortamı, bileşim olarak sodyum klorüre doymuş, tuzlu su özelliğindedir. Kış ve bahar aylarında göle yağışlar, yerüstü ve yer altı suları olarak giriş yapan bol miktarda su, göl tabanındaki tuz tabakasını üstten başlayarak eritmektedir. Erime son bir yılın tuz tabakasının tamamen veya kısmen, bazen de son ikinci yılın tuz tabakasının kısmen erimesine yol açacak kadar ileri boyutta gerçekleşebilir. Yaz aylarında ise suyun

buharlaşması ile tuza doymunluk artmakta ve tuz kristallenerek tabana çökmektedir. Ana göl bölgesinde suyun durulabilme süresine göre 1-20 cm kalınlığında bir tuz tabakası oluşmaktadır. Gölün bir yıllık ortalama tuz tabakası kalınlığı ise 8 cm kadardır. Göle gözelerden bol miktarda taşınan yer altı suyu genellikle tuzludur.

Güncel Tuz Gölü'nde oluşan tuzun kökeni hakkında, araştırmacılar tarafından açıklanan üç görüş bulunmaktadır.

1- Göl tuzu çevredeki evaporitlerden yüzey akaçlaması ile taşınmaktadır,

2- Pliyosen'den bu yana kapalı havza durumunda olan gölde Na^+ ve Cl^- iyonlarının zaman faktörü ile zenginleştiği ve uygun jeokimyasal koşullarda tuzun çökeldiği düşünülmektedir,

3- Göl tuzu tabandaki kalın tuz kütlelerinden derin kırık sistemleri ve tektonik hatlar boyunca beslenmektedir. Göle yeraltından tuzlu su taşıyan sistemlerin, göl zeminindeki genellikle dairesel kuyular şeklindeki uzantılarına Göze ya da Göz adı verilmektedir. Gözelerin çapları 1-2 cm 'den 1-1,5 m. ye kadar varabilmektedir. Gözelerden taşınan su özellikle ilkbahar aylarında çıkarmış oldukları kabarcıklar nedeniyle gözle izlenebilmektedir (Uyanık, 2001).

Tuz Gölü güncel çökme ortamında, son yılda çökelen ortalama 8 cm kalınlığındaki tuz tabakasının, bir sonraki yılda tamamen veya kısmen erimesi, hatta bir önceki yıldan kalan tuz tabakasının bir kısmının da eriyerek, evaporasyon mevsiminde yeniden çökmesi, güncel tuz tabakasını oluşturan iyonların asıl kaynağının daha önceki yıllarda çökelen tuz tabakaları olduğunu göstermektedir. Holosen başlangıcında nispeten tatlı olan göl ortamında çökelen ilk tuz tabakasının kaynağı ise yukarıda açıklanan üç görüşün bileşkesi şeklinde gerçekleşmiş olmalıdır (Uyanık, 2001).

4.8. Elde Edilen Tuzun Fiziksel Özellikleri

Tuz kolayca ufalanabilen, kokusuz, suda eriyebilen bir maddedir. Na^+ ve Cl^- iyonlarından oluşmaktadır. Tuz saf halde iken % 39,34 Na ve %60,66 Cl içerir. Ergime derecesi $800,8\text{ C}^\circ$, kaynama derecesi ise 1412 C° dir. 100 gr suda 0° C 'ta 37,5 gr ve 100° C 'ta 39,8 gr tuz doymuş tuzlu eriyik oluşturur (Şekil 4.7).

- Kimyasal Bileşimi: NaCl
- Kristal Sistemi: Kübik
- Kristal Biçimi, Çoğunlukla kübik kristalli: masif, taneseli, kompakt
- Sertlik: 2,5

- Özgül Ağırlık: 2,1 - 2,55 gr/cm³
- Dilinim: {001} mükemmel
- Renk ve Şeffaflık: Renksiz, beyaz, sarı, turuncu, kırmızımsı, mor, mavi; şeffaf-yarı şeffaf, Parlaklık: Camsı yırtıcı
- Özellikleri, Suda kolay çözünmesi, şekli, :adı Bulunuşu, Halit, evaporit ortamlarda yaygın olarak oluşan bir mineraldir. Tuzlu suların evaporasyonu ile oluşan evaporit yataklarında bulunur. Güncel olarak playa ortamlarında oluşabilir. Silvin, jips ve anhidrit gibi minerallerle birlikte bulunur.



