

T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

ŞEREFLİKOÇHİSAR HAVZASI YERALTI SULARININ
HİDROJEOLOJİK VE HİDROKİMYASAL AÇIDAN
İNCELENMESİ VE BÖLGEDEKİ TUZLUSU GİRİŞİMİNİN
ÇEVRESEL ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

DOKTORA TEZİ

Mustafa Murat KAVURMACI

DANIŞMAN
Prof. Dr. Hatim ELHATİP

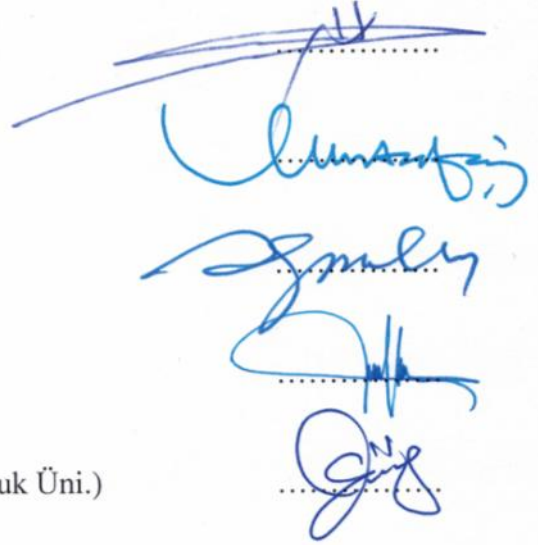
AKSARAY 2013

T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KABUL ve ONAY BELGESİ

Mustafa Murat KAVURMACI'nın "Şereflikoçhisar Havzası Yeraltı Sularının Hidrojeolojik ve Hidrokimyasal Açidan İncelenmesi ve Bölgedeki Tuzlusu Girişiminin Çevresel Etkilerinin Araştırılması" başlıklı lisansüstü tez çalışması, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 21.03.2013 tarih ve 2013/12 sayılı kararı ile oluşturulan aşağıdaki jüri tarafından Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında **DOKTORA** tezi olarak **Oy Birliği/Oy Çokluğu** ile kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Prof. Dr. Hatim ELHATİP (ASÜ)
Üye : Prof. Dr. Mustafa AFŞİN (ASÜ)
Üye : Doç. Dr. Ali YALÇIN (ASÜ)
Üye : Doç. Dr. Levent ALTAŞ (ASÜ)
Üye : Yrd. Doç. Dr. Güler GÖÇMEZ (Selçuk Üni.)



Tezin Savunulduğu Tarih : 05.04.2013

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu' nun 05.04.2013 tarih ve 2013/14-02 sayılı kararı ile onaylanmıştır.


Doç. Dr. Selçuk REİS
Enstitü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği biçimde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.

Mustafa Murat KAVURMACI

İmza

ÖNSÖZ

Dünya nüfusunun hızla artması ve artan nüfusun ihtiyaçlarının karşılanması zorunluluğu suya olan talepleri hızla arttırmaktadır. Suyu olan talep artışı, sınırlı olan temiz su kaynaklarının sürekli izleme ve kontrol altında tutulmasını gerektirmektedir. Kurak ve yarı kurak bölgelerdeki içme, kullanma ve sulamaya elverişli su kaynaklarının yetersizliği, mevcut su kaynaklarının aşırı ve bilinçsiz kullanımı bu bölgelerde mevcut tuz içeriği yüksek daha az nitelikli kaynakların kullanımını zorunlu hale getirmektedir. İnsanoğlu içme ve kullanma sularına daha temkinli yaklaşmakla birlikte, sulamada kullandığı kaynaklara aynı özeni göstermemektedir.

Türkiye'nin en sığ gölü olan Tuz Gölü ülkemizin tuz ihtiyacının %60'ından fazlasını karşılamaktadır. Tuz Gölü'nün sığ ve yörede buharlaşmanın etkin oluşu, gölün beslenme alanı içerisinde yer alan yerüstü ve yeraltı su kaynaklarından etkilenmesine yol açmıştır. Sulamada kullanılacak kaynakların özellikle yeraltı sularının tuz içeriğinin bitkiye ve toprağa zarar verici değerde olmaması gerekir. Plansız yeraltı suyu kullanımının bir sonucu olarak Tuz Gölü'nün tatlı su akiferlerini etkileme potansiyeli her geçen gün hızla artmaktadır. Bu durum Tuz Gölü ve çevresinde zamanla önemli çevre sorunlarını beraberinde getirecektir.

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Ana Bilim Dalı'na Doktora Tezi olarak sunulan “Şereflikoçhisar Havzası Yeraltı Sularının Hidrojeolojik ve Hidrokimyasal Açısından İncelenmesi ve Bölgedeki Tuzlusu Girişiminin Çevresel Etkilerinin Araştırılması” konulu çalışma Aksaray Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 2012/23 kodlu proje ile desteklenmiştir. Hazırlanan çalışma; inceleme alanında yer alan mevcut su kaynaklarının ve Tuz Gölü'nün sürdürülebilir devamının sağlanması, geliştirilmesi ve daha verimli kullanımının ortaya çıkarılması, bölgede yürütülen tarımsal faaliyetlerin kalitesinin ve miktarının artırılması, Tuz Gölü'nde mevcut tuz birikimine etki eden hidrolik sistemin korunması gibi birçok konuda katkı sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'na Doktora Tezi olarak sunulan bu çalışmanın tüm aşamalarında bilgi ve tecrübeleri ile yol gösterici olan değerli hocalarım Prof. Dr. Hatim Elhatip (Aksaray Üniversitesi), Prof. Dr. Mustafa Afşin (Aksaray Üniversitesi) ve Yrd. Doç. Dr. Güler Göçmez'e (Selçuk Üniversitesi) su kimyası analizlerinin gerçekleştirilmesinde katkıda bulunan DSİ 5. Bölge Müdürlüğü ve personeline, DSİ 5. Bölge Müdür Yardımcısı Sezai Kavurmacı (DSİ) ve Yeraltı Suları Şube Müdürü Doç. Dr. Ahmet Apaydın'a (DSİ), su kimyası analizlerinin yorumlanmasında desteğini esirgemeyen Doç. Dr. Levent Altaş'a (Aksaray Üniversitesi), arazi çalışmalarında desteklerini esirgemeyen aynı zamanda kayaç örneklerinin XRD analizlerini gerçekleştiren Yrd. Doç. Dr. Bahattin Güllü'ye (Aksaray Üniversitesi), ARGE ve katı model çalışmasında değerli vakitlerini ayıran Öğr. Gör. Hakan Palancıoğlu'na (Aksaray Üniversitesi), Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'na doktora programının açılmasına olanak sağlayan Prof. Dr. Kadir Yıldız'a (Aksaray Üniversitesi), tezin her aşamasındaki katkılarından dolayı Doç. Dr. Selçuk Reis'e (Aksaray Üniversitesi), Doç. Dr. Ali Yalçın'a (Aksaray Üniversitesi), Yrd. Doç. Dr. Fatih Bayram'a (Aksaray Üniversitesi), Yrd. Doç. Dr. N. Erhan Yaşıtı'ya (Aksaray Üniversitesi), Yrd. Doç. Dr. Necmettin Erdoğan'a (Aksaray Üniversitesi), Yrd. Doç. Dr. Gökhan Demirela'ya (Aksaray Üniversitesi), Yrd. Doç. Dr. Erkan Yılmaz'ın (Aksaray Üniversitesi), tezin maddi olarak desteklenmesinde katkıda bulunan Aksaray Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne, bu çalışmanın çeşitli aşamalarında destek ve katkılarından dolayı emeği geçen herkese ve hoşgörülerinden dolayı değerli aileme sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa No
ÖNSÖZ.....	i
TEŞEKKÜR.....	ii
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiv
SİMGELER DİZİNİ	xvi
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi	1
1.2. İnceleme Alanının Konumu.....	1
1.3. İnceleme Alanının Coğrafik Özellikleri.....	3
1.4. Önceki Çalışmalar.....	5
1.4.1. Jeolojik çalışmalar.....	5
1.4.2. Hidrojeolojik çalışmalar.....	9
1.4.3. Jeofizik çalışmalar.....	14
1.4.4. Kirliliğe yönelik çalışmalar.....	14
2. MATERYAL ve METOD.....	17
2.1. Literatür Çalışmaları.....	17
2.2. Arazi çalışmaları.....	17
2.2.1. Yeraltı Suyu Araştırma Yöntemleri.....	18
2.3. Laboratuvar çalışmaları.....	18
2.4. Büro Çalışmaları.....	19
3. BÖLGESEL JEOLojİ.....	21
3.1. Genel Jeoloji.....	21
3.2. Stratigrafi.....	25
3.2.1. Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK).....	25
3.2.2. Kartal formasyonu.....	26
3.2.3. Asmaboğazı formasyonu.....	27
3.2.4. Çaldağ formasyonu.....	27
3.2.5. Karapınaryaylası formasyonu.....	28
3.2.6. Yassıpur formasyonu.....	31

3.2.7. Koçhisar formasyonu.....	33
3.2.8. Peçenek formasyonu.....	34
3.2.9. Tuzgölü formasyonu.....	35
3.2.10. Alüvyon.....	36
3.3. Tuz Gölü Havzası ve İnceleme Alanının Jeolojik Gelişimi.....	36
3.4. Yapısal Jeoloji.....	39
4. HİDROLOJİ.....	43
4.1. Yağış Veri Analizi.....	44
4.2. Sıcaklık Veri Analizi.....	51
4.3. Buharlaştırma Veri Analizi.....	53
4.3.1. Thornthwaite yöntemi.....	53
4.3.2. Turc yöntemi.....	58
4.3.3. Penman yöntemi.....	59
4.4. Su Bilançosu.....	61
4.5. Yeraltı Suyu Bilançosu.....	63
4.5.1. Sisteme giren su miktarı.....	64
4.5.2. Sistemden çıkan su miktarı.....	64
5. HİDROJEOLOJİ.....	67
5.1. Hidrojeolojik Özellikler.....	67
5.1.1. Geçirimli birimler.....	67
5.1.2. Yarı geçirimli birimler.....	69
5.1.3. Geçirimsiz birimler.....	70
5.2. Akifer Özellikleri Gösteren Birimler.....	70
5.3. Yeraltı Suyu Akım Sistemi.....	79
5.4. Jeofizik Çalışmalar.....	86
5.5. Çalışma Alanındaki Su Kaynakları.....	88
5.5.1. Akarsular.....	89
5.5.2. Göller.....	89
5.5.3. Kaynaklar.....	92
5.5.4. Kuyular.....	93
5.6. Yerel Hidrojeolojik Sistem.....	97
6. SU KİMYASI DEĞERLENDİRMESİ.....	99
6.1. Suların Hidrojeokimyasal Değerlendirmesi.....	102
6.1.1. Suların iyon dağılımları.....	109

6.2. Suların Kimyasal Özelliklerine Göre Sınıflandırılması.....	121
6.3. Suların Sulamada Kullanım Özelliklerine Göre Sınıflandırılması.....	126
6.4. Doygunluk İndisleri.....	129
6.5. Ağır Metal İçeriklerinin Değerlendirilmesi.....	133
7. İZOTOP HİDROLOJİSİ.....	144
7.1. Hidrolojide İzotopların Kullanımı.....	144
7.2. Oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) - Döteryum ($\delta^2\text{H}$) İlişkisi.....	146
7.3. Oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$)-Tritiyum (^3H) İlişkisi.....	148
7.4. Cl^- - Tritiyum (^3H) ve EC - Tritiyum (^3H) İlişkisi.....	149
7.5. Beslenme Sıcaklık ve Yükseltisinin Belirlenmesi.....	150
8. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS) ENTEGRASYONU İLE TUZLU SU GİRİŞİMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	154
8.1. Tuz Gölü'nün Oluşum Mekanizması.....	154
8.2. Araştırma Kuyuları Verilerinin Değerlendirilmesi.....	156
8.3. Kontur Diyagramlarıyla Tuzluluk Analizi.....	172
8.4. Sulama Suyu Kalite Sınırlarının ve Tuzlanma Zonlarının Belirlenmesi.....	181
8.5. Tuzlu Su Girişiminin Modellenmesi.....	188
9. TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	193
KAYNAKLAR.....	198
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Doktora Tezi

ŞEREFLİKOÇHİSAR HAVZASI YERALTI SULARININ HİDROJEOLJİK VE HİDROKİMYASAL AÇIDAN İNCELENMESİ VE BÖLGEDEKİ TUZLUSU GİRİŞİMİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mustafa Murat KAVURMACI

T.C.

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hatim ELHATİP

İnceleme alanının temelini Orta Anadolu Kristalen Kompleksi olarak tanımlanan kaya birimi oluşturur. Kompleks; Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı meta-sedimanlar, meta-karbonatlar, ofiyolitik karmaşıklar ve magmatik birimlerden oluşmuştur. Tuz Gölü Havzası'nın temeli üzerindeki sedimantasyon Üst Maestrihtiyen' de başlar. Orta Eosen'e kadar filiş ağırlıklı denizel birimlerle devam eden sedimantasyon Üst Eosen - Oligosen zaman aralığında kalın evaporit çökelleri ile karakteristiktir. Oligosen'den günümüze kadar karasal ve gölsel çökellerin oluşumları devam etmiştir.

Bölgede akiferleri temsil eden birimler genel olarak temelde Paleozoyik yaşlı bol kırık ve çatlaklı mermerler, Tersiyer yaşlı genelde kumtaşı ve çakıltası aralanmasından oluşan denizel ve karasal kırıntılılar ile bol kırıklı - karstik boşluklu kireçtaşı seviyeleri ve Kuvaterner yaşlı gevşek kum ve çakıl seviyeleri içeren alüvyondur. Alüvyon kum, çakıllı kum, kil, siltli kil, siltli kum ve silt olmak üzere 6 farklı birimden oluşmuştur. Alüvyonun ortalama çakıl tane oranı % 3.4, ortalama kum tane oranı % 18, ortalama ince tane oranı % 78.60, ortalama boylanma sabiti 3.73, ortalama düzen katsayısı 12.3, akiferin geçirimsizlik değeri 0.04 cm/sn, iletimsizlik katsayısı 0.014 m²/sn, depolama katsayısı 5.10⁻⁴, ortalama hızı 5,5.10⁻⁵ m/sn dir.

İnceleme alanının yıllık ortalama toplam yağış miktarı 360 mm'dir. 1970 - 1974, 1988 - 1993, 1998 - 2008 yılları arasında kalan dönemlerde bölgede yağışlar genel olarak azalmış diğer dönemlerde ise artmıştır. İnceleme alanının yıllık gerçek buharlaşma - terleme değeri 314 mm/yıl, yıllık rezerv su miktarı 544 mm., sisteme giren su miktarı 8,29 x 10⁶ m³/yıl, sistemden çıkan toplam su miktarı ise 21,37 x 10⁶ m³/yıl'dır.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarında yapılan ölçüm ve analiz sonuçlarına göre, yeraltı sularının fiziksel ve kimyasal parametre değerleri; sıcaklık; 14.1 °C - 21.9 °C, pH 6.2 - 8.3, elektriksel iletkenlik 516 - 295000 µS/cm, toplam çözünmüş katı madde 422 - 333803 mg/L arasında değişim gösterir.

İnceleme alanında yeraltı suyu seviye ölçümlerine göre, bölgede iki farklı konverjan özellikte nap tespit edilmiştir. Yeraltı suları, NaCl, NaHCO₃, CaHCO₃, CaSO₄, MgCl, MgHCO₃ ve MgSO₄ fasiyes özelliği göstermiştir. Tuz Gölü'ne yakın kuyularda sular NaCl fasiyesinde zenginleşir. Gölden uzaklaştıkça suların fasiyes özellikleri sırasıyla NaHCO₃ - CaHCO₃ şeklinde değişmiştir. Sularda egemen iyon bolluk dizilimleri (Na⁺ + K⁺) > Mg⁺² > Ca⁺² / Cl⁻ > HCO₃⁻ > SO₄⁻² şeklinde gelişmiştir.

İnceleme alanından alınan su örneklerinin δ¹⁸O içerikleri -9.97 ile -2.12, δ²H içerikleri ise -16.35 ile -69.25 arasında değişir. Su kaynaklarına ait akiferler aynı veya yakın kotlardan meteorik kökenli yağışlardan beslenir.

Tuz Gölü'nden uzaklaştıkça batıdan doğuya doğru elektriksel iletkenlik değerleri azalır. Sulama suyunun kalitesi Tuz Gölü'ne yakın bölgelerde ve Şereflikoçhisar ovasının güneyinde düşüktür. İnceleme alanı sulama kalitesi açısından beş ayrı bölgeye ayrılmıştır.

Denizel tuzlu su girişimlerinden çok farklı olarak Tuz Gölü'nün tatlı su akiferlerini etkileme potansiyeli bölgede jeolojik yapının ve hidrojeolojik sistemin yanı sıra tektonizmanın da kontrolü altındadır. Tuz Gölü tabanda çapları değişik boyutlardan oluşan kırık sistemlerinden gelen tuz içeriği yüksek yeraltı suları tarafından beslenir. Yaz aylarında evaporitik çökelimlerin artması sonucu kırık sistemlerin geçirimsizliği ve gölün beslenimi yağışlı döneme oranla azalmaktadır.

2013, 207 sayfa

Anahtar Kelimeler: Tuz Gölü, Tuzlu Su Girişimi, Hidrojeoloji, Coğrafi Bilgi Sistemi, Şereflikoçhisar

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

INVESTIGATION OF HYDROGEOLOGICAL AND HYDROCHEMICAL PROPERTIES OF GROUNDWATER IN THE ŞEREFLİKOÇHİSAR BASIN AND DETERMINATION OF ENVIRONMENTAL IMPACTS OF SALTWATER INTRUSION IN THE REGION

Mustafa Murat KAVURMACI

T.R.

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

Supervisor: Prof. Dr. Hatim ELHATİP

The base of study area is defined by rocks known as the Central Anatolian Crystalline Complex. Complex has composed of meta-sediments, meta-carbonates, ophiolitic melange and magmatic units which are Paleozoic and Mesozoic in age. The sedimentation on the base of the Salt Lake Basin starts at the Upper Maastrichtian. Sedimentation defined predominantly by flysch until Middle Eocene is characterized by thick evaporite deposits between Upper Eocene and Oligocene time. Formations of terrestrial and lacustrine sediments have continued from Oligocene to the recently.