Şekil 4.7. Tuz Kristali

Tuz Gölü tuzlarının havuz ve açık göl sahalarında iş makineleri, kamyonlar ve benzeri üretim araçları ile ham tuz üretimi yapılabilmesi tahta tabakalarının sağladığı zemin mukavemeti ile mümkün olmaktadır. Tahta tabakalarının ince olduğu özellikle kıyıya yakın kesimlerde zemin mukavemeti bahse konu üretim araçlarının çalışabilmesine müsaade edemeyecek kadar zayıftır.

Tahta tabakalarında her bir alt tabaka bir üstündekinden daha sert ve mukavemetli olmaktadır. Burada tahta tabakaları oluşturan tuz kristallerinin kohezyonu önemli bir faktör olmaktadır. Tuz 20-30 cm kalınlığa sahip tuz katmanlarının bulunduğu havuz ve açık göl sahasında 10 ton yük göstergeli kriko ile yapılan çeşitli yükleme deneylerinde tuz tabakasının düşey yönde 40 kg/cm² 'lik yükü emniyetle taşıdığı

görülmüştür. En son yılın tuzunun kazılarak alındıktan sonra yapılan aynı deneyde sonuç yine aynı olmuştur.

Tuz tabakalarının kayma direncini belirlemek amacıyla 20x20 cm² lik tuz blokları 20x20 cm boyutundaki kesme kutusunda kayma kuvveti uygulanmıştır. Tuz tabakalarının kayma direnci eski ve yeni tabakalaşmaya bağlı olarak 4 kg/cm² - 7 kg/cm² arasında değişmektedir.

Tuz tabakası altındaki zeminin jeoteknik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan deneylerde bulunan sonuçlar aşağıdaki Çizelge 4.8' de verilmiştir (Uyanık, 2001).

Çizelge 4.8. Zemin Özellikleri (Tuz tabakası altı derinlik 1 m) (Uyanık, 2001).

Jeoteknik Parametreler	Üretim Havuzları	Açık Göl Sahası
Tabii birim hacim ağırlığı (gr/cm ³)	1,85 -1,90	1,85-,90
Dane birim hacim ağırlığı (gr/cm ³)	2,55 - 2,60	2,52 – 2,62
İçsel Sürtünme açısı	0-5°	0-5°
Kohezyon(U) c (t/m ²)	1,5-3,0	1,5-3,0
Serbest basınç mukavemeti qu (t/m ²)	4-6	4-6
Tabii su muhtevası Wn (%)	37-42	38-42
Likit Limit WL (%)	47-54	45-52
Plastisite indisi Ip	27-32	22-32
Zemin sınıfı	CL-CH	CI-CH
Kıvam indisi Ic	0-0,25 ,0,25-0,50	0-0,25, 0,25-0,50
Organik madde miktarı (%)	22-30	25-32

4.9. Güneş Evaporasyonu

Güneş evaporasyonu Tuz Gölü ve İşletme üretim sahalarındaki tuz çökelişiminin doğal prosesini oluşturmaktadır. Kristalizasyon tekniklerinin en eskisi ve en yaygın olan güneş evaporasyonu günümüzde de tuzlu sulardan kompleks tuzların ayrıştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Tuz Gölü'nde Kaldırım, Kayacık ve Yavşan Tuzlarında güneş evaporasyonu kullanılarak gerçekleştirilen tuz üretimi havuzlama sistemleri üzerine uygulanarak yapılmaktadır. Kaldırım Tuzlasında ise havuzlama sisteminin yanı sıra açık göl sahalarındaki alanlardan da üretim yapılmaktadır (Uyanık, 2001).

Güneş evaporasyonu sonucu elde edilen tuz çökelişiminin verimi ve işlerliği özellikle hava sıcaklığına, neme, tuzlu su konsantrasyonuna, rüzgar hızına, kurutucu

rüzgarların varlığına, optimum tuzlu su derinliğine ve tuzlu suyun yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir.

Tuz Gölünde kurutucu kuzey rüzgarlarının varlığı, ortamdaki nemi süpürüp evaporasyona zemin hazırladığı için çok önemlidir.