Units which characterized aquifers in the study area include the Paleozoic marbles with high crack and fracture contents, Tertiary marine and terrestrial clastics which generally consist of alternations of sandstone and conglomerate, karstic limestone with high fracture content, and Quaternary alluvium with levels of unconsolidated sand and gravel. Alluvium is represented by six different units composed of sand, gravel, clay, silty clay, silty sand and silt. The average gravel rate, the average sand rate, the average ratio of fine grain, the average coefficient of gradation, the average coefficient of uniformity, the aquifer permeability, the coefficient of transmissibility, the storage coefficient, and the average speed of alluvium are 3.4 %, 18 %; 78.60 %, 3.73, 12.3, 0.04 cm/sec, 0.014 m²/sec, 5.10⁻⁴; 5.5.10⁻⁵, respectively.

According to the both field and laboratory measurements, the average annual total precipitation of the study area is 359.72 mm. Precipitation generally reduced in the years between 1970 - 1974, 1988 - 1993, 1998 - 2008 in the region and increased at the other periods. In the study area, The amount of annual evaporation – transpiration, and annual water reserve are 313.84 mm.water/year and 543.62 mm, whereas the amount of water entering and leaving the sytem are 8.29 x 10⁶ m³/year and 21.37 x 10⁶ m³/year, respectively.

The physical and chemical parameters of the groundwaters changes between 14.1 °C - 21.9 °C for temperature, 6.2 - 8.3 for pH, 516 - 295000 µS/cm for electrical conductivity and 422 - 333803 mg/L for total dissolved solid.

According to measurements of the underground water levels in the study area, two different convergent nappes were determined. The groundwaters shows hydrochemical facies in Na-Cl, Na-HCO₃, Ca-HCO₃, Ca-SO₄, Mg-Cl, Mg-HCO₃ and Mg-SO₄. The groundwater in the wells close to the Tuz Lake is enriched in NaCl - type. The facies characteristics of the groundwater away from the lake change from NaHCO₃ towards CaHCO₃. The dominant ion abundances shaped in the form of $(Na^{+} + K^{+}) > Mg^{+2} > Ca^{+2} / Cl^{-} > HCO_3^{-} > SO_4^{-2}$.

$\delta^{18}O$ and δ^2H contents of water samples obtained from study area range from -2.12 to -9.97 and from -16.35 to -69.25. The aquifers belonging to water resources are recharged by precipitations of meteoric origin which have same or close altitudes.

The values of the electrical conductivity decrease away from Tuz Lake to the East. The quality of irrigation water is low in the areas close to the lake Tuz and south of Şereflikoçhisar plain. The study area is divided into five separate areas in terms of the quality of irrigation water.

The potential impact to freshwater aquifers of Tuz Lake is controlled by tectonism as well as the geological structure and hydrogeological system in the region, unlike salt water intrusion in marine. The Tuz Lake is recharged by highly salted groundwater coming from fracture systems which have different diameter at the base. Due to increased evaporitic sedimentation in the summer, the permeability of fracture systems and recharging of the lake are reduced compared to the rainy period.

2013, 207 pages

Keywords: The Tuz Lake, Salt Water Intrusion, Hydrogeology, Geographic Information System, Şereflikoçhisar

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.....	2
Şekil 1.2. İnceleme alanının yükseklik kot haritası	4
Şekil 1.3. İnceleme alanının eğim dağılımı	5
Şekil 3.1. İnceleme alanına ait stratigrafik dikme kesit	23
Şekil 3.2. İnceleme alanının GB-KD yönlü jeolojik enine kesiti.....	25
Şekil 3.3. (a), (b), (c) Karapınaryaylası formasyonuna ait kumtaşlarından görünüm (d), (e), (f) Çavuşkalesi kumtaşlarının polarizan mikroskop altında görünümleri, (g), (h), (ı) Kayacık üyesi kumtaşlarının polarizan mikroskop altında görünümleri.....	29
Şekil 3.4. Marnların polarizan mikroskop altında görünümleri.....	31
Şekil 3.5. (a) Yassıpur formasyonunun alt ve üst seviyeleri, (b) ve (c) Anhidritler içerisindeki jips minerallerinin polarizan mikroskop altında görünümleri.....	32
Şekil 3.6. Koçhisar formasyonuna ait kumtaşlarından görünüm.....	34
Şekil 3.7. İnceleme alanı ve çevresinde gelişen fay sistemleri.....	41
Şekil 4.1. Çalışma alanı ve çevresinde yer alan MGI'nin dağılım haritası.....	43
Şekil 4.2. Şereflikoçhisar ve çevresinin ortalama yıllık toplam yağıştan birikimli sapma grafiği.....	45
Şekil 4.3. Aksaray ve çevresinin ortalama yıllık toplam yağıştan birikimli sapma grafiği.....	46
Şekil 4.4. Kırşehir ve çevresinin ortalama yıllık toplam yağıştan birikimli sapma grafiği.....	46
Şekil 4.5. Cihanbeyli ve çevresinin ortalama yıllık toplam yağıştan birikimli sapma grafiği.....	47
Şekil 4.6. Kulu ve çevresinin ortalama yıllık toplam yağıştan birikimli sapma grafiği.....	48
Şekil 4.7. İnceleme alanı ve çevresinin yıllık toplam yağış haritası ve eş yağış eğrileri.....	49
Şekil 4.8. İnceleme alanı ve çevresine Thiessen yönteminin uygulanışı.....	50
Şekil 4.9. Meteorolojik gözlem istasyonlarına ait aylık ortalama sıcaklık değerleri...	52
Şekil 4.10. İnceleme alanı ve çevresinin ortalama sıcaklık haritası ve sıcaklık eğrileri.....	52
Şekil 4.11. İnceleme alanı ve çevresinin Thornthwaite yöntemine göre hazırlanmış ortalama buharlaşma - terleme haritası.....	55
Şekil 4.12. İnceleme alanına ait yağış - potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği.....	56
Şekil 4.13. İnceleme alanına ait yağış - potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği (Penman yöntemi-1954).....	60

Şekil 5.1.	İnceleme alanının hidrojeolojik dikme kesiti.....	68
Şekil 5.2.	Kireçtaşının dolaylı çekme dayanımı deneyinden bir görünüm.....	73
Şekil 5.3.	Geçirimlilik deneyinde kullanılan karotiyerlerden görünüm.....	74
Şekil 5.4.	Pompalama deneyini gösterir kesit.....	75
Şekil 5.5.	Pompalama deneyine ait zaman - düşüm grafiği.....	76
Şekil 5.6.	Pompaj süresi boyunca değişen kuyu basıncı.....	77
Şekil 5.7.	Araştırma sondajlarının açımı sırasında değişik lokasyon ve derinliklerden alınan örselenmemiş ve örselenmiş zemin örnekleri.....	77
Şekil 5.8.	İnceleme alanındaki Eylül 2011 dönemine ait statik su seviyesi dağılımları...	80
Şekil 5.9.	İnceleme alanındaki Mayıs 2012 dönemine ait statik su seviyesi dağılımları..	81
Şekil 5.10.	Araştırma kuyularındaki aylık yeraltı su seviyesi değişimleri.....	84
Şekil 5.11.	Araştırma kuyusu-10'da ölçülen aylık yeraltı suyu seviyesi değişimleri.....	84
Şekil 5.12.	İnceleme alanında ruhsatlı sulama kuyularının dağılımı.....	85
Şekil 5.13.	İnceleme alanına ait rezistivite kesit hatları.....	86
Şekil 5.14.	Rezistivite ölçüm noktalarındaki alüvyon yayılımı.....	87
Şekil 5.15.	Tuz Gölü'nden görünüm.....	90
Şekil 5.16.	Tuz Gölünün yağışlı ve kurak dönemlerdeki yayılımı ve tuz çökelim alanının değişimi.....	91
Şekil 5.17.	İnceleme alanında araştırma sondajlarının açım çalışmaları.....	96
Şekil 5.18.	İnceleme alanında araştırma ve jeoteknik kuyuların dağılımı.....	97
Şekil 6.1.	İnceleme alanında örnekleme noktaları ve konumları.....	100
Şekil 6.2.	İnceleme alanında suların pH değişim haritası (Eylül 2012).....	106
Şekil 6.3.	İnceleme alanında suların EC değişim haritası (Mayıs 2012).....	108
Şekil 6.4.	EC - TDS arasındaki doğrusal ilişki.....	109
Şekil 6.5.	İnceleme alanındaki 3. Hatta bulunan suların iyon dağılımı (Mayıs 2012).....	113
Şekil 6.6.	İnceleme alanındaki 4. Hatta bulunan suların iyon dağılımı (Mayıs 2012).....	114
Şekil 6.7.	İnceleme alanındaki 6. Hatta bulunan suların iyon dağılımı (Mayıs 2012).....	114
Şekil 6.8.	İnceleme alanında kuyularda belirlenen iyon bolluk oranları (Mayıs 2012).....	118
Şekil 6.9.	İnceleme alanında kuyularda belirlenen iyon bolluk oranları (Eylül 2012).....	119
Şekil 6.10.	İnceleme alanındaki suların Piper diyagramı (a; Eylül 2011, b; Mayıs 2012, c; Eylül 2012 örnekleme dönemleri).....	123
Şekil 6.11.	Yeraltı sularının yarı logaritmik Schoeller diyagramları (a; Eylül 2012, b; Mayıs 2012 örnekleme dönemleri).....	125
Şekil 6.12.	İnceleme alanındaki suların $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ grafiği (Eylül 2012).....	124

Şekil 6.13.	İnceleme alanındaki suların ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı (Eylül 2012).....	126
Şekil 6.14.	İnceleme alanındaki suların Wilcox diyagramı (Eylül 2012).....	127
Şekil 6.15.	Hat 4 ve Hat 6 ya ait suların doygunluk indisi değerleri (Eylül 2012).....	132
Şekil 6.16.	Değişkenlerin faktörler altında gruplanması.....	143
Şekil 7.1.	İncelenen suların $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ ilişkileri.....	147
Şekil 7.2.	İncelenen suların $\delta^{18}\text{O}$ - ^3H grafiği.....	149
Şekil 7.3.	İncelenen suların ^3H - Cl ilişkisi.....	149
Şekil 7.4.	İncelenen suların ^3H -EC ilişkisi.....	150
Şekil 7.5.	$\delta^{18}\text{O}$ - Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ilişkisini gösterir grafik.....	152
Şekil 7.6.	Topografik yükselti - sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ilişkisini gösterir grafik.....	153
Şekil 8.1.	SK - 48, SK-49 ve SK-37 numaralı araştırma kuyularında yatay ve düşey yönde EC dağılımı (Ekim 2012).....	157
Şekil 8.2.	SK - 48, SK-49 ve SK-37 numaralı araştırma kuyularında yatay ve düşey yönde EC dağılımı (Mart 2013).....	158
Şekil 8.3.	SK - 48 numaralı araştırma kuyusunda EC değerlerinin derinliğe bağlı eğilim çizgisi (Ekim 2012).....	159
Şekil 8.4.	SK - 48 numaralı araştırma kuyusunda EC değerlerinin derinliğe bağlı eğilim çizgisi (Mart 2013).....	159
Şekil 8.5.	SK - 37 numaralı araştırma kuyusunda EC değerlerinin derinliğe bağlı eğilim çizgisi (Ekim 2012).....	160
Şekil 8.6.	SK - 37 numaralı araştırma kuyusunda EC değerlerinin derinliğe bağlı eğilim çizgisi (Mart 2013).....	161
Şekil 8.7.	SK - 51, SK-45 ve SK-44 numaralı araştırma kuyularında yatay ve düşey yönde EC dağılımı (Ekim 2012).....	161
Şekil 8.8.	SK - 51, SK-45 ve SK-44 numaralı araştırma kuyularında yatay ve düşey yönde EC dağılımı (Mart 2013).....	162
Şekil 8.9.	SK-51, SK-45 ve SK-44 numaralı araştırma kuyularında EC değerlerinin derinliğe bağlı eğilim çizgileri (Ekim 2012).....	163
Şekil 8.10.	SK-51, SK-45 ve SK-44 numaralı araştırma kuyularında EC değerlerinin derinliğe bağlı eğilim çizgileri (Mart 2013).....	165
Şekil 8.11.	SK-50, SK-46 ve SK-43 numaralı araştırma kuyularında yatay ve düşey yönde EC dağılımı (Ekim 2012).....	166
Şekil 8.12.	SK-50, SK-46 ve SK-43 numaralı araştırma kuyularında yatay ve düşey yönde EC dağılımı (Mart 2013).....	167
Şekil 8.13.	SK-50, SK-46 ve SK-43 numaralı araştırma kuyularında EC değerlerinin derinliğe bağlı eğilim çizgileri (Ekim 2012).....	168
Şekil 8.14.	SK-50 numaralı araştırma kuyusunda EC değerlerinin derinliğe bağlı eğilim çizgisi (Mart 2013).....	169

Şekil 8.15. SK-5, 50, 51 ve 48 numaralı araştırma kuyularında yatay ve düşey yönde EC dağılımı (Ekim 2012).....	170
Şekil 8.16. SK-5, 50, 51 ve 48 numaralı araştırma kuyularında yatay ve düşey yönde EC (Mart 2013).....	171
Şekil 8.17. SK-5 numaralı araştırma kuyularında EC değerlerinin derinliğe bağlı eğilim çizgileri (Ekim 2012, Mart 2013).....	172
Şekil 8.18. İnceleme alanında klor iyonunun dağılımı (Eylül 2012).....	173
Şekil 8.19. İnceleme alanında klor iyonunun dağılımı (Mayıs 2012).....	174
Şekil 8.20. İnceleme alanında sodyum iyonunun dağılımı (Eylül 2012).....	175
Şekil 8.21. İnceleme alanında sodyum iyonunun dağılımı (Mayıs 2012).....	176
Şekil 8.22. İnceleme alanında tuzluluk (%) dağılımı (Mayıs 2012).....	177
Şekil 8.23. İnceleme alanında tuzluluk (%) dağılımı (Eylül 2012).....	178
Şekil 8.24. İnceleme alanında EC dağılımı (Eylül 2012).....	179
Şekil 8.25. Hat-2 ve Hat-4 güzergahında bulunan örnekleme noktalarının uzaklığa bağlı EC değişimleri.....	180
Şekil 8.26. Hat-6 güzergahında bulunan örnekleme noktalarının uzaklığa bağlı EC değişimleri.....	181
Şekil 8.27. CBS çalışmaları kapsamında uygulanan akış şeması.....	185
Şekil 8.28. İnceleme alanında tuzlanma riski açısından sulama suyu kalitesinin değişimi.....	186
Şekil 8.29. Modelleme çalışması kapsamında ArcGIS yazılımının kullanımı.....	189
Şekil 8.30. İnceleme alanında 908 metre kotunda kuzey - güney yönlü tuzlu su girişiminin yayılımı (Mart 2013).....	190
Şekil 8.31. İnceleme alanında batı-doğu yönlü tuzlu su girişiminin yayılımı (Mart 2013).....	190
Şekil 8.32. Kuzey - güney yönlü tuzlu su girişiminin derinliğe bağlı yayılımı.....	191
Şekil 8.33. Tuz Gölü'nün oluşum mekanizmasını gösterir model.....	192

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 4.1. İnceleme alanı ve çevresindeki MGI'ye ait yağış verileri.....	44
Çizelge 4.2. Eş yağış eğrileri yöntemi ile hesaplanan yıllık ortalama yağış değeri.....	49
Çizelge 4.3. İnceleme alanı ve çevresindeki MGI'ye ait sıcaklık verileri.....	51
Çizelge 4.4. Meteoroloji istasyonları için kullanılan enlem düzeltme katsayıları (k).....	54
Çizelge 4.5. Thornthwaite yöntemi ile hesaplanan inceleme alanı ve çevresine ait aylık potansiyel buharlaşma - terleme (ETp) değerleri (1970 - 2011 yılları arası).....	55
Çizelge 4.6. İnceleme alanı ve çevresi için Thornthwaite yöntemi ile hazırlanmış su bilançosu.....	57
Çizelge 4.7. Turc yöntemi ile hesaplanan inceleme alanı ve çevresine ait gerçek buharlaşma - terleme (ETg) değerleri.....	58
Çizelge 4.8. İnceleme alanına ait Penman yöntemi ile hazırlanmış aylık potansiyel buharlaşma değerleri.....	60
Çizelge 4.9. İnceleme alanı ve çevresi için Penman yöntemi ile hazırlanmış su bilançosu.....	62
Çizelge 4.10. Orta Anadolu koşullarında aylara göre bitkilerin günlük ortalama ve mevsimlik toplam su tüketimleri.....	65
Çizelge 5.1. Karotiyerle yapılan deneyler sonucu hesaplanan alüvyonun ortalama geçirimsizlik değeri.....	74
Çizelge 5.2. Alüvyon akiferde yapılan pompalama deney şartları.....	75
Çizelge 5.3. Elek analizine bağlı olarak hesaplanan geçirgenlik katsayısı eşitlikleri.....	78
Çizelge 5.4. Araştırma kuyularında zamansal su seviyesi ölçümleri.....	83
Çizelge 5.5. İnceleme alanında yer alan kaynaklara ait bilgiler.....	92
Çizelge 5.6. İnceleme alanında mevcut kuyulara ait bilgiler.....	93
Çizelge 5.7. Araştırma kapsamında açılan sondaj kuyularına ait özellikler.....	95
Çizelge 6.1. İnceleme alanında belirlenen örnekleme dağılım hatları.....	101
Çizelge 6.2. Örnekleme dönemleri, fiziksel ölçümler ve kimyasal analiz çalışmaları.....	102
Çizelge 6.3. İnceleme alanındaki suların Eylül 2011 örnekleme dönemine ait fiziksel ölçüm sonuçları.....	103
Çizelge 6.4. İnceleme alanındaki suların Mayıs 2012 örnekleme dönemine ait fiziksel ölçüm sonuçları.....	104
Çizelge 6.5. İnceleme alanındaki suların Eylül 2012 örnekleme dönemine ait fiziksel ölçüm sonuçları.....	105
Çizelge 6.6. İnceleme alanındaki suların Eylül 2011 örnekleme dönemine ait kimyasal analiz sonuçları.....	110

Çizelge 6.7.	İnceleme alanındaki suların Mayıs 2012 örnekleme dönemine ait kimyasal analiz sonuçları.....	111
Çizelge 6.8.	İnceleme alanındaki suların Eylül 2012 örnekleme dönemine ait kimyasal analiz sonuçları.....	112
Çizelge 6.9.	Örnekleme dönemlerine ait sularda bulunan iyonların dizilimleri ve su tipleri.....	116
Çizelge 6.10.	İnceleme alanındaki suların ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramına göre sınıflaması.....	128
Çizelge 6.11.	İnceleme alanındaki suların Wilcox diyagramına göre sınıflaması.....	128
Çizelge 6.12.	Mayıs 2012 örnekleme dönemine ait doygunluk indisi sonuçları.....	130
Çizelge 6.13.	Eylül 2012 örnekleme dönemine ait doygunluk indisi sonuçları.....	131
Çizelge 6.14.	İnceleme alanındaki suların ağır metal analiz sonuçları (Eylül 2011).....	134
Çizelge 6.15.	İnceleme alanındaki suların ağır metal analiz sonuçları (Mayıs 2012).....	135
Çizelge 6.16.	İnceleme alanındaki kayaçların jeokimyasal analiz sonuçları.....	138
Çizelge 6.17.	Ağır metal analiz sonuçlarının Pearson korelasyon katsayıları.....	141
Çizelge 6.18.	Özdeğer istatistiğine bağlı faktör sayısı ve açıklanan varyans yüzdesi.....	142
Çizelge 6.19.	Döndürülmüş faktör matrisi.....	142
Çizelge 7.1.	İnceleme alanındaki suların izotop analiz sonuçları.....	145
Çizelge 7.2.	1963 - 2001 yılları için yağış ağırlıklı yıllık ortalama ¹⁸ O değerleri (Temmuz, Ağustos, Eylül ayları hariç) ve yıllık ortalama hava sıcaklığı.....	151
Çizelge 7.3.	Bazı su kaynakları için hesaplanan beslenim yüksekliği değerleri.....	153
Çizelge 8.1.	Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite parametreleri.....	180
Çizelge 8.2.	Tuzluluk riski için oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi.....	182
Çizelge 8.3.	Karşılaştırma matrisinde kullanılan önem skalası.....	183
Çizelge 8.4.	Kuyuların iyon değerlerine göre hesaplanmış Tuz Gölü ile olan etkileşim oranları.....	188

SİMGELER DİZİNİ

$^{\circ}\text{C}$	Santigrad derece
^2H	Döteryum
^3H	Tritiyum
^{18}O	Oksijen-18
U_2	Yüzeyden 2 metre yükseklikteki rüzgarın aylık ortalama hızı
δ	‰ (binde)
%	Yüzde
% Na	Sodyum yüzdesi
Δ	Mutlak sıcaklıktaki doymuş su buharı ile günlük hava sıcaklığı arasındaki ilişkiyi belirleyen katsayı
ΔS	Depolamadaki rezerv değişimi
ΣE_{Tp}	Toplam potansiyel buharlaşma - terleme
ΣP_{ort}	Ortalama yıllık toplam yağış
ΣP_{max}	Yıllık en fazla toplam yağış
ΣP_{min}	Yıllık en az toplam yağış

KISALTMALAR DİZİNİ

AGİ	Akım gözlem istasyonu
AIH	Hidrojeologlar Birliği
A_{yer}	Yeraltı suyuna akış
B	Batı
B	Boltzman katsayısı
C_{ab}	Sıcaklığa bağlı katsayı
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
D	Derinlik
D	Doğu
d	Döteryum fazlası
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DMSD	Dünya Meteorik Su Doğrusu
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
E	Günlük potansiyel buharlaşma
EC	Elektriksel iletkenlik
e_d	Günlük ortalama sıcaklıktaki havanın doymuş su buharı basıncı
Eh	Yükseltgenme indirgenme potansiyeli
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
E_{su}	Eksik su
ESR	Değişebilir sodyum oranı
ETg	Gerçek buharlaşma - terleme
ETp	Potansiyel buharlaşma - terleme
F_{su}	Fazla su
G	Güney
g	Yerçekimi ivmesi
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
GG	Geçirimli
GMWL	Küresel Meteorik Su Doğrusu
GY	Yarı geçirimli
GZ	Geçirimsiz

H	Buharlaşma yüzeyinde kullanılan güneş enerjisi miktarı
h	Su yüksekliği
IDW	Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon tekniği
I	Yıllık toplam sıcaklık indisi
i	Aylık sıcaklık indisi
K	Geçirgenlik
k	Enlem düzeltme katsayısı
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
L	Karotiyer uzunluğu
MGİ	Meteoroloji Gözlem İstasyonu
MTA	Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü
N	Aylık ortalama astronomik güneşlenme süresi
n	Aylık ortalama güneşlenme süresi
N_{kort}	Ortalama aylık nemlilik katsayısı
OAKK	Orta Anadolu Kristalin Karmaşığı
KB	zel evre Koruma Kurumu Başkanlığı
P	Yağış
pH	Hidrojen iyonu konsantrasyonu
R	Kuyu apı
R_H	Bağıl nem
r	Karotiyer yarıçapı
RK	Tutarlılık katsayısı
R_{su}	Rezerv su
S	Depolama katsayısı
SAR	Sodyum absorpsiyon oranı
SCT	Portatif kondüktivite metre
SI	Doygunluk indisi
S_{ort}	Ortalama yıllık sıcaklık
S_{ortmax}	Aylık ortalama en yüksek sıcaklık
S_{ortmin}	Aylık ortalama en düşük sıcaklık
T	İletimlilik katsayısı
T	Sıcaklık
t	Zaman
TDS	Toplam znmş katı madde

TGFZ	Tuz Gölü Fay Zonu
TIN	Triangular Irregular Networks
TO	Tutarlılık oranı
TPAO	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TU	Tritiyum birimi
USBR	United States Bureau of Reclamation
UTM	Universal Transverse Mercator
v	Kinematik viskozite
V_{ort}	Ortalama hız
Q	Debi
Q_{bes}	Sisteme giren su miktarı
Q_{boş}	Sistemden çıkan su miktarı
XRD	X-Işını Difraksiyonu
XRF	X-Işını Floresans
w	Kullanılan su

1. GİRİŞ

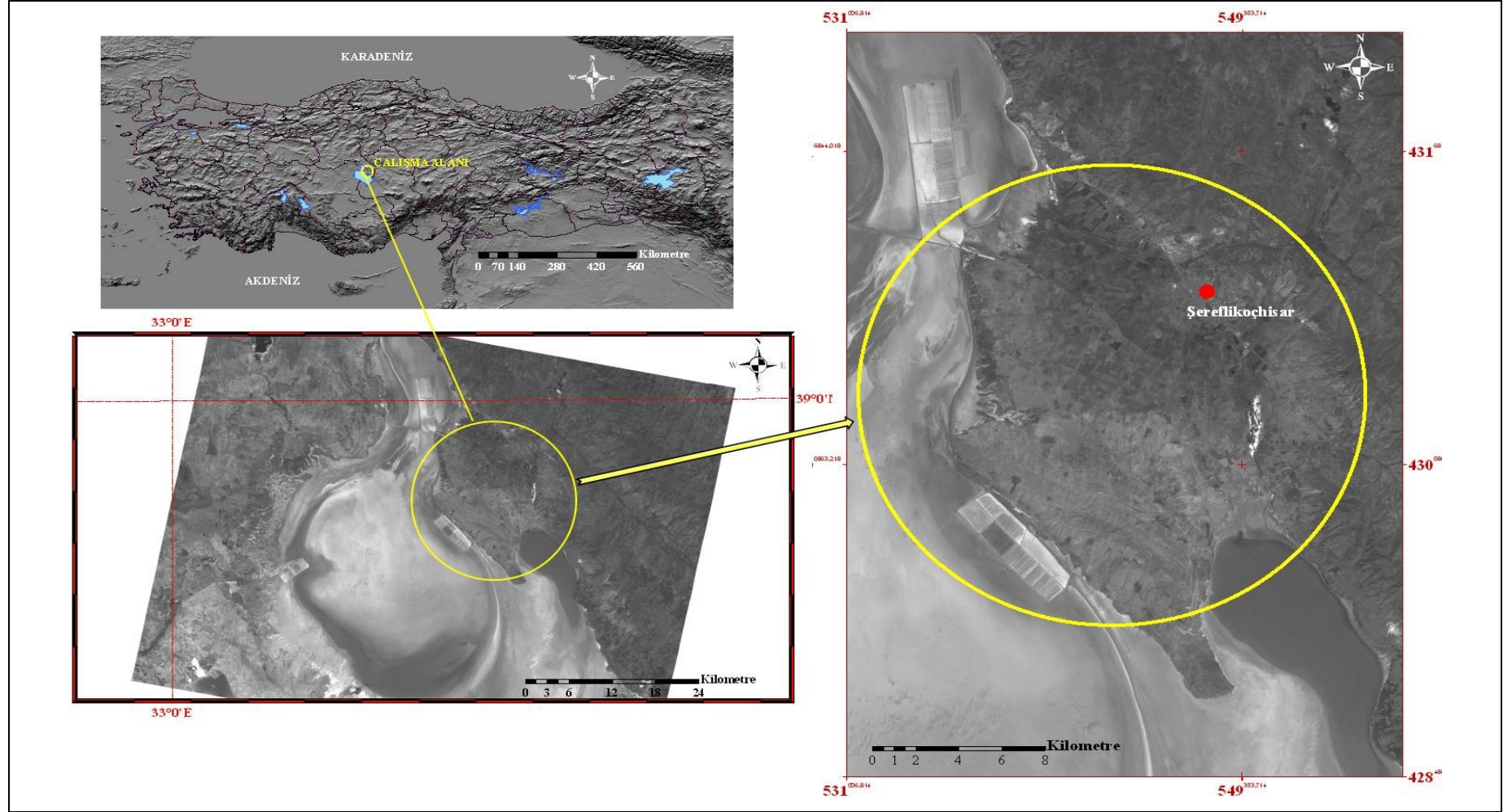
1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Tuz Gölü ülkemizin en büyük tuz rezervine sahiptir. Bölgenin hidrojeolojik yapısı ve hidrolik özellikleri tuz çökellerinin oluşumunda önemli bir rol oynar. Son yıllarda gözlemlenen yağışlardaki azalmalar, küresel ısınmaya bağlı iklim değişiklikleri, artan nüfus ve plansız yeraltı suyu kullanımı gibi etkenler Tuz Gölü'nün doğal yapısının zarar görmesine neden olmuştur dolayısıyla Tuz Gölü ve çevresinde yer alan diğer su kaynaklarını sürekli denetim ve kontrol altında tutma gereksinimi vardır. Tuz Gölü'nün güncel hidrojeolojik özelliklerinin ortaya konulması, doğal oluşum yapısını etkileyebilecek noktasal veya alansal etkilerin tespit edilmesi Tuz Gölü'nün geleceği açısından önemlidir.

Bu çalışmanın amacı, Tuz Gölü ve çevresinde yer alan yeraltı su kaynaklarının su kimyası ve hidrolik sistem özellikleri farklı zamansal verilerin kullanımı ile tespit edilmiş ve kavramsal hidrojeolojik model oluşturulmuştur. Bu sayede Tuz Gölü'nün gelecek dönemlere ait zamansal değişimi planlanabilecektir. Hidrojeolojik model aynı zamanda Tuz Gölü'nün tatlı su akiferlerine olumsuz etkilerini de ortaya çıkartarak gelecekte su ve tarım alanlarında daha verimli çalışmaların yapılabilmesine imkan vererek kaynakların sürdürülebilirliği sağlanabilecektir. Tez aynı zamanda Tuz Gölü Havzası'nda gerçekleştirilecek projeler için ihtiyaç duyulan bilimsel verilerin oluşturulması ve bilgi birikiminin sağlanması konusunda da katkıda bulunacaktır. Bu çalışma özellikle Tuz Gölü'nde yapılması planlanan ülkemizin geleceği açısından önemli nükleer atık, doğalgaz depolama gibi projeler için de yol gösterici olacaktır.

1.2. İnceleme Alanının Konumu

İnceleme alanı, İç Anadolu Bölgesi'nde Tuz Gölü'nün doğusunda $33^{\circ} 23'$ ve $33^{\circ} 37'$ doğu boylamları ile $39^{\circ} 03'$ ve $38^{\circ} 45'$ kuzey enlemleri arasında K30b2, K30b3, K31a1 ve K31a4 isimli 1/25.000'lik pafta sınırları içerisinde yer alır (Şekil 1.1.).



Şekil 1.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

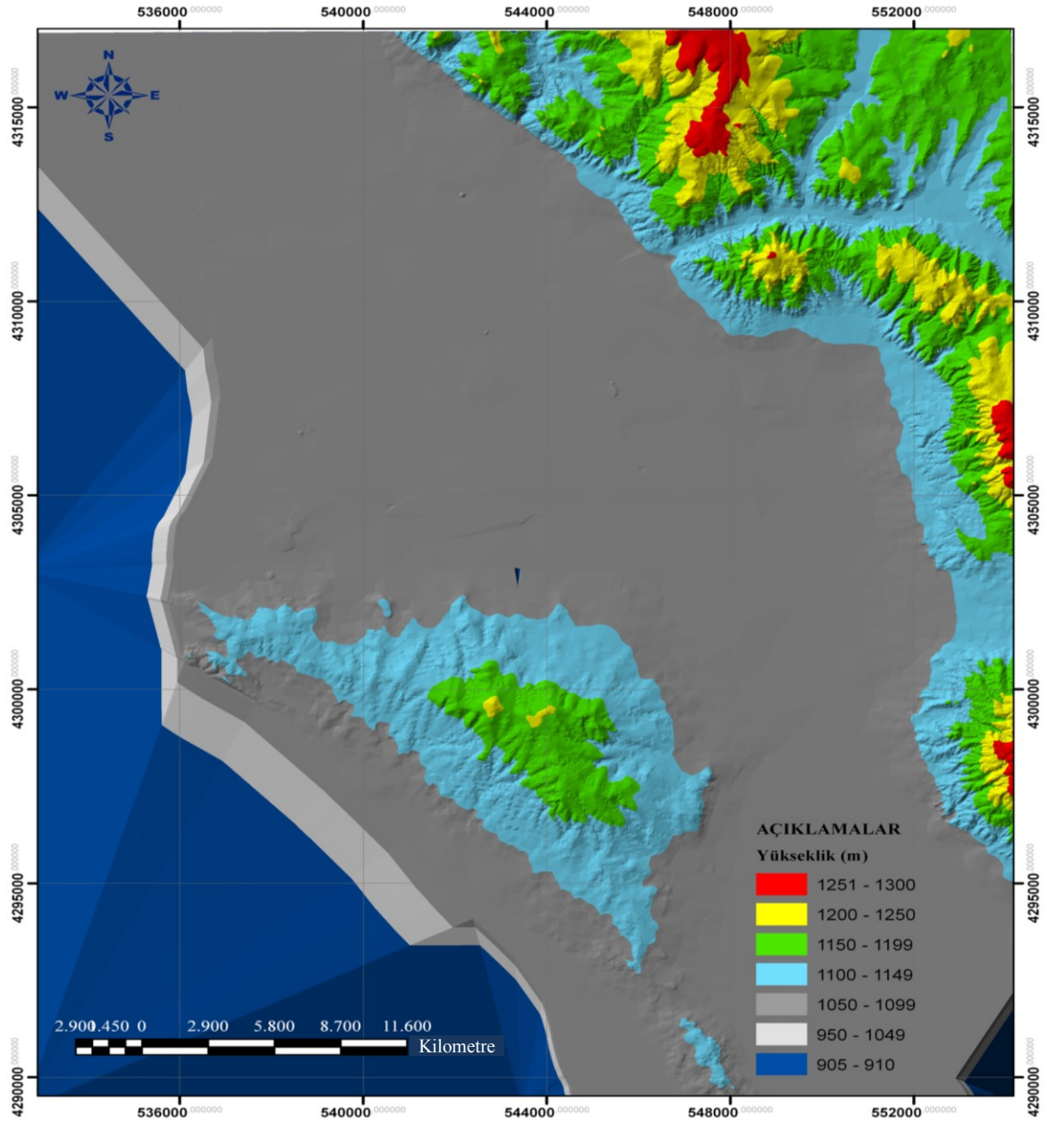
550 km²'lik bir alan kaplayan inceleme alanının ortalama denizden yüksekliği 1050 metre olup, Tuz Gölü Havzası sınırları içerisinde yer alır. İnceleme alanının batısında 1665 km²'lik ortalama yüzey alanına sahip Türkiye'nin ikinci büyük gölü olan Tuz Gölü bulunur. İnceleme alanı güneyde Aksaray, doğuda Kırşehir, kuzeyde ise Ankara illerine bağlı ilçe, kasaba ve köy büyüklüğündeki yerleşim alanları ile sınırlıdır. İnceleme alanındaki en önemli yerleşim birimi Ankara'nın Şereflikoçhisar ilçesidir. Türkiye'nin önemli karayollarından birisi olan Aksaray - Ankara E90 karayolu, çalışma alanı içerisinde bulunan Şereflikoçhisar ilçe merkezinden geçmektedir.

1.3. İnceleme Alanının Coğrafi Özellikleri

İnceleme alanı içerisinde yer alan en önemli yerleşim alanları Şereflikoçhisar ilçesi ve ilçeye bağlı Hamzalı, Çavuş, Karamollauşağı ve Emek köyleridir. Bölgenin ortalama yıllık sıcaklığı 12.4 °C ortalama yıllık yağış miktarı ise 360 mm.'dir. Yaz mevsimleri sıcak ve kurak, kış mevsimleri ise soğuk ve yağışlı geçer. Yaz aylarında buharlaşma oranı oldukça yüksektir. İnceleme alanı düz bir topoğrafyaya sahiptir. Tektonizmaya ilişkin olarak batı ve doğuda yüksek tepelerle çevrilmiştir (Şekil 1.2.).