Tuz Gölü havzasında potansiyel buharlaşma 1238 -1380 mm. Arasında değişmektedir. Potansiyel buharlaşma değerleri modern cihazlarla doğrudan ölçülebildiği gibi bazı formüllerle de hesaplanabilmektedir.

İvanov formülüne göre potansiyel buharlaşma.

- $B_p = 0,0018 (t + 25)^2 \times (100 - h)$
- $t =$ Aylık ortalama sıcaklık (C°)
- $h =$ Havanın aylık ortalama nisbi nemi (%)

Bölgede Meteoroloji Müdürlüğüne bağlı istasyonlar daha çok tatlı suların buharlaşma miktarları ölçülmektedir. Tuz Gölü'nde ve Tuzla sahalarında evaporasyona maruz kalan tuzlu su 20-25 Be kadar yoğun bir çözeltidir. Bu konsantrasyona sahip çözeltide buharlaşma tatlı suya nazaran daha yavaş gerçekleşmektedir. Tuz Gölü'ndeki meteoroloji istasyonunda 1979 yılında spesifik gravitesi 1,208 olan göl suyunun buharlaşma hızı 1125 mm/yıl ölçülmüştür. Buharlaşma hızının ölçüldüğü "pan"dan geniş havuzlara geçiş faktörü 0,7 alındığında havuzlardaki suyun buharlaşma hızı, 1125 mm/yıl x 0,7 = 787,5mm /yıl olarak bulunur

Evaporasyon hızı ile ilgili olarak ampirik denklemler de mevcuttur.

- $E=15(V-r)xl + W/10$ E = Evaporasyon hızı (inch/ay)
- V =Tuzlu suyun buhar basıncı (tuzlu su sıcaklığında)
- r = Solüsyondaki suyun buhar basıncı
- W = Rüzgar

Bu denklemlerin doğruluk derecesi ve uygulama alanı oldukça sınırlıdır. Evaporasyonun hızı mevsime ve tuzlu su konsantrasyonuna göre değişimler göstermektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tuz Gölünü besleyen doğal kaynakların tarımsal ve içme suyu kullanımı için önlerine barajlar yapıldığı ve bu barajların gölün tabii dengesini bozduğu görülmüştür. Örneğin Melendiz çayının yıllık ortalama akımı 155 milyon m³ dür. Bu miktarın baraj inşasından önce yaklaşık 124 milyon m³ ü Göle ulaşmakta iken, baraj inşasından sonra bu miktar 21 milyon m³ e kadar düşmüştür. Bu durum da göldeki su seviyesini oldukça düşürmüş olup önümüzdeki senelerde göldeki tuz üretimi önemli ölçüde etkileyecektir.

Tuz Gölü'nde su kimyası derinlik bakımından farklılık göstermektedir. Ayrıca Bu yörenin çökellerinde buharlaşma sonucu çökelen jipsin bakteriyel faaliyet sonucu redüksiyona uğramasından kaynaklanan koyu renk ve H₂S kokusu mevcuttur ve bu proses sonucunda H₂S'in yanı sıra Ca ve CO₃ de serbest kalmaktadır.

Araştırma alanından alınan örneklerde yapılan analizler sonucunda yaz aylarında NaCl çökmesi nedeniyle sodyum miktarında azalma görülmekte ve aynı şekilde jips CaSO₄ x 2H₂O çökmesi sonucu Ca miktarı da azalmakta olduğu gözlemlenmiştir. Buna karşılık Haziran-Eylül döneminde yoğun buharlaşmadan ötürü çökelmeyen K, Mg, B, Br ve Li sürekli olarak çözeltide zenginleşmektedir.

Tuz Gölü'nün 1200 km² lik ana göl bölgesinde her yıl tuz kabuğu oluşmakta ve bir yılda oluşan tuz kabuğu ortalama 8 cm civarındadır. Bir çökelim yılında meydana gelen tuz kabuğu kış aylarında göl suyunun tatlılaşmasına bağlı olarak tamamen veya kısmen eriyebilir. Göl suyunun normalden daha az tatlılaştığı yıllarda erimeyerek kısmen korunan tuz kabuğu bir sonraki yılın tuz kabuğunun altında kalmakta ve Tuz Gölü' nün tahta tabakasını oluşturmakta olduğu uzun yıllar süren gözlemle ortaya çıkmıştır. Bu da göl yüzeyinde çalışma yapan işletmelere fayda sağlamaktadır.