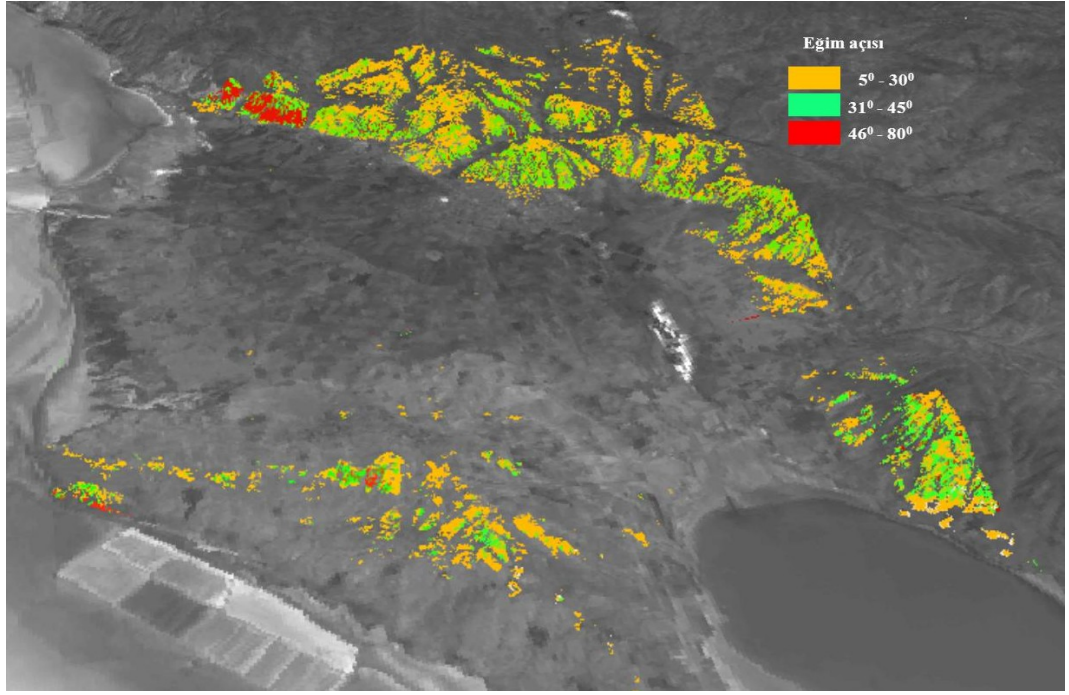
İnceleme alanında eğimler genel olarak 10° - 45° arasında dağılım gösterir. Yer yer yüksek kotlu tepelerde eğim miktarı 62°'ye kadar çıkabilmektedir (Şekil 1.3.). İnceleme alanının doğusunu sınırlayan önemli yükseltiler arasında Atalığıninkafa tepe (1207 m.), Mollaishakdölek tepe (1216 m.), Güvercinlik tepe (1126 m.) ve Ada tepe (1065 m.) sayılabilir. İnceleme alanının batısında yer alan önemli yükseltiler ise Kızılkale tepe (1155 m.), Çavuşkalesi tepe (1157 m.), Bağıolu tepe (993 m.), Gülistan tepe (1010 m.), Cılız tepe (1040 m.), Gökkisli tepe (1120 m.), Boruklu tepe (1050 m.) ve Büvelek tepe (1060 m.)'dir.

İnceleme alanı içerisinde mevsimsel yağışlara bağlı olarak yüksek kotlu tepelerden eğimle birlikte gelişen episodik akarsuların dışında önemli bir akarsu ağı bulunmamaktadır. Bölgenin en önemli akarsuyu olan Peçeneközü çayı ise Şereflikoçhisar ilçesinin 15 km. güneydoğusunda sulama ve içme amaçlı kurulan Peçenek barajı tarafından tutulmaktadır.



Şekil 1.2. İnceleme alanının yükseklik kot haritası

Tuz Gölü'nün doğusunda kalan Şereflikoçhisar ovasının kapladığı alan 330 km²'dir. 2014 yılında tamamlanması beklenen Peçenek barajı ve Şereflikoçhisar ovası sulama projesi ise, yalnızca 14 km² bir alanı sulayabilme kapasitesine sahip olacaktır. Bölgede yer alan tarım arazilerinin su ihtiyacı yüksek oranda yeraltı suyu kullanımı ile giderilmektedir. Yüksek kotlu tepelerden meteorik kökenli yağışlarla beslenen ova bölgenin en önemli tarım alanıdır. Morfoloji, arazi kullanımı ve yeraltı suyunun varlığı bölgedeki bitki dağılımını etkileyen en önemli faktörlerdir. Bitki örtüsü genel olarak bozkır şeklinde gelişmekte olup, en önemli bitkiler insanlar tarafından yetiştirilen söğüt, kavak ve meyve ağaçlarıdır. Tuz Gölü yayılım alanı içerisinde çok zayıf tuzcul çalı şeklinde floraya da rastlanır.



Şekil 1.3. İnceleme alanının eğim dağılımı

İnceleme alanı ve çevresinde insanların geçim kaynakları tarım, hayvancılık, tuz üretimi ve karayolu taşımacılığıdır. Yetiştirilen ürünler arasında buğday, arpa, şekerpancarı, mısır, mercimek, nohut, kavun ve karpuz önemli bir yer tutar. Türkiye'nin tuz üretiminin önemli bir bölümünü karşılayan Kayacık ve Kaldırım tuzlaları inceleme alanı içerisinde yer alır. Bu tuzlalardan yıllık tuz üretimi 1milyon ton civarındadır.

1.4. Önceki Çalışmalar

1.4.1. Jeolojik çalışmalar

İnceleme alanı ve çevresindeki detaylı jeolojik çalışmalar Agalede (1954), Rigo de ve Cortesini (1959), Beekman (1966), Erol (1969), Arıkan (1975), Turgut (1978), Görür ve Derman (1978), Derman (1980), Uygun (1981), Dellaloğlu ve Aksu (1984), Oktay ve Dellaloğlu (1987), Çemen ve Dirik (1992), Çamur ve Mutlu (1995), Göncüoğlu ve diğ. (1996), Illeez ve diğ. (1996), Sonel ve diğ. (1996), Orhan ve diğ. (1997), Çemen ve diğ. (1999), Dirik ve Erol (2000), Ünlütürk (2000), Varol ve diğ. (2000), Ayyıldız (2000), Sonel ve diğ. (2003), Şenyurt ve Arıkan (2004), Kurt ve Arslan (2005), Aydemir (2008) ve Kürçer ve diğ. (2012) tarafından gerçekleştirilmiştir. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) tarafından uzun yıllar boyunca Tuz Gölü Havzasının petrol imkanları ve hidrokarbon potansiyeli hakkında 25'in üzerinde rapor hazırlanmıştır.

Araştırmacılar çalışmalarında Tuz Gölü ve çevresini genel jeoloji, mineraloji, jeokimyasal ve sediman petrografisi açısından incelemişler, tuz oluşumu ve tuz çökellerinin çökelim şartlarını da belirlemişlerdir. Ayrıca Tuz Gölü Fayı'nı konu alan birçok araştırma da yapılmıştır.

Agalede (1954), çalışmasında Tuz Gölü'nün batı ve güneybatısının jeolojisini incelemiş çalışma alanında Tuz Gölü çökellerine dikkat çekmiştir.

Righi ve Cortesini (1959), Tuz Gölü Havzasının stratigrafisini ve yapısal durumunu çalışmışlar, Üst Kretase de karasal birimlerin çökeldiğini belirtmişler ve Asmaboğazı, Kırkkavak ve Mezgit formasyonlarını ilk kez tanımlamışlardır.

Beekman (1966), Tuz Gölü Havzası'nın güneydoğu kesimlerini etkisi altında bırakan Hasandağı ve Melendiz volkanizmaları ile volkanizmalar sonucu ortaya çıkan volkanosedimanter kayaçları ayrıntılı olarak incelemiştir.

Erol (1969), Tuz Gölü Havzası'nın jeoloji ve jeomorfolojisini incelemiş havzanın horst - graben yapısına bağlı olarak geliştiği ve havza tabanının Kuvaterner'de çökmeye devam ettiğini vurgulamış bölgenin Miyosen - Alt Pliyosen sırasında tatlı su ile kaplı olan bu gölün küçülerek Üst Pliyosen'de varlığını koruduğunu belirtmiştir.

Arıkan (1975), Tuz Gölü Havzası'nın jeolojisi ve petrol imkanlarını araştırmıştır. Havzanın Üst Senoniyen - Oligosen süresince geliştiğini ve elverişli ve önemli hazne kaya seviyelerinin çeşitli yaştaki (Paleosen, Eosen, Oligosen) kumtaşları ve Paleosen karbonatları olduğunu belirtmiştir.

Turgut (1978), çalışmasında Tuz Gölü Havzası'nın Üst Mestrihtiyen - Daniyen zamanında sığlaşması ile birlikte kuzeyde kireçtaşlarının çökeldiği, güneyde ise denizin lagün özelliği kazanıp; deniz suyu tuzluluğunun aşırı derecede artması sonucu evaporitik kayaçların çökmesine neden olduğunu belirterek, havzadaki tuz domlarının oluşumunu açıklamıştır.

Görür ve Derman (1978), Tuz Gölü Havzası'nda bulunan tuzların yaşlarının Maestrihtiyen olabileceğini, Tuz Gölü baseninde birden fazla evaporit oluşumu olduğunu belirtmişlerdir.

Derman (1980), TPAO adına yaptığı çalışmada Tuz Gölü doğu ve kuzeyinin jeolojisini incelemiş, inceleme alanında yer alan karasal ve gölssel birimleri sınıflandırmıştır.

Uygun (1981), Tuz Gölü Havzası'nın stratigrafisini, evaporit oluşumlarını ve hidrokarbon olanaklarını araştırmıştır.

Dellaloğlu ve Aksu (1984), Kulu - Şereflikoçhisar ve Aksaray çevrelerinde jeolojik çalışmalar yapıp bölgede sadece tek evaporitik oluşum dönemi olduğunu belirtmişler, birden fazla seviyede gözlemlenen evaporit oluşumlarının esasında bindirmeler yoluyla tekrar edildiğini savunmuşlardır.

Oktay ve Dellaloğlu (1987), Kulu - Aksaray arasındaki çalışmalarında temel birimleri ofiyolitik bir karmaşık ile üzerlenmiş, mağmatik sokulumlarla kesilmiş Orta Anadolu Metamorfitlerin oluşturduğunu ve bu temel birimlerin üzerinde bölgesel uyumsuzluklarla ayrılan 5 ayrı evrenin yer aldığını ifade etmişlerdir.

Çemen ve Dirik (1992), Tuz Gölü Havzası'nın kuzeydoğu kesiminin stratigrafisini, yapısal özelliklerini ve havzanın jeolojik oluşumunu incelemişler, Koçhisar formasyonunun hem Yassıpur hem de Karapınaryaylası formasyonunu uyumsuz olarak örttüğünü belirtmişlerdir.

Çamur ve Mutlu (1995), Tuz Gölü'ndeki mineral çökelişini incelemişlerdir. Ana göl bölgesinde çökellerin esas olarak jips, halit, manyezit ve polihalit minerallerinden oluşmakta, derin bölgede ise çökel minerallerinin Mg-kalsit ve dolomit olduğunu belirtmişlerdir.

Göncüoğlu ve diğ. (1996), çalışmalarında bölgede saha jeolojisi ve petrografik çalışmalar gerçekleştirmişler bölgenin jeolojik evrimini yorumlamışlardır. Tuz Gölü Havzası'nın güneybatı temeli ile doğudaki temelin üzerine gelen ilk çökellerin çökelme ortamlarının ve yaşlarının aynı olduğunu belirtmişlerdir.

İllez ve diğ. (1996), Tuz Gölü baseni ve çevresindeki hidrokarbon kaya potansiyelini araştırmışlar; Kretase-Tersiyer yaş aralığındaki kayaçlar üzerinde organik jeokimya ve organik petrografi analizleri gerçekleştirmişlerdir.

Sonel ve diğ. (1996), TPAO adına gerçekleştirdikleri çalışmada Tuz Gölü Havzası'nın jeolojisi ve hidrokarbon olanaklarını incelemişlerdir.

Orhan ve diğ. (1997), Şereflikoçhisar - Aksaray arasında Üst Kretase yaşlı Asmaboğazı formasyonunun diyajenetik özelliklerini incelemişler formasyonun sığ denizel ortamda çökelmiş çakıltası, kumtaşı - çamurtaşı ardalanması ve bol Hippuritesli kireçtaşlarından oluştuğunu belirtmişlerdir.

Çemen ve diğ. (1999), çalışmalarında Tuz Gölü Havzası'nın yapısal değişimini ve bölgenin stratigrafisini incelemişler, Tuz Gölü Havzası'nın temeli üzerindeki sedimantasyonun Üst Maestrihtiyen - Alt Paleosen yaşlı çökellerle başladığını ifade etmişlerdir.

Dirik ve Erol (2000), Tuz Gölü ve civarının teknomorfolojik evrimini incelemişler, Tuz Gölü Havzası'nın geç Maestrihtiyen'de graben olarak başladığını ve Orta Eosen'e kadar çöküntünün devam ettiğini ileri sürmüşlerdir.

Ünlütürk (2000), Tuzgölü - Haymana Havzası ile ilgili mevcut olan bütün verileri gözden geçirmiş, havzanın jeolojik zaman periyodundaki paleocoğrafik evrimini, sedimantoljik gelişimini ve hidrokarbon potansiyelini ortaya koymuştur.

Varol ve diğ. (2000), Tuz Gölü ve çevresinde bulunan Eosen - Oligosen jipslerinin sedimantolojik ve izotopik özelliklerini araştırmışlardır.

Ayyıldız (2000), çalışmasında Tuz Gölü'nün doğusunda yer alan Karapınar yaylası formasyonunun diyajenezi ve hazne kaya özelliklerini belirlemiş; Paleosen ve Eosen yaşlı kumtaşlarını petrografik olarak incelemiş ve Eosen yaşlı masif kumtaşlarının hidrokarbon yönünden önem arz ettiğini belirtmiştir.

Sonel ve diğ. (2003), Mezgit formasyonunun diyajenezi ve rezervuar jeolojisini incelemişler, Mezgit formasyonu kumtaşlarının oldukça iyi geçirgenlik ve boşluk oranı sunduğunu ve hazne kaya özelliği taşıdıklarını belirtmişlerdir.

Şenyurt ve Arıkan (2004), Tuz Gölü Havzası yeraltı tuz domlarından alınan tuz karotlarının sünme karakteristikleri ile ilgili çalışmalar gerçekleştirmiş ve tuz domları içerisinde yapılacak herhangi bir deponun duraylı kalabileceği tek eksenli limit dayanım değerinin 4 MPa olduğunu belirtmişlerdir.

Kurt ve Arslan (2005), çalışmalarında Tuz Gölü doğu ve batısındaki ofiyolitik birimleri jeolojik ve petrografik yönden karşılaştırmışlar, batı bölümündeki gabroik kayaların doğu bölümündeki gabroik kayalardan farklı olduğunu belirtmişlerdir.

Aydemir (2008), çalışmasında Tuz Gölü baseninin hidrokarbon olanaklarını araştırmış ve jeokimyasal analiz sonuçlarıyla jeofizik analizlerini karşılaştırarak toplam organik karbon dağılımını kontur haritalarıyla ortaya koymuştur.

Kürçer ve diğ. (2012), doktora tez çalışması olarak gerçekleştirilen bu çalışmada Tuz Gölü Fay Zonu segment yapısı ve fay üzerinde paleosismoloji çalışmalarında bulunulmuş, Peçenek ve Koçhisar formasyonlarının kalınlıklarıyla ilgili tespitlerde bulunmuş ayrıca Tuz Gölü Fay Zonu'nun ortalama K25-60B doğrultulu, 65-85 GB'ya eğimli, çok küçük oranda sağ yanal doğrultu atım bileşenine sahip yüzeyde yüksek açılı normal faylardan oluşan bir fay zonu olduğunu ortaya koymuştur. Tuz Gölü Fay Zonu'nun sanıldığı gibi Tuz Gölü Havzası'nı doğudan sınırlandıran bir yapısal unsur olmadığını savunmuştur.

1.4.2. Hidrojeolojik çalışmalar

İnceleme alanı ve çevresindeki detaylı ilk hidrojeolojik çalışmalar Devlet Su İşleri (DSİ) adına mevcut su potansiyelinin ortaya çıkarılması ve verimli kullanımının sağlanabilmesi amacıyla farklı araştırmacılar tarafından gerçekleştirilmiştir. Sonraki yıllarda Tuz Gölü'nün ve su kaynaklarının korunmasına yönelik bölgede farklı araştırmacılar tarafından benzer amaçlı konularda çalışmalar yapılmıştır. bölgede çalışma yapan araştırmacılar; Akmandor (1953), Akmandor ve Arıman (1953), Herzog (1954), Gawlik (1956), Asar (1956), Erol (1961), Bozdağ (1965), Yavuz (1975), MTA (1976-1980), Uygun ve Şen (1978), Değirmenci (1981), Öney (1999), Arslan ve Göçmez (2007), Bayarı ve diğ. (2009), Güner (2009), ÖÇKB (2010) ve Kılıç ve Kılıç (2010)'tır.

Tezin amacına yönelik çalışmalar ise çoğunlukla Tuz Gölü'ne benzer yapıya sahip Great Salt Lake üzerinde ve kıyı akiferlerinde tuzlu su girişi şeklinde gerçekleştirilmiştir; Özmürüt (2008), Ünlücömert (2003), Jones vd. (2009), Arnow ve Stephens (1990), Jones ve Deocampo (2003), Konikow ve Reilly (1999), Simmons vd. (2002), Sonenshein ve Koszalka (1996), Werner and Simmons (2009), Winn vd. (2006), Dhar ve Datta (2009).

Akmandor (1953), Şereflikoçhisar ve çevresinde yaptığı hidrojeolojik çalışmalar sonucunda sulanması gereken tarım arazilerinin yüzölçümünü ve sulanabilmesi için gerekli su miktarını hesaplamıştır.

Akmandor ve Arıman (1953), DSİ adına hazırladıkları raporda, sulanacak tarım arazilerinin yüzölçümlerini hesaplamışlar, tarım arazilerinin sulanmasında Peçeneközü çayı üzerine kurulması planlanan barajdan ziyade bölgedeki yeraltı sularından faydalanılması gerektiği fikrini savunmuşlardır.

Herzog (1954), DSİ için gerçekleştirdiği çalışmada bölgenin hidrojeolojisini incelemiş, Peçeneközü çayının üzerinde baraj kurulması hakkında görüş bildirmiştir. Şereflikoçhisar ovasında sulama yapılabilmesi için derin sondajlar önermiş ve sondajların sonucuna göre barajın yapılmasına karar verilmesi gerektiğini savunmuştur.