Tuz Gölü dışarıya akıntısı olmayan bir havza özelliğindedir. Bu durumda göldeki güncel tuz oluşumu ve tuz üretimi, esas olarak havzaya su girişi ve buharlaşma dengesine bağlı olarak gerçekleşmektedir. Kış ve ilkbahar aylarında göle yağışlar, yerüstü ve yer altı suları olarak giriş yapan bol miktarda su, göl tabanındaki tuz tabakasını üstten başlayarak eritmektedir. Erime son bir yılın tuz tabakasının tamamen veya kısmen, bazen de son ikinci yılın tuz tabakasının kısmen erimesine yol açacak kadar ileri boyutta gerçekleşebilir. Yaz aylarında ise tuza doygun suyun buharlaşması sonucu tuz kristallenerek tabana çökmekte ve tuz üretimi de çökelen tuzun kazılması suretiyle yapılmaktadır.

Araştırma alanı içerisinde alınan karot numuneleri, ham tuz numunesi ve çamur numunelerinin analizleri sonucunda ağır metal yoğunluğunun çamur numunelerinde yüksek olduğu, karot numunelerinde ise bu yoğunluğun azaldığı görülmektedir. Ham tuz numunelerinde ise ağır metal yoğunluğunun en düşük seviyede olduğu görülmektedir. Analiz sonuçlarından da anlaşılacağı üzere göldeki ağır metal yoğunluğu çamurda artış göstermektedir. Bunun sebebinin de tuz gölünü besleyen derelerin taşımış olduğu alüvyonlardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Alınan su numunelerinden de anlaşılacağı üzere ağır metal yoğunluğunun Sağlık Bakanlığı kullanım amaçlı su Yönetmeliğinde belirtilen sınır değerler aşığındadır. Buna bağlı olarak yeni oluşan tuz tabakasında da ağır metal iyon derişimini de TSE gıda kodeksinin belirlediği sınır değerlerine göre yorumlarsak; alınan numunelerin sınır değerler altında kaldığı ve üretilen tuzun, çökelen yeni tuzun ağır metal açısından kabul edilebilir değerde olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Arıkan Y., 1975, *Tuz Gölü Havzasının Jeolojisi ve Petrol İmkânları*, N.V. Turkse Shell, MTA Dergisi Sayı 85, s.17-37.
- Atabey, E.; Tarhan, N.; Akarsu, B. ve Taşkiran, A., 1987, Şereflikoçhisar, Panlı (Ankara)-Acıpınar (Niğde) yöresinin jeolojisi: MTA Rap., 8155, (yayımlanmamış), Ankara.
- Ayan, M., 1974, Ekonomik Jeoloji; Ankara Üniversitesi Fen Fak. Ders notları, 204s.
- Çamur, M. Z. ve Mutlu, H., 1995, *Major ion geochemistry and mineralogy of the Salt Lake (Tuz Gölü) Basin*, Turkey: Chemical Geology (in press).
- DSİ, 1975. *Tuz Gölü Doğusu ve Peçeneközü Havzası Yeraltısuyu Rezerv Raporu*, 33 s., Ankara.
- Ekercin, S., 2004, “*Uzaktan Algılama Tekniği ile Tuz Gölünde Su Kalitesi Değişim Analizi*”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart-01 Nisan, Ankara, sf. 138-148.
- Erol, O., 1969, *Tuz Gölü havzasının jeolojisi ve jeomorfolojisi* T.B.T.A.K. araştırma raporu
- Evans, A. M., 1993, *Ore geology and industrial minerals*; Third edition, Blackwell Sci Pulp., London, 389 s
- Görür, M. N., Oktay, F. Y., Seymen, Y. ve Şengör, A. M.C., 1984. *Paleotectonic evolution of the Tuzgölü basin complex, Central Turkey: sedimentary record of a Neo-Tethyan closure*. In: The Geological Evolution of the Mediterranean (Eds: J. E. Dixon and A. H. F. Robertson), Lonon, pp. 467-482.
- Irion, G., 1970, *Mineralogisch - sedimentpetrographische und geochemische Untersuchungen am Tuz Gölü (Salzsee)*, Türkiye: Doktora tezi, Ruprecht Karl-Universitaet (Heidelberg), 68 s., yayımlanmamış.
- Kılıç A.M. ve Uyanık E., 2001 “*Tuz Gölü’nden Tuz Yan Ürünleri Üretiminin Araştırılması*”, 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 18-19 Ekim, 316-322, İzmir.
- Kılıç A.M. ve Uyanık E., 2000. “*Tuz Gölü’nde Oluşan Kirlenmenin Göl Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması*”, 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 18-19 Ekim, 135-144, İzmir.
- M.T.A., 1976, *Tuz Gölü havzası etiüd ve aramaları fizibilite araştırması*, Cilt 1, ön çalışma raporu: M.T.A., yayımlanmamış.
- M.T.A., 1982, *Tuz Gölü havzası projesi jeoloji raporu*: MTA Rap. No. 1200 (yayımlanmamış).
- MTA *Tuz Gölü Havzası Projesi Cilt-2 Jeoloji Raporu*)
- O.N.Ergun-1988, *Tuz Gölü Evaporit Çökellerinin Sedimentolojik İncelemesi*
- Rigo de Righi, M. ve Cortesini, A., 1960, Regional Studies, central Anatolia Bassin, Progress Report, 1—Stratigraphy, 2— Structure: Petrol Dairesi T.A., *Turkish Gulf Oil Comp.*, 11/11—12 (yayımlanmamış).
- Temur, S., 2001, *Endüstriyel hammaddeler* ders notları.
- Ulu, Ü.; Öcal, H.; Bulduk, A.K.; Karakaş, M.; Arbas, A.; Saçlı, L; Taşkiran, M.A.; Ekmekçi, E.; Adır, M.; Sözeri, S. ve Karabıyıkoglu, M., 1994, *Cihanbeyli-Karapınar yöresi geç Senozoyik çökeltme sistemi*.
- Uyanık E., 2001 “*Tuz Gölü’nden Tuz Yan Ürünleri Üretiminin Araştırılması*”, 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 18-19 Ekim, 316-322, İzmir.
- Uygun, A., Şen E., 1978. *Tuz Gölü Havzası Doğal Kaynakları Tuz Gölü Suyunun Jeokimyası*. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni. Cilt 21, S 113-120.