Gawlik (1956), DSİ adına hazırladığı raporda Tuz Gölü ve Şereflikoçhisar çevresinin hidrojeolojisini incelemiş, birimleri akifer özelliklerine göre sınıflandırmıştır. Pliyosen serilerinin iyi akifer özelliği gösterdiği ve bol yeraltı suyu içerdiğini belirtmiştir.

Asar (1956), Şereflikoçhisar İnceburun yarımadasının hidrojeolojisini incelemiş ve bölgede geniş yayılım gösteren Eosen yaşlı kumtaşlarına dikkat çekmiştir.

Erol (1961), DSİ adına yürüttüğü çalışmada Tuz Gölü'nün doğusu ve Peçenek Havzası'nın hidrojeolojisini incelemiş, inceleme alanının hidrojeolojik, hidrografik ve jeomorfolojik haritalarını tamamlayarak, bölgenin su rezervine ilişkin görüşler belirtmiştir.

Bozdağ (1965), DSİ adına yaptığı incelemelerde Şereflikoçhisar'ın Cıngıl Köyü Yassıpınar bölgesinin hidrojeolojik özelliklerini ortaya koymuş, Yassı Dere

alüvyonunun zayıf akifer özelliği taşıdığını belirtmiş ve Peçeneközü çayı alüvyonunda sondajların yapılmasını önermiştir.

Yavuz (1975), DSİ için hazırladığı raporda, Tuz Gölü doğusu ve Peçeneközü havzası yeraltı suyu rezervlerini incelemiş ve ana akiferinin alüvyon olduğunu belirtmiştir.

Uygun ve Şen (1978), Tuz Gölü suyunun jeokimyasal değişimi konusunda araştırmalar yapmışlar; Tuz Gölü suyundaki anyon ve katyonların zamansal değişimlerini ve mineral çökmesinin etkilerini araştırmışlar, Tuz Gölü'nü erimiş madde içeriklerine göre sığ ve derin olmak üzere iki bölüme ayırmışlardır.

MTA (1976-1980), 1976 - 1980 yılları arasında TEKEL adına yürütülen Tuz Gölü Havzası Projesi kapsamında, Tuz Gölü suyu, tuz kabuğu ve taban çökelleri ile ilgili hidrojeolojik, mineralojik ve petrografik araştırmalar yapılmış, havzanın yeraltı ve yüzey su kaynaklarını da su kimyası açısından incelenmiştir. Tuz Gölü'nden üretilen mevcut tuzun kökenini ve rezervini belirlemek amacıyla çalışmalar yapılmıştır.

Değirmenci (1981), Peçeneközü yöresinin hidrojeolojisini incelemiş ve akiferin Pliyosen yaşlı alüvyon olduğunu belirtmiştir.

Arnou ve Stephens (1990), Great Salt Lake'nün hidrojeolojik özelliklerini çalışmışlar, gölün tuz kaynağı olarak evaporitik kayaçları göstermişlerdir. Gölü besleyen yüzeysel su kaynaklarının dışında gölün kırık sistemlerine bağlı olarak yeraltı suları tarafından beslendiğini iddia etmişlerdir.

Gündoğan ve Helvacı (1996), araştırmacılar Tuz Gölü Havzası sınırları içerisinde yer alan Bolluk Gölü ve çevresinde jeolojik, hidrojeolojik ve gölün ekonomik potansiyeli konularında çalışmalar yapmışlardır. Bolluk Gölü'nün uzanımıyla uyumlu gelişen traverten konilerini incelemişler ve bu konilerden çıkan sülfatlı sular sayesinde Bolluk Gölü'nün sülfatça zenginleştiğini savunmuşlardır.

Sonenshein ve Koszalka (1996), Florida kıyılarında uzun yıllara ait tuzlu su girişimini modellemişler ve çalışmalarında tuzlu su tarafından etkilenmiş sahaları haritalamışlardır.

Öney (1999), Tuz Gölü doğusu ve Peçenek Havzası'nda yaptığı hidrojeolojik incelemelerde yeraltı suyu taşıyan formasyonları tanımlamış, bölgenin hidrolik ve hidrojeolojik özelliklerini belirlemenin yanı sıra beslenme ve boşalım mekanizmalarını da araştırmıştır.

Konikow ve Reilly (1999), Birleşik Devletlerde kıyı akiferlerinde tuzlu su girişimini çalışmışlar ve çalışma alanlarına özel hidrojeolojik modellemeler geliştirmişlerdir.

Simmons ve diğ. (2002), Avusturalya da yeraltı suyu akımı ve tuzlu su girişi üzerine çalışmalarda bulunmuşlardır. Yeraltı su akımının değişim özelliklerinin tuzlu su girişi üzerindeki etkileri incelemişlerdir.

Jones ve Deocampo (2003), tuzlu göl sularının jeokimyasal özelliklerini tatlı su kaynakları ve toprak özellikleri ile karşılaştırmışlar tuzlu su girişimini modellemişlerdir.

Winn ve diğ. (2006), kıyı bölgelerinde ve nehirler üzerinde tuzlu su girişiminin etkilerini değerlendirmişler ve su seviyesinin tuzlu su girişimine etkisini modellemişlerdir.

Arslan ve Göçmez (2007), çalışmalarında Tuz Gölü Havzası'nda Eşmekaya - Sultanhanı arasında kalan bölgedeki yeraltı su seviyesindeki değişimleri gözlemişler, jeolojik birimlerin hidrojeolojik ve yeraltı sularının fiziko - kimyasal özelliklerini belirlemişlerdir. Statik seviyenin bilinçsiz su kullanımına bağlı olarak hızla azaldığını ifade etmişlerdir.

Özmürüt (2008), çalışmasında Küçükköy (Ayvalık) ovasının hidrojeolojisini ve deniz suyu girişimini incelemiş, Yazar çalışmasında tuzlu su girişiminin iç kesimlere doğru genişlediği ve tatlı su akiferlerini kirlettiğini öne sürmüştür.

Bayarı ve diğ. (2009), Konya Kapalı Havzası'nda bulunan yeraltı sularının beslenme alanının Toros Dağları'nın eteklerinden Tuz Gölü'ne doğru uzandığını ¹⁴C model yaşlarının 5000 - 45000 yıl arasında değiştiğini ve ortalama akım hızının 3 m/yıl olduğunu belirtmiştir.

Dhar ve Datta (2009), kıyı akiferlerinde tuzlu su girişiminin etkilerini ve yayılım özelliklerini incelemiş ve haritalamışlardır. Akiferin hidrojeolojik özelliklerindeki değişimleri tuzlu su girişimi açısından yorumlamışlardır.

Güner (2009), çalışmasında Tuz Gölü'nün batısında kalan Yukarı Sakarya Havzasının yeraltı suyu yaş dağılımını belirlemiştir. ^3H ve ^{14}C analizlerinden elde ettiği sonuçlarda incelemeye konu suların büyük bir bölümünün genç ve yaşlı suların karışımından oluştuğunu belirtmiştir.

Jones ve diğ. (2009), ABD'nin Utah eyaletinde bulunan Great Salt Lake' nü jeokimyasal özellikleri açısından incelemişler ve çalışmalarında gölün zamansal değişimini yorumlamışlardır. Gölün tuz içeriğinin evaporitik kayaların çözünmesine bağlı olarak arttığını belirtmişlerdir.

Werner ve Simmons (2009), çalışmalarında denizel akıntılar sonucunda deniz seviyesinin yükselmesine bağlı olarak yeraltı su seviyesinde ve tuzlu su girişimindeki değişimleri gözlemişlerdir.

ÖÇKB (2010), Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı tarafından hazırlanan raporda, Tuz Gölü Havzası'nda bulunan yeraltı ve yüzey su kaynaklarının potansiyel tespiti, hidrojeolojik özellikleri ve verimli kullanımına yönelik esaslar ele alınmıştır.

Kılıç ve Kılıç (2010), çalışmalarında Tuz Gölü'nde ki tuz kabuğunun mineralojisini ve jeokimyasal değişimini araştırmışlar, Tuz Gölü'nün yapısının %98 NaCl olduğunu ve göl suyunun NaCl tipli su sınıfına girdiğini belirtmişlerdir.

1.4.3. Jeofizik çalışmalar

Tuz Gölü ve çevresinde gerçekleştirilen detaylı jeofizik çalışmalar ise Tezel (1968), Uğurtaş (1975), Uğurtay (1993), Ateş ve diğ. (1998) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Tezel (1968), DSİ adına gerçekleştirdiği çalışmasında Şereflikoçhisar ovasında jeofizik çalışmalarda bulunmuş ve alüvyonun kalınlığının 90 metreye kadar ulaşabildiğini söylemiştir.

Uğurtaş (1975), aeromanyetik verilerden yola çıkarak Tuz Gölü Havzası'nın doğu ve batısında farklı taban birimlerinin bulunduğunu; negatif gravite anomalilerin topografik çöküntüler ile çakışmasını yukarı doğru hareket eden tuz kütesinin tepelerini örten formasyonlarda genellikle grabenlerin oluşması ile açıklanabilir olduğunu savunarak tuz domlarının varlığını belirlemiştir.

Uğurtay (1993), Şereflikoçhisar ovası ve Peçenek havzasında DSİ adına jeofizik çalışmalar gerçekleştirmiş, 100 - 200 metre açılımlı 122 adet elektrik sondaj ölçüsü almış ve 25 adet rezistivite etüt kesiti çıkararak yeraltı suyu taşımaya elverişli formasyonları, kalınlık ve yayılımları ile birlikte belirlemiştir.

Ateş ve diğ. (1998), TÜBİTAK adına yönettikleri projede Tuz Gölü ve çevresinin yeraltı jeolojisini jeofizik yöntemlerle incelemişler, bölgede yer alan bazik ve granitik kayaların köklerinin 10 - 15 km derinlere doğru devam ettiğini belirtmişlerdir.

Ünlücömert (2003), çalışmasında Silifke - Göksu deltasında tuzlu su girişimini jeofizik yöntemlerle belirlemiştir. Çalışmaları kapsamında elde ettiği öz direnç değerlerini tuzlu su girişimi ile karşılaştırmıştır.

1.4.4. Kirliliğe yönelik çalışmalar

Tuz Gölü'nde alansal ve noktasal kirlenmenin tesbiti ve giderilmesi konusunda yapılan çalışmalar ise Beker (1989), Ayhan ve diğ (1993), Saral (2000), Tuğ (2006), Gözlev (2006), Karataş (2006), Çevre Bakanlığı Komisyon Raporu (1999) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Beker (1989), Tuz Gölü'ne boşalan tahliye kanallarından aldığı su örneklerinin kirlilik analizlerini yaparak gölde oluşabilecek kirliliğin boyutlarının gelecekte üretilcek tuz kalitesi etkileyeceğini belirtmiş ve bölgenin özel çevre koruma bölgesi ilan edilmesini savunmuştur.

Ayhan ve diğ. (1993), bölgedeki kanalizasyon ve sanayi atık suların Tuz Gölü'nü kirlileme potansiyelini çalışmışlar ve atıkların gölde büyük bir çevresel kirliliğe yol açtığını ortaya koymuşlardır.

Çevre Bakanlığı Komisyon Raporu (1999), Çevre Bakanlığı'nca Tuz Gölü Havzası kapsamında çevre durum raporu hazırlanmış, rapor kapsamında Tuz Gölü havzasında kirliliğe neden olabilecek faaliyetler belirtilmiştir.

Saral (2000), "Tuz Gölü'nden Tuz Üretim Prosesinde Ağır Metal Değişimi" konulu çalışmasında, ağır metallerin ham tuz içinde belirli konsantrasyonlarda bulunmalarına karşılık, rafine edildikten sonra bu seviyenin düştüğünü ve tehlikeli boyut arz etmediğini ortaya koymuştur.

Kılıç (2003), çalışmasında ağır metal miktarlarını belirlemek amacıyla, Tuz Gölü'nden örnekler almış ve bu örneklerdeki ağır metal konsantrasyonu miktarlarını tespit etmiş, ağır metal miktarlarının herhangi bir tehlike arz etmeyecek şekilde, kalite değerlerinin çok altında bulunduğunu belirlemiştir.

Gözlev (2006), Tuz Gölü tuzlalarındaki ağır metal değişimini araştırmış, tuzlalarda tuzlu su, tuz tabakası ve tabakanın altında bulunan killerden numuneler olarak analizler yapmış sonuç olarak kil numunelerinde yüksek ağır metal değerlerine rastlamış olmasına rağmen tuz örneklerinde herhangi bir ağır metal kirliliği olmadığını belirlemiştir.

Karataş (2006), Tuz Gölü sınırları içerisinde sanayi ve endüstriyel tesislerin kanalizasyon atıklarının Tuz Gölü'ne boşaltılması ile göle ulaşan atık su numunelerinden farklı dönemlerde örneklemeler olarak göl suyunu hidrokimyasal açıdan değerlendirmiştir.

Tuğ (2006), çalışmasını Tuz Gölü çevresindeki halofitik vejetasyonda zonlaşmayı etkileyen temel faktörlerin belirlenmesi amacıyla 9 aylık toprak verileri toplamış, her bir zona ve aya ait olan toprak örneklerinde pH, EC, katyon ve anyon analizleri yapmıştır. Aylık olarak yapılan analizler değerlendirildikten sonra yıllık ortalamalar göz önünde bulundurularak zonlaşma üzerinde etkili olan temel değişkenlerin; su ile doygunluk, pH çamur, EC, Ca^{+2} , K^{+} , HCO_3^{-} ve Katyon değişim kapasitesi olduğunu tespit etmiştir.

Ekercin (2007), uzaktan algılamanın, Tuz Gölü ve yakın çevresinde ilk kez uygulandığı çalışmasında Tuz Gölü ve yakın çevresinde uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri

entegre edilmiş olup, eş - zamanlı yer ölçmeleri kullanılarak Tuz Gölü su alanının değişim analizini incelemiştir.

Keskin (2008), Tuz Gölü'nden aldığı toprak ve tuz örneklerinde bulunan doğal radyoaktif elementlerin (Ra-226, U-238, Th232) ve Çernobil kaynaklı radyonüklid olan Cs-137 elementinin gama spektrometre yöntemiyle aktivitelerini belirlemiş ve Tuz Gölü civarındaki topraklardaki aktivite değerlerinin normal seviyede olduğunu belirlemiştir.

2. MATERİYAL ve METOD

Doktora tezi kapsamında yapılan çalışmalar, literatür, arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmiştir.

2.1. Literatür Çalışmaları

Literatür çalışmaları, Tuz Gölü ve çevresi hakkında önceki yıllarda gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilmiş jeolojik, hidrojeolojik, hidrojeokimyasal ve diğer verilerin (meteorolojik veriler vb.) toplanması ve değerlendirilmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar kapsamında tez konusuna yönelik yüksek lisans ve doktora tezleri, Tübitak projeleri, yurtiçi ve yurtdışı bilimsel makaleler, kamu kurum ve kuruluşlar tarafından hazırlanmış çalışmalar incelenmiştir.

Çalışmalar kapsamında inceleme alanına ait spot uydu görüntüsü temin edilerek inceleme alanının yerleşim, ekili tarım arazisi, endüstri alanları ve topoğrafik yükselti gibi analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler kapsamında muhtemel örnekleme noktaları ve açılacak sondaj noktalarının yerleri değerlendirilmiştir.

2.2. Arazi çalışmaları

Arazi çalışmaları sırasında bölgenin jeolojisi incelenerek jeolojik haritası güncellenmiş ve bölgede yer alan kayalar petrografik ve jeokimyasal amaçlı kayaç örneklemeleri yapılmıştır.

İnceleme alanında tatlı su akiferlerinin Tuz Gölü ile olan etkileşiminin niteliği ve miktarını dikey ve yatay yönde belirleyebilmek amacı ile göle dik konumda her birisi 30'ar metre derinliğinde dokuz adet araştırma kuyusu açılmıştır. Bölgede önceki yıllarda açılan ve aşırı tuzlu olması nedeniyle terk edilen bir kuyu da araştırma amacıyla kullanılmıştır. Sondaj çalışmalarıyla eş zamanlı olarak alüvyon birimden akifer kalınlığı boyunca her 1.5 metrede bir sistematik örnekleme yapılmış ve akifer karakteristikleri (porozite, permeabilite, depolanma katsayısı vb.) arazide ve laboratuvar da yapılan deneylerle belirlenmiştir.

Sondaj çalışmalarının tamamlanmasının ardından hidrokimyasal verilerin temin edilebilmesi amacı ile yeraltı sularından yağışlı ve kurak dönem dikkate alınarak farklı zamanlarda (Eylül 2011, Mayıs 2012 ve Eylül 2012) yerinde ölçümler ve laboratuvar deneyleri için örnekleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

2.2.1. Yeraltı Suyu Araştırma Yöntemleri

Örnekleme dönemleri dışında mevsimsel değişimlere bağlı olarak ara dönemlerde yeraltı su seviyesi, pH, sıcaklık, EC, TDS ve tuzluluk gibi fiziksel parametreler yerinde ölçülmüştür. Su örnekleri asitli ve asitsiz olarak çift kapaklı 1 litrelik polietilen şişelere alınmıştır. Su örneklerinin ağır metal içeriklerinin analizi gerçekleştirilinceye kadar meydana gelebilecek etkileşimlerin minimuma indirilmesi amacı ile örneklere HNO_3 ve H_2SO_4 katılmıştır. Anyon ve katyon analizleri için asitsiz örnekler alınmıştır. Arazi çalışmaları kapsamında, söz konusu suların fiziksel parametre değerlerinin ölçümünde WTW-LT 330 marka portatif kondüktivite metre (SCT), Orion marka “pH metre” ve YSI- 055 “oksijenmetre” kullanılmıştır.

Söz konusu araştırma kuyularında akifer sistemin Tuz Gölü ile olan düşey ve yatay yönde etkileşimini belirlemek için Ekim 2012 ve Mart 2013 ölçüm dönemlerinde sabit derinliklerde tuzluluk ve elektriksel iletkenlik değerleri ölçülmüş, yeraltı su seviyesi belirlenerek suların akım yönü gözlenmiştir. Araştırma kuyularında derinliğe bağlı elektriksel iletkenlik, hidrolik basınç ve sıcaklık ölçümlerinde CTD-Diver ölçüm cihazı kullanılmış ve elde edilen veriler Diver-Office 2012.1 programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Ölçümler kuyu derinlikleri boyunca her 1 metreye karşılık gelecek şekilde 5 saniyede bir gerçekleştirilmiştir.

2.3. Laboratuvar çalışmaları

Örnekleme dönemlerine ait su örneklerinin analizleri DSİ Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı Kimya Laboratuvarı ile 5. Bölge Kalite Kontrol ve Laboratuvarı’nda; izotop analizleri ise Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi İzotop Laboratuvarı’nda yapılmıştır. Örnekleme çalışmaları Eylül 2011, Mayıs 2012 ve Eylül 2012 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Örnekleme dönemlerine ait suların sülfat, fosfat, nitrat, nitrit, florür, klorür, bromür gibi anyon değerleri Dionex Ics-1000 ion chromatography tipi cihaz ile suların kimyasal katyon ve ağır metal analizleri ise

Perkinelmer Optima 2100 DV ICP-OES- USA (eş zamanlı indüktif eşleşmiş plazma - optik emisyon spektrometresi) kullanılarak TS 3263 ISO10523, TS 9748 EN 27888, TS 3790 EN ISO 9963, TS EN ISO 10304-1, TS EN ISO 14911 standartlarına uygun olarak ölçülmüştür.

Araştırma sondajlarından alınan karot örnekleri ve örselenmiş örnekler üzerinde Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Zemin Mekaniği Laboratuvarı'nda elek analizleri yapılarak örneklerin eklenik eğrileri çizilmiş, kum örnekler için ampirik formüller yardımıyla geçirimsilik değerleri hesaplanmıştır. Numuneler için zemin özelliklerinin belirlenmesinin yanı sıra sıkılama yöntemi ile toplam porozite değerleri de hesaplanmıştır.

Kayaçların mineralojik - petrografik ve jeokimyasal karakteristiklerini ortaya koymak amacı ile inceleme alanından alınan örneklerin ince kesitleri yaptırılmıştır. Kesitler Leica marka binoküler mikroskop altında incelenmiş ve fotoğraflanmıştır.

Petrografi çalışmalarını desteklemesi amacı ile seçilen 6 adet örnekten XRD (X-Ray Difraksiyonu) analizi yapılmıştır. XRD analizler Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Mikroanaliz Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Analizi yapılacak örnekler 20 mikron boyutunda öğütülerek analize hazır duruma getirilmiştir. XRD analizleri İnel marka Equinox 1000 model XRD cihazında yapılmış ve sonuçlar Search Match programında değerlendirilmiştir. XRD analizlerinde X-Ray kaynağı olarak dalga boyu $\lambda=1.788970$ Å olan Co tüp kullanılmıştır.

2.4. Büro çalışmaları

Büro çalışmaları kapsamında, inceleme alanını temsil edecek meteorolojik istasyonlarından elde edilen 1970 - 2011 yıllarına ait yağış, buharlaşma, sıcaklık vb. veriler değerlendirilerek zaman - yağış, zaman - sıcaklık, zaman - ortalama yağıştan eklenik sapma grafikleri çizilerek sıcaklık ve yağış değerlerindeki döngüsel değişim ortaya konulmuş, yıllık ortalama yağış ve sıcaklık değerleri, güneşlenme süresi ve şiddeti verileri gibi parametrelerden yararlanılarak beslenme ve boşalma süreçleri yorumlanmış ve su bütçesi hazırlanmıştır.

Yeraltı suyu kaynaklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri, ağır metal ve izotop analiz sonuçları ile birlikte değerlendirilerek, hidrojeokimyasal yorum için gerekli şekil ve grafikler hazırlanmış ve bölgedeki yeraltı suyu dolaşım sistemleri açıklanmıştır.

Hidrojeolojik ve diğer veriler ArcGIS yazılımına ait uygun veri tabanı formatında düzenlendikten ve toplanan veriler konumsal ve konumsal olmayan veriler şeklinde sınıflandırıldıktan sonra özellik sınıf yapısına bağlı veritabanı içinde oluşturulan alanlara ait uygun veri türü (string, integer, text, vb.) seçimi yapılarak veri girişi işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Veri tabanının oluşturulmasının ardından, farklı veri kaynaklarından gelen konumsal nitelikteki bilgilerin birleştirilmesi koordinat birliğinin sağlanması için gerekli çevrimler yapılarak amaç ve gereksinimlerine uygun sayı ve detayda katmanlar oluşturulmuştur. Tüm sayısallaştırma işlemleri Universal Transverse Mercator (UTM), International 1909 Spheroid ve European 1950 Datum projeksiyonunda ArcGIS CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Veri tabanı oluşturulduktan sonra araştırmanın gereksinimlerini karşılayacak şekilde değişik tip ve ölçekte kriging interpolasyon yöntemi kullanılarak tematik haritalar üretilmiş ve hidrolik sistemi yansıtabilecek kavramsal model ArcGIS, Surfer ve SolidWorks yazılımları kullanılarak oluşturulmuştur.

3. BÖLGESEL JEOLojİ

3.1. Genel Jeoloji

Çalışma alanında gözlenmemekle birlikte önceki çalışmalar dikkate alındığında bölgesel olarak çalışma alanının temelinde Orta Anadolu Kristalen Kompleksi olarak tanımlanan kaya birimi yer alır. Bu kompleks düzenli bir istif sunan Orta Anadolu Metamorfikleri ve bununla birlikte deformasyon ve metamorfizma geçirmiş Metamorfik Ofiyolitli karışık ve ensimatik yay magmatiklerinden oluşan Orta Anadolu Ofiyolitleri ile bu birimleri sıcak dokanakla kesen Orta Anadolu Granitoyitleri'nden meydana gelen kristalen kayalarla temsil edilir (Göncüoğlu vd., 1996).

Metamorfikler felsik ve mafik ortogneys, şist, mermer, kuvarsit gibi kayalardan oluşmuş olup, genel olarak magmatik katkılı platform çökellerin düşük - orta dereceli basınç, yüksek sıcaklık koşullarında, yeşil şist - almandin - amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğramasıyla oluşmuştur (Atabey, 1989). Kırşehir masifinin doğu uzantısı olan bu birimler bölgedeki yüksek topoğrafyaları oluşturur. Metamorfikler Paleozoyik yaşlı (Atabey, 1989) olup, granit, granodiyorit ve monzonitlerden oluşmuş Orta Anadolu Granitoyitleri tarafından sıcak dokanaklarla kesilmiştir (Göncüoğlu vd., 1991). Kıtasal kabuk kökenli çarpışma tipi granitoyitler ve çarpışma sonraki alkali magmatikleri içeren Orta Anadolu Granitoyitleri'nin sokulum yaşı Üst Kretase'dir (Göncüoğlu vd., 1991). Alterasyonlar sonucu breşimsi ve kırılğan bir yapı kazanan birim genelde koyu grimsi - siyahımsı renklerde olup, orta - iri tanelidir.

Tuz Gölü Havzası Geç Kretase - Oligosen zaman aralığında gelişmiştir. Sübsidans Geç Kretase - Orta Eosen süresince meydana gelmiş ve bunu Geç - Orta Eosen'den başlayan ve Oligosen sonlarına kadar devam eden regresyon takip etmiştir (Arıkan, 1975). Tuz Gölü Havzası Geç Kretase'den başlayıp Orta Eosen sonuna kadar denizel ve Geç Eosen - Kuvaterner zaman aralığında karasal nitelikli sedimanter birimlerle doldurulmuştur (Arıkan, 1975).

Tuz Gölü Havzası'nın temeli üzerindeki sedimantasyon Üst Maestrihtiyen ve Alt Paleosen yaşlı çökellerle başlar (Göncüoğlu vd., 1996; Çemen vd., 1999). Sedimanter istifin ilk birimi havzanın doğu kenarında Maestrihtiyen yaşlı Kartal formasyonudur. Bordo - kırmızı renkli, kalın tabakalı, kötü boylanmalı, yuvarlak - yarı köşeli gevşek çimentolu çakıl taşlarından oluşan birim Tuz Gölü Fayı boyunca yüzeylenir. Çakıldan bloğa kadar değişik boyutlarda gözlemlenen çakılların kökeni andezit - monzonit - gabro - kırmızı çört, granit ve az miktarda metamorfik kayaç parçalarından oluşur. Kartal formasyonu üzerine yanal ve düşey yönde geçişli Üst Maestrihtiyen yaşlı Asmaboğazı formasyonu gelir. Birim esas olarak alt kesimlerinde merceksel geometrili çakıltaşları, gri - yeşil renkli, orta tabakalı Orbitoidesli kumtaşı ve hippuritesli kumlu kireçtaşlarından meydana gelmiştir (Dirik ve Erol, 2000). Asmaboğazı formasyonunun üst seviyelerinde Rudistli kireçtaşları görülür (Göncüoğlu vd., 1996).

Stratigrafik istifte Asmaboğazı formasyonunu Alt Paleosen yaşlı orta kalın tabakalı, bol algli ve beyaz - krem renkli fosilli kireçtaşından oluşan Çaldağ formasyonu izler (Şekil 3.1.). Alt seviyeleri kırmızı renkli kumlu dolomikritik olan Çaldağ formasyonu, üste doğru yeşil renkli marn - kumtaşı ardalanması ile devam eder ve açık beyaz - krem renkli kireçtaşlarına geçerek pellet - pelloidli bentonik foramlı vaketaşı, kırmızı algli, biyoklastik istiftaşı özellikleri gösterir (Göncüoğlu vd., 1996). Çaldağ formasyonu üzerine Üst Paleosen - Alt Eosen yaşlı ilk kez Dellaloğlu ve Aksu (1984) tarafından adlandırılan Karapınaryaylası formasyonu gelir. Birim kumtaşı - marn ara katmanlı çakıltaşı - şeyl, türbiditik kireçtaşı ardalanmasından oluşur ve yer yer kalın olistostromlar içerir. Birimdeki çakıltaşı ve kumtaşları; koyu gri - yeşilimsi renkli, sert ve sıkı tutturulmuştur. Alt seviyelerde ince kumtaşı ve şeyl ardalanması şeklinde gözlemlenen birim üst seviyelerde daha çok türbiditik kumtaşı ve kalsi türbidit ardalanmasına dönüşmektedir (Dirik ve Erol, 2000). Birim Asmaboğazı formasyonu ile açısal uyumsuzdur.

Bölgede Üst Eosen - Oligosen zaman aralığı karasal kırıntılılar ve kalın evaporitlerle temsil edilir (Göncüoğlu vd., 1996). Karapınaryaylası formasyonu üzerine kırmızı - gri - boz renkli kalın tabakalı çakıltaşı ve kırıntılılar üst seviyelerinde ise kalın evaporit seviyeleri içeren Yassıpur formasyonu gelir (Dirik ve Erol, 2000). Bu formasyonun alt seviyeleri kırmızı - gri boz renkli kalın tabakalı çakıltaşı ve kırıntılılardan oluşmakta olup, üst seviyelerde kalın evaporit mercekleri mevcuttur (Dirik ve Erol, 2000).

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
SENZOYİK	KUVATERNER	Holosen	Alüvyon	Qa		Tutturulmamış çakıl, kum, silt ve kil
				Qt		Karbonatlı, sülfatlı alüvyon yelpazesi çökelleri (Çakıl, kum, silt, kil)
	TERSİYER	PLİYOSEN	Peçenek	Tp		Orta - kalın tabakalı, beyaz - krem renkli, bol boşluklu mikritik kireçtaşı
						Orta - ince taneli çapraz tabakalı kumtaşı
		OLİGO-MİYOSEN	Koçhisar	TK		Kırmızı - bordo renkli, kötü boylanmış, çakıl, kum, silt ve killerden oluşan alüvyal çökeller
						İnce kömür mercekleri içeren, sarımsı - bej renkli, killi gösel kireçtaşı
						Gevşek tutturulmuş, sarı renkli kumtaşı
						Kırmızı - bordo renkli, kalın tabakalı, çakıltası - kumtaşı ardalanması
		EOSEN	Karapınar yaylası	Ty		Beyaz - gri renkli jips ve anhidritler
						Kırmızı renkli, kalın tabakalı, çakıltası - kumtaşı ardalanması
				Tky		Gri renkli, ince taneli, sık dokulu, iyi tutturulmuş kumtaşları
						Gri - yeşil renkli, mam arakatlı, türbiditik seviyeler
	PALEOSEN	Çalıdağ	Tç			İnce - orta taneli, sıkı tutturulmuş, yeşil renkli kumtaşları
						Kötü boylanmış, orta tabakalı, iri taneli konglomera
MESOZOYİK	KRETASE	ÜST KRETASE	Asmağazı	Ka		Krem renkli, kalın tabakalı, fosilli kireçtaşı
						Yeşil renkli mam - kumtaşı ardalanması
		KARTAL	Kk			Beyaz - krem renkli, bol çatlaklı kireçtaşı
						Gri renkli, Rudistli, kumlu kireçtaşı
PALEOZOYİK	Orta Anadolu Kristallen Karmaşığı	OAKK				Yeşil - gri renkli, sık dokulu, ince taneli, Orbitoides'li kumtaşı
						Bordo - kırmızı renkli, kalın tabakalı, kötü boylanmış, çakıltası - kumtaşı
PALEOZOYİK	Orta Anadolu Kristallen Karmaşığı	OAKK				Granit - granodiyorit - monzonit intrüzyonları
						Gnays - şist - mermer ve kuvarsitler

Ölçeksiz

Şekil 3.1. İnceleme alanına ait stratigrafik dikme kesit (Dirik ve Erol, 2003'den değiştirilerek alınmıştır.)

Tuz Gölü Havzası'nın doğusunda yüzeyleyen Oligo - Miyosen yaşlı Koçhisar formasyonu tamamen karasal birimlerle temsil edilir. Koçhisar formasyonu Tuz Gölü'nün kuzeydoğu ucundan Şereflikoçhisar'a kadar KB - GD doğrultulu bir zon boyunca uzanır ve yersel olarak hem Yassıpur hem de Karapınaryaylası formasyonlarını diskordan olarak örter (Dirik ve Erol, 2000).

Tabanda kalın tabakalı kırmızı - pembe renkli çakıllı kaba kumtaşı ile başlayan Koçhisar formasyonu üste doğru orta kalın tabakalı kumtaşı ve çamurtaşı ardalanması ile devam eder. Kumtaşları yer yer iyi gelişmiş çapraz tabakalanma gösterir. Çamurtaşları kırmızımsı renkli ve orta kalın tabakalıdır. Yer yer killi gölsel kireçtaşı ve kömür mercekleri de içeren bu birim üste doğru ince jips ve şeyl ardalanmasına geçer. İstifin en üst kesimlerinde ise sarı renkli orta kalın tabakalı genelde serpantin, granit ve mermer parçalarından oluşmuş olan kumtaşları yer alır (Çemen ve Dirik, 1992).

Stratigrafik istifte Koçhisar formasyonunun üzerine yanal ve düşey geçişli olarak Peçenek formasyonu gelir. Birim tabanda kırmızı renkli alüvyal çökellerle başlar, teknesel çapraz tabakalanmalı gevşek tutturulmuş orta tabakalı kumtaşı, çakıltaşı, silttaşı ardalanması ile devam eder ve orta kalın tabakalı beyaz krem renkli bol boşluklu mikritik kireçtaşı ile son bulunur (Dirik ve Erol, 2000). Birim güneye doğru yer yer kalınlaşan tüfit ara seviyeleri içerir. Formasyon Peçenek vadisinin Alt Pliyosen'de düşey faylanma ile havza haline dönüşmesi ve bu havzaya ait malzemenin taşınıp doldurulması ile oluşmuştur (ÖÇKB, 2010).

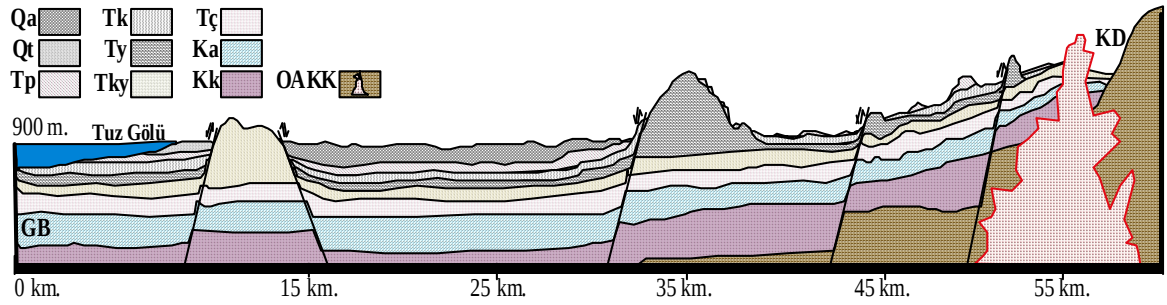
Peçenek formasyonunu uyumsuz olarak alüvyal yelpazenin değişik fasiyeslerinden oluşan Kuvaterner yaşlı Tuzgölü formasyonu takip eder. Birbirine yatay ve düşey yönde geçişli, çoğu zaman gevşek tutturulmuş, en altta çakıl kum fasiyesiyle başlayan birim kum, kil, çakıl, karbonatlı, jipsli ve sülfatlı çökellerden oluşur. Ulu vd. (1994) tarafından adlandırılan formasyon bölgede bütün birimlerin üzerine gelir.

Yukarıda özetlenen formasyonlardan oluşan sedimanter istifin kompozit kalınlığı bölgede hemen hemen 2500 metre civarındadır (Göncüoğlu vd., 1996). Havza ortasında ilksel sedimanter kalınlığının korunduğu yerlerde bu istifin kompozit kalınlığının takriben 5000 metre civarında olabileceği düşünülmektedir (Göncüoğlu vd., 1996).

3.2. Stratigrafi

İnceleme alanı ve çevresinde yer alan temele ait birimleri Paleozoik ve Mesozoik yaşlı meta-sedimanlar, meta-karbonatlar, ofiyolitik karmaşıklar ve magmatik birimler oluşturur. Temel birimlerinin üzerine gelen örtü çökellerini ise Üst Kampaniyen'den Orta Eosen'e kadar filiş ağırlıklı denizel birimler ve Üst Eosen'den günümüze kadar da karasal ve gölsel çökeller oluşturur (Ünlütürk, 2000) (Şekil 3.2.).

İnceleme alanı alttan üste doğru Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK), Kartal formasyonu, Asmaboğazı formasyonu, Çaldağ formasyonu, Karapınaryaylası formasyonu, Yassıpur formasyonu, Koçhisar formasyonu, Peçenek formasyonu ve Tuzgölü formasyonlarından oluşur.



Şekil 3.2. İnceleme alanının GB-KD yönlü jeolojik enine kesiti (Kısaltmalar Şekil 2.1.'deki gibidir).