Acmelabs

Acme Analytical Laboratories (Vancouver) Ltd.

1020 Cordova St. East Vancouver BC V6A 4A3 Canada
 Phone (604) 253-3158 Fax (604) 253-1716

www.acmelab.com

Client:

Project:

Report Date:

Page:

2 of 2

Part 3

CERTIFICATE OF ANALYSIS

ANK11001451.1

Method Analyte Unit MDL	1F		1F		1F		1F		1F		1F		1F		1F		1F	
	Nb	Rb	Sn	Ta	Zr	Y	Ce	In	Re	Be	Li	Pd	Pt					
TGC-1 Rock Chip	0.16	37.3	0.8	<0.05	3.1	6.17	17.0	0.02	7	0.6	167.3	41	3					
TGC-2 Rock Chip	0.24	48.5	1.3	<0.05	4.0	10.19	30.1	0.04	5	1.1	141.9	33	<2					
TGK-1 (10m) Rock Chip	0.05	5.0	0.2	<0.05	0.8	0.67	2.0	<0.02	6	<0.1	37.7	122	7					
TGK-2 (5 m) Rock Chip	0.03	4.6	<0.1	<0.05	0.6	0.57	1.5	<0.02	6	<0.1	53.6	111	<2					
TGH Rock Chip	<0.02	0.6	0.1	<0.05	<0.1	0.04	0.2	<0.02	3	<0.1	3.4	105	4					

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : SALİH KOYUNCU
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : KONYA-19.02.1986
Telefon : 05306917386
Faks :
e-mail : Salih_kyc@windowslive.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Dolapoğlu Anadolu Lisesi-Selçuklu/konya	2004
Üniversite	: S.Ü. Jeoloji Mühendisliği	2010
Yüksek Lisans	:	
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2010	KOYUNCU TUZ İŞLETMESİ	MDR. YRD.

UZMANLIK ALANI

Madencilik-İsg-Çevre

YABANCI DİLLER

İngilizce, Almanca

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

İSG uzmanı

Maden Mühendisi