3.2.1. Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK)

Orta Anadolu'da, Ankara - Sivas - Ulukışla arasında kalan ve kabaca üçgen biçimli bir alanda yüzeyleyen Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı (OAKK) genel olarak metamorfik kaya topluluğu ve bunları sıcak dokanakla kesen farklı intrüzif kayalardan oluşan bir topluluktur (Göncüoğlu vd., 1991).

Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı içerisinde oldukça düzenli bir istif sunan ve Orta Anadolu Metamorfikleri olarak adlandırılan birim alttan üste doğru meta kırıntılıların hakim olduğu seyrek metakarbonat ile felsik ve mafik ortogneyslar içeren Gümüşler metamorfikleri, metakarbonat - metakırıntılı ardalanmasından oluşan Kaleboynu metamorfikleri ve kalınca bir metakarbonat istifi ile temsil edilen Aşıgediği metamorfiklerinden meydana gelir (Göncüoğlu vd., 1996).

İnceleme alanının çevresinde gözlemlenen Kaleboynu metamorfik kütleleri gnays, şist, mermer, kuvarsit gibi kayalardan oluşmuş olup, genel olarak magmatik katkı platform çökellerin düşük - orta dereceli basınç, yüksek sıcaklık koşullarında, yeşil şist - almandin - amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğramasıyla oluşmuştur (Atabey, 1989). Birim Paleozoyik yaşlı (Atabey, 1989) olup, granit, granodiyorit ve monzonitlerden oluşmuş Orta Anadolu Granitoidleri tarafından kesilmiştir (Göncüoğlu vd., 1991). Alterasyonlar sonucu breşimsi ve kırılğan bir yapı kazanan birim genelde koyu grimsi - siyahımsı renklerde olup, orta - iri tanelidir.

Temel birimlerinin üzerine Üst Kampaniyen'den günümüze kadar farklı dönemlerde çökelmiş denizel, karasal ve gölssel örtü çökelleri gelir. Bu çökellerden ilki Kartal formasyonudur.

3.2.2. Kartal formasyonu

Tuz Gölü Havzası'nın doğu kısmında geniş mostralara veren ve temelin üzerine ilk gelen birim olan Kartal Formasyonu ilk kez Turkish Gulf Oil (1961) tarafından adlandırılmıştır (Göncüoğlu vd., 1996). Birim bordo - kırmızı renkli, kalın tabakalı, kötü boylanmalı, yuvarlak - yarı köşeli gevşek çakıtaşı, kumtaşı, miltaşı ve çamurtaşlarından oluşur. Egemen litoloji çamur matriks içerisindeki çakıtaşılarındadır. Çakıldan bloğa kadar değişik boyutlarda gözlemlenen çakılların kökeni andezit - monzonit - gabbro - serpantin - kırmızı çört, granit ve az miktarda metamorfik kayalar parçalarıdır (Göncüoğlu vd., 1996). Çakıl çapları 0.5 - 20 cm arasında değişmekte, ancak çoğunluğunu 2 - 7 cm arasında boyutları olan çakıllardan oluşmaktadır (Akıl, 2008). Çakıl tanelerinin yuvarlaklığı oldukça iyidir.

Alt seviyelerde kötü boylanmalı çakıtaşıları ile karakteristik birim üstte doğru çapraz tabakalı miltaşı ara seviyeleri içeren gevşek tutturulmuş kötü boylanmalı kumtaşı - çamurtaşı ardalanımına geçer. Bordo renkli çamurtaşı seviyeleri az dayanımlı kırıklı ve dağınık olup, içerisinde yer yer çakıtaşı ve kumtaşı mercekleri gözlemlenir. Hakim litoloji çamurtaşıdır. Birim içerisinde gevşek tutturulmuş, kötü boylanmalı kumtaşlarında küçük ölçekli teknesimsi çapraz tabakalanmalar, tane yönelimleri sık görülür.

Kartal formasyonu geniş bir kıyı düzlüğünde çökelmiş olan akarsu çökellerinin zaman zaman deniz etkisi altında kalmasıyla oluşmuştur (Öney, 1999). Kartal formasyonu üzerine yanal ve düşey yönde geçişli Üst Maestrihtiyen yaşlı Asmaboğazı formasyonu gelir. Birime Göncüoğlu vd., (1996) tarafından Senomaniyen yaşı verilmiştir.

3.2.3. Asmaboğazı formasyonu

Asmaboğazı formasyonu inceleme alanının doğusunda Tuz Gölü Fay Zonu boyunca yayılım gösterir. Birim İlk kez Turkish Gulf Oil (1961) ve Righo De Righi ve Cortesini (1959) tarafından tanımlanmıştır. Formasyon yeşilimsi sarımsı açık gri renkli, orta - iyi dayanımlı sıkı dokulu, ince kum tane boyutlu çakıllı kumtaşı, orta - ince tabakalı Orbitoides'li kumtaşları ile orta - ince tabakalı, sarımsı gri renkli, Rudistli kumlu kireçtaşlarından oluşmaktadır. Birimin alt seviyelerinde kumtaşları içerisinde 10 cm boyutuna varan metamorfik ve magmatik kökenli çakıllıtaşı mercekleri bulunmaktadır. Formasyon içerisinde kumtaşları ve kumlu kireçtaşları arasında ardalanmalı olarak yeşilimsi gri renkli ince tabakalı marnlı seviyeler izlenir. Birim içerisinde gevşek tutturulmuş seviyelerde kil bağlayıcı sık görülür. Gri ve sarımsı renkli Orbitoidesli kumtaşı seviyeleri, orta dayanımlı ve sıkı dokuludur. Kumtaşları genelde karbonat çimento ile bağlanmıştır. Kumtaşlarındaki karbonat çimentolar deniz suyundan çökeltme, biyoklastik aragonit ve kalsit tanelerinin çözünmesi ve tekrar çökeltmesi, bakteriyel aktivitelerle açığa çıkan bikarbonat çökeltmesi, tuzlu gözenek suyunun tatlı su ile karışması gibi farklı mekanizmalar sonucunda gelişebilir (Hudson, 1978; Bjorlykke vd., 1979). Birim üst seviyelerinde sarımsı gri renkli bol Rudistli kumlu kireçtaşlarına geçer.

Birim tabanda Kartal formasyonu ile düşey ve yanal geçişli olup, üst dokanağında yer alan Çaldağ formasyonu ile açısal uyumsuzdur. Asmaboğazı formasyonunun, fosil içeriği ve litolojik özellikleri değerlendirildiğinde sık denizel fasiyeste gelgit arası ortamda çökelmiş olduğu söylenebilir Göncüoğlu vd., (1996).

3.2.4. Çaldağ formasyonu

Çaldağ formasyonu genelde beyaz - sarımsı - krem renkli masif görünümlü kireçtaşlarından oluşur. Birim orta kalın tabakalı, yer yer tabakasız, sert, kırmızımsı kırılğan yüzeyli, bol alg'li kireçtaşlarından oluşur (Öney, 1999). Alt seviyeleri kırmızı

renkli kumlu dolomikrit olan birim, üste doğru yeşil renkli marn - kumtaşı aralanmasıyla devam eder ve açık gri - krem renkli, kalın tabakalı fosilli kireçtaşlarına geçerek pellet - pelloidli bentonik foramlı vaketaşı, kırmızı algli, biyoklastik istif taşı özellikleri gösterir (Göncüoğlu vd., 1996).

Çaldağ formasyonu üzerinde KB - GD yönünde gelişen çatlak sistemleri mevcuttur. Mevcut çatlaklar kalsit çimento ile dolmuştur. Çaldağ formasyonu çeşitli foraminiferler içermesi yanında sparit çimentolu ve resif karakterlidir. İçerisinde yer alan fosil içeriğine göre birimin alt seviyelerinin yaşı Tanesiyen (Üst Paleosen) olarak kabul edilmiştir (Göncüoğlu vd., 1996).

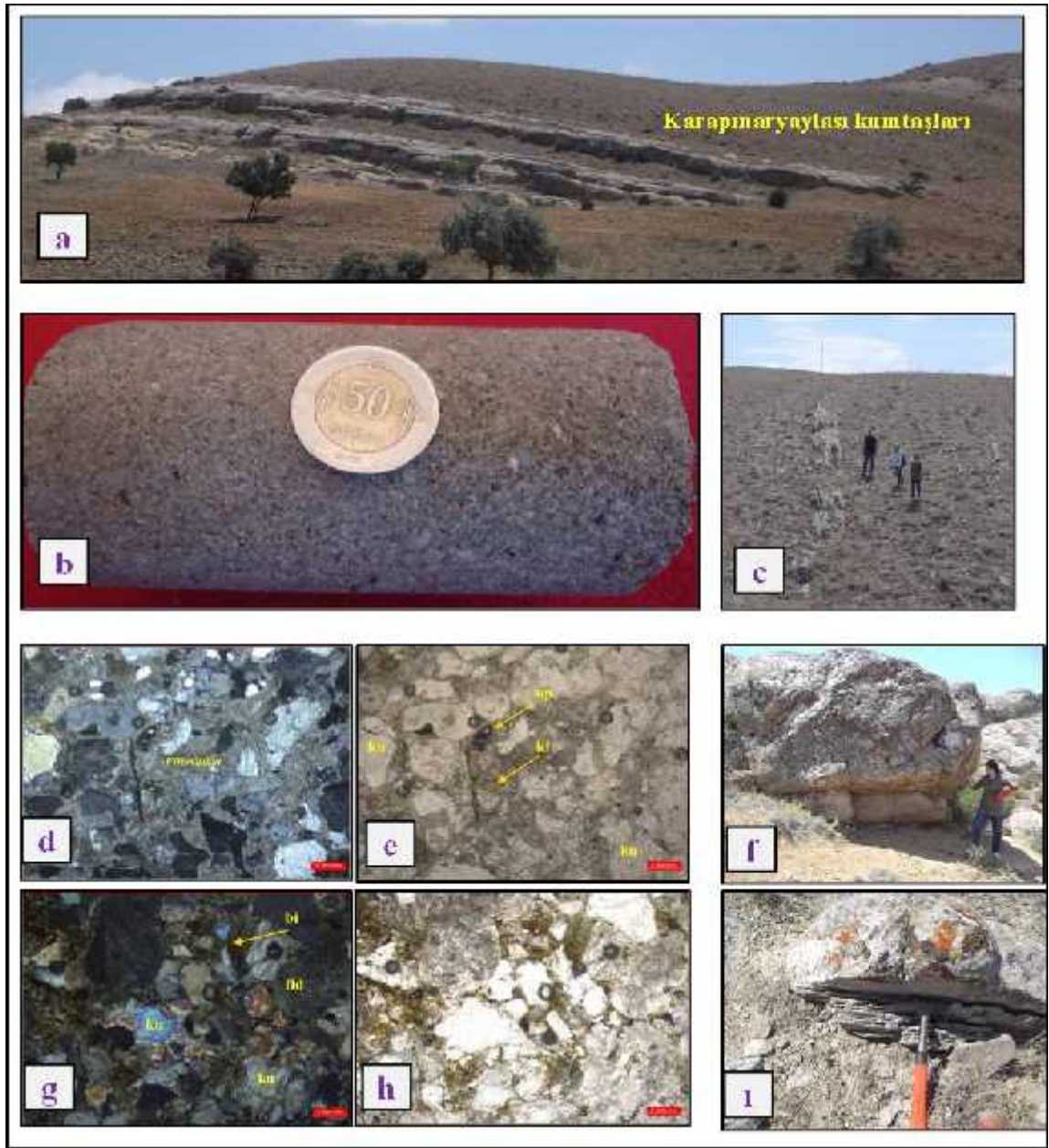
20 - 118 metre arasında bir kalınlığa sahip Çaldağ formasyonu içerisinde bazı bölgelerde (Kızılkale tepe - Mezgit Kireç Ocağı) kalın ve masif kireçtaşı tabakaları arasında Kartal formasyonu'na ait kırmızı kumtaşı ve silttaşı seviyeleri izlenmektedir (Ergene, 2011). Birimin litolojik özellikleri ve fosil kapsamı dikkate alındığında formasyonun çok sığ denizel bir ortamda çökelindiği söylenebilir (Göncüoğlu vd., 1996).

3.2.5. Karapınaryaylası formasyonu

İnceleme alanında Şereflikoçhisar ve Karamollauşağı köyleri civarında geniş yayılım gösteren birim ilk olarak Dellaloğlu ve Aksu (1984) tarafından adlandırılmış ve kendi içerisinde Karamollauşağı üyesi, Çavuşkalesi üyesi ve Kayacık üyesi olmak üzere üyelere ayrılmıştır (Orhan vd., 1997). Gri - yeşil renkli, iri tane destekli çakıltaşları ile başlayan birim orta kesimlere doğru genelde ofiolitik malzemeden türemiş ince - orta tabakalı, yeşilimsi - sarımsı renkli, sıkı tutturulmuş ince taneli kumtaşı ve laminalı marnlardan oluşmaktadır. Karamollauşağı üyesi orta tabakalı, sarımsı renkli, iyi tutturulmuş kumtaşlarından oluşur. Kumtaşları litik arkoz, feldispatik litarenit ve litarenit bileşimlidir.

Çavuşkalesi üyesi ise daha çok şeyl ve çamurtaşının egemen olduğu litolojiye sahiptir üye 10 - 30 cm kalınlığında ince taneli sık dokulu sarımsı renkli kumtaşı tabakaları içerir (Orhan vd., 1997). Kumtaşlarının başlıca bileşenleri kuvas + serizit + kalsit + opak mineral ± klorit ± feldispat ± mika mineralleri oluşturmaktadır. Genel olarak, kötü boylanmalı bu kayalarda mikroyönlenme ve fillosilikatça zengin seviyelerden oluşan

tabakalanmalar göze çarpmaktadır. Kayaç içerisinde gözlenen mika minerallerinin neredeyse hemen hepsi kloritleşmiş olarak gözlenmektedir (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. (a), (b), (c) Karapınaryaylası formasyonuna ait kumtaşlarından görünüm (d), (e), (f) Çavuşkalesi kumtaşlarının polarizan mikroskop altında görünimleri (ku: kuvars, kl: klorit, op: opak mineral), (g), (h), (i) Kayacık üyesi kumtaşlarının polarizan mikroskop altında görünimleri (ku: kuvars, bi: biyotit, fld: feldispat)

Genel olarak arkoz bileşimli olarak gözlenen Çavuşkalesi kumtaşlarında gerçekleştirilen jeokimyasal çalışmalarda SiO_2 içeriğinin % 75.1, Al_2O_3 % 6.5, K_2O % 2.8, Fe_2O_3 % 2.4 ve Na_2O içeriği de % 1 olarak belirlenmiştir. Polarizan mikroskop altında kalsit

çimentodan yoksun olarak gözlenen birimde bu durumu jeokimyasal analiz sonuçları da destekler niteliktedir.

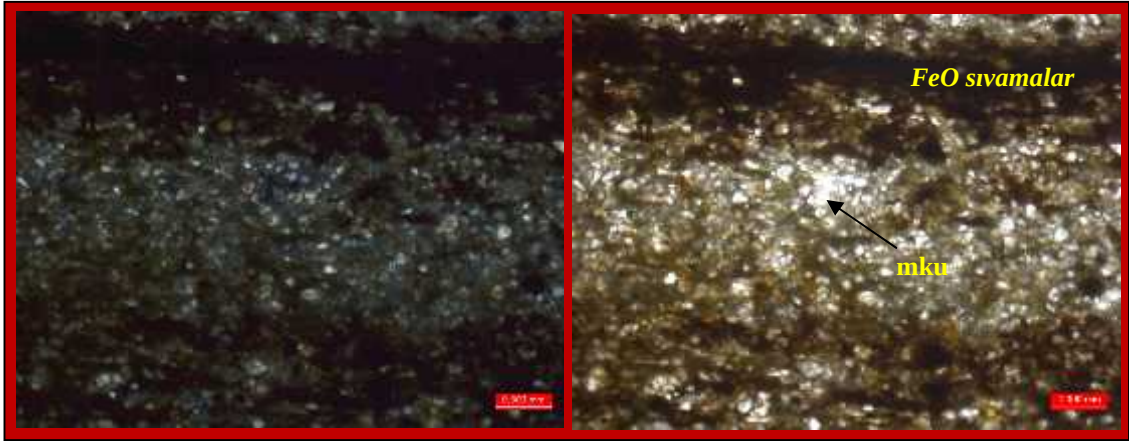
Kayacık üyesi ise kalın tabakalı, orta - ince kum tane boyutlu, gözenekli, oldukça sert, sağlam ve sıkı tutturulmuş, sarımsı - gri renkli kumtaşılarından oluşmuştur. Kumtaşılarındaki bağlayıcılar kalsit, demiroksit, az oranda silis ve kil çimento şeklindedir (Orhan vd., 1997).

Kalsit çimento kumtaşı taneleri arasındaki boşluğu doldurmuştur. Kalsit çimentonun düzenli ve yaygın olması çimentolaşmanın açık sistem şartlarında geliştiğinin göstergesidir. Diğer bir deyişle bu tür çimentolanma sabit bileşimli bir solüsyondan sürekli çökelmeyle gerçekleşir (Orhan vd., 1997). Kumtaşı içerisindeki feldispat tanelerinde albitleşme ve serizitleşme yaygındır (Orhan vd.,1997). Birimin alt seviyelerinde gözlemlenen kumtaşları içerisinde magmatik ve metamorfik kayaç kökenli orta - iyi derecede yuvarlaklaşmış çakıllar bulunur. Yer yer çakıllar tane yönelmesi gibi sedimanter yapı özellikleri gösterirler. Birim içerisinde ince taneli, sıkı tutturulmuş, sarımsı - gri renkli kalın tabakalı kumtaşı ardalanması görülür. Bu kumtaşları içerisinde üst sevilere doğru tane boyu incelir. Kumtaşları samitik dokulu, olgunlaşmamış, orta - kötü boylanmalı, ince taneli yer yer çok kaba kum boyutundadır. birimin ana bileşenlerini kuvars, feldispat (plajiyoklaz, ortoklaz), mika (muskovit, biyotit), kalsit; tali bileşenleri ise opak mineraller oluşturmaktadır. Fillosilikat (klorit, serizit) matrikse sahip olan birim kısmen karbonat çimentolu olarak da gözlenmektedir.

Kayacık üyesi kumtaşları jeokimyasal olarak SiO₂ (% 38.1), CaO (% 15.7) ve MgO (% 3.3) içeriğiyle Çavuşkalesi kumtaşlarından belirgin bir şekilde ayrılmaktadır. Birim içerisindeki CaO değişimini karbonat çimento, MgO değişimini ise fillosilikatlardan özellikle biyotitler kontrol etmektedir.

Kumtaşlarının alt seviyelerinde yeşilimsi - gri renkli, kolay parçalanabilen, lamine, karbonat çimentolu mikrokristalin kuvars, serizit, biyotit, klorit, kalsit ve kil bileşenlerinden oluşan marn seviyeleri tipiktir. Petrografik olarak karbonat çimentolu killi kumtaşı olarak tanımlanan kumtaşlarında yer yer demir oksit (FeO) sıvımalı foliyasyon düzlemleri gözlenmektedir (Şekil 3.4.). Birimin üst seviyelerinde olistostromal bir özellik gösteren kireçtaşı blokları yer alır.

Jeokimyasal analiz sonuçlarına göre MgO (% 7.4), Al₂O₃ (% 9.5), SiO₂ (% 37.5), K₂O (% 1.9), CaO (% 14.8) ve Fe₂O₃ (% 6.9) içeriğiyle karakteristik bir marn bileşimi sergileyen birimde yeşil renginin kloritin yanı sıra 70.8 ppm seviyesinde gözlenen Cu elementinin oksit türevlerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Karapınaryaylası formasyonu sığ denizelden derin denize kadar derinleşen kıtasal şelf ve yayönü havzasında türbiditler şeklinde çökelmiştir (Görür vd., 1984; Orhan vd., 1997).



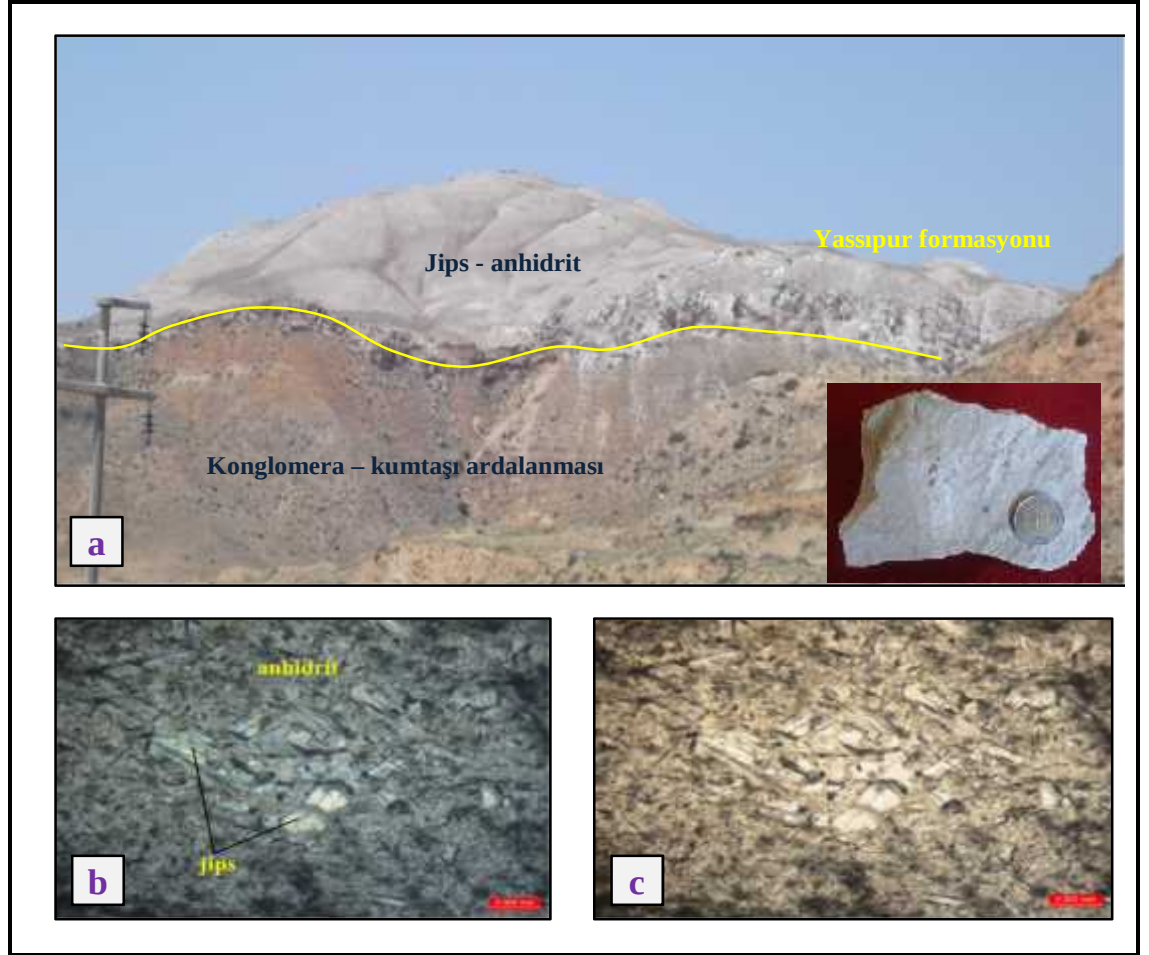
Şekil 3.4. Marnların polarizan mikroskop altında görünüşleri (mku: mikro kuvars)

3.2.6. Yassıpur formasyonu

Alt seviyelerinde kırmızı - gri - boz renkli kalın tabakalı karasal konglomera, kumtaşı ve çakıllı çamurtaşları, üst seviyelerinde masif ve ince laminalı evaporit seviyelerle temsil edilen birim Tuz Gölü Fay Zonu (TGFZ) boyunca en yaygın gözlenen litostratigrafi birimlerinden birisini oluşturmaktadır.

Formasyon tabanda koyu kırmızı - bordo renklidir. Orta - iyi derecede yuvarlaklaşmış, kötü boylanmalı, iyi tutturulmuş çakıl - blok boyutundaki malzemelerden oluşan konglomeralar granit, gabbro ve diyabaz çakılları içerir. Birim içerisinde kaba taneli - gevşek çimentolu olarak gözlenen gri - yeşilimsi renkli kumtaşı seviyeleri de aynı kökenli kayalardan türeyen malzemelerden oluşmuştur. Kumtaşlarında yer yer çapraz tabakalanmalar gözlenir. Kumtaşlarındaki kalsit çimento oranının az olmasına rağmen orta ve iyi derecede tutturulmuşlardır. Yassıpur formasyonunun üst seviyelerinde gözlenen evaporitli seviyeler ise beyaz - gri renkli anhidrit ile ince - orta tabakalı jipslerden meydana gelir.

Polarizan mikroskop altında genel olarak anhidrit bileşiminde gözlenen evaporitler içerisinde yer yer iri kristalli jips kristalleri göze çarpmaktadır. Kristallerin göstermiş olduğu 2. dizi soluk girişim renkleriyle kolaylıkla ayırt edilmektedir (Şekil 3.5.). Birim içerisinde çok az FeO sıvımaları gözlenmektedir. Jipsler Mezgit'ten Paşadağı'na kadar aralıklarla da olsa geniş bir alanda yayılım gösterirler ve tabanda kil oranı oldukça fazladır.



Şekil 3.5. (a) Yassipur formasyonunun alt ve üst seviyeleri, (b) ve (c) Anhidritler içerisindeki jips minerallerinin polarizan mikroskop altında görünüşleri

Tabanda gözlenen kırmızı - bordo renkli kırıntılardan gelen demiroksitlerin evaporitleri yer yer kahve - bordo renklere boyadıkları gözlenmiştir. Killi olan alt seviyelerin çabuk aşınmasından dolayı üst seviyelerden jips blokları devrilmiştir.

Jeokimyasal analiz sonuçlarında ağırlıklı olarak CaO (% 32.5 - 33.4) ve SO₃ (% 43.2 - 45.3) uç bileşenleriyle temsil olunan birimlerin, üst seviyelerinde güncel tuz oluşumları gözlenmektedir. Petrografik olarak tanımlanması oldukça zor olan halit - anhidrit

ayrımalarında daha çok jeokimyasal analiz sonuçları kullanılmıştır. Halitler Na_2O (% 41.9) ve Cl (% 39.6) içeriğiyle anhidritlerden kolaylıkla ayırt edilebilmektedir.

Tabandan tavana doğru litoloji özellikleri dikkate alındığında yüksek enerjili akarsu ortamından, göl ortamına geçişi temsil ettiği düşünülen birimin içerisinde yaş verisi sağlayacak herhangi bir fosil bulgusuna rastlanılmamıştır. Stratigrafik istifeye göre birim Üst Eosen - Oligosen yaşlıdır (Dellaloğlu ve Aksu, 1984; Göncüoğlu vd., 1996). Birim alt dokanağı olan Karapınaryaylası formasyonu ve üst dokanağı olan Koçhisar formasyonu ile açısal uyumsuzdur.

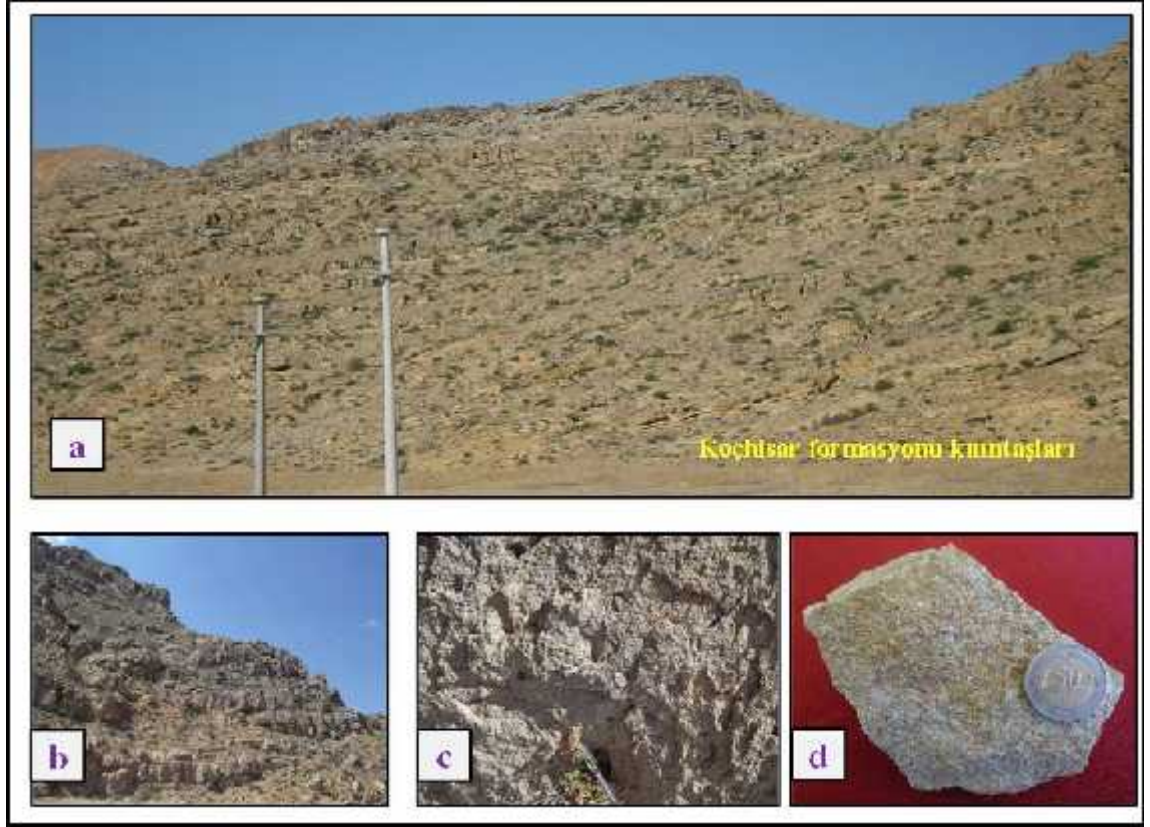
Yassıpur formasyonunun kaba taneli karasal kırıntılılar ve kütleli evaporitlerden oluştuğu dikkate alındığında birimin alt kesimlerinin örgülü akarsu üst seviyelerinin ise lagün ortamında çökeldiği söylenebilir.

3.2.7. Koçhisar formasyonu

Koçhisar formasyonu Tuz Gölü'nün kuzeydoğu ucundan Şereflikoçhisar'a kadar yaklaşık KB - GD doğrultusunda bir zon boyunca uzanır ve yersel olarak hem Yassıpur hem de Karapınaryaylası formasyonlarını diskordan olarak örter (Dirik ve Erol, 2000).

İnceleme alanında geniş yayılım gösteren formasyon alt seviyelerde kalın tabakalı kırmızı renkli çakıltası, kaba kumtaşı ve çamurtaşı ile başlayan birim üste doğru orta - kalın tabakalı gevşek tutturulmuş, sarımsı renkli kumtaşları ile devam eder (Şekil 3.6.). Yer yer sarımsı bej renkli killi gölsel kireçtaşı, yeşilimsi dayanımsız lamine marn ve ince kömür mercekleri de içeren birim üste doğru ince kristalli beyaz - gri renkli jips ve şeyl ardalanmasına geçer (Dirik ve Erol, 2000). İstifin en üst seviyesinde ise orta kalın tabakalı, iri granit parçalarından oluşan, iyi boylanmış, sarımsı - kahverengi renkli kumtaşları yer alır (Çemen ve Dirik, 1992). Kumtaşları yer yer iyi gelişmiş çapraz tabakalanma gösterir. Kumtaşlarında hakim bağlayıcı malzeme kalsit ve kildir. Kömür mercekleri kırıklı ve düzensiz olup, çok sık yönelim değiştirirler.

Kömürlü seviyelerden elde edilen fosil içeriğine göre birimin yaşı Miyosen olarak belirlenmiştir (Dellaloğlu, 1977). Formasyonun kaba taneli karasal kırıntılılardan ve karbonatlı birimlerden oluştuğu dikkate alındığında birimin akarsu ve göl ortamında çökeldiği söylenebilir.



Şekil 3.6. (a), (b), (c), (d) Koçhisar formasyonuna ait kumtaşlarından görünüm.

3.2.8. Peçenek formasyonu

Formasyon Kızılöz deresi ve Peçenek vadisi boyunca inceleme alanının doğu kesimlerinde çok geniş bir alanda yayılım gösterir. İlk kez Uygun vd. (1981) tarafından adlandırılmıştır.

Tabanda kırmızı renkli alüvyal çökellerle başlar orta - ince tabakalı çapraz tabakalanmalı kumtaşı, çakıltası, silttaşı ardalanması ile devam eder ve orta kalın tabakalı beyaz krem renkli, bol boşluklu, mikritik kireçtaşı ile son bulur (Dirik ve Erol, 2000). Kireçtaşı tabakaları arasında killi ve karbonat çimentolu kumtaşı düzeyleri vardır. Birim içerisinde yer yer killi evaporitik seviyeler gelişmiştir. Güneye doğru kalınlaşan birim tuf - tüfit seviyeleri içerir (Dirik ve Erol, 2000). Tüfler genel olarak kil çimento ile tutturulmuş pomza parçalarından ibarettir. Tüfit seviyeleri içerisinde silt ve kumlar düzensiz tane dizilimi gösterir ve ardalanmalıdır.

Çakıltaşları kırmızımsı - gri renkli, iyi yuvarlaklaşmış granit, kuvars ve kireçtaşı parçacıklarından oluşur. Kumtaşları orta - ince taneli, açık yeşil - gri renkli, karbonat çimento ile gevşek tutturulmuştur. Orta - ince tabakalı kumtaşları tekneimsi çapraz tabakalar içerir. Silttaşları sarımsı - kahve renkli olup, kırılıgandır.

Formasyonun genel olarak karasal kırıntılılardan oluştuğu dikkate alındığında birimin akarsu ortamında çökeldiği söylenebilir. Birim alt seviyesinde bulunan Koçhisar formasyonu ile yanall ve düşey geçişli iken üst seviyesinde bulunan Tuzgölü formasyonu ile açısal uyumsuzdur.

3.2.9. Tuzgölü formasyonu

Tuz Gölü ve yayılım alanı boyunca topoğrafyanın düz olduğu alanlarda çökelim gösteren birim en altta tutturulmamış çakıl, kum, silt ve kil fasiyesi ile başlar, karbonatlı, sülfatlı ve jipsli seviyeler içeren alüvyon yelpazesi çökelleri ile devam eder. Birim; Ulu vd. (1994), tarafından Tuzgölü formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Mevsimler değişikliklere bağlı olarak gelişen farklı enerjili akarsular tarafından çökelme havzasına taşınan değişik boyutlardaki alüvyon malzemeler tuzlu göl ortamında buharlaşmanın etkisiyle çökelmişlerdir. Topoğrafyanın düz oluşu, yağışın az olması gibi etkenler buharlaşmanın etkisini artırmıştır. Formasyon genel olarak beyaz - gri - yeşil renkli yatay katmanlı jips ara katkılı killerden oluşur (ÖÇKB, 2010). Çakıl ve kumlar kötü boylanmış olup, iyi yuvarlaklaşmıştır. Çakıllar genelde tane destekli ve kum matriks içerir.

Tuz Gölü yayılım alanı içerisinde hakim litoloji kil olup, killler içerisinde heterojen dağılım gösteren karbonatlı kum seviyeleri ve yer yer sarımsı - bej renkli bol kırık çatlaklı ince tabakalı marnlı seviyelerde gözlemlenir. Formasyon içerisinde göl seviyesinde meydana gelen ani değişikliklerin neden olduğu kumul yapıları da göze çarpar.

Ulu vd. (1994) tarafından birimin yaşı Pliyo - Kuvaterner olarak kabul edilmiştir.

3.2.10. Alüvyon

Dönemsel olarak değişik enerji sistemlerine sahip akarsuların yüksek kotlardan diğer birimlerin aşınması sonucu getirdiği gevşek, tutturulmamış, çakıl - kum - silt ve kil boyu malzemeden oluşmuş alüvyon kötü boylanmalı, kahverengi - yeşilimsi - gri renklidir. Peçeneközü deresi ve hidrolik akım kolları boyunca çökelen birim, Tuz Gölü'nün doğu kesimleri ile KB - GD uzanımlı fay sistemleri arasında geniş yayılım gösterir. Alüvyon içerisinde kil içeriği bölgesel olarak farklılıklar içerir. İnceleme alanı ve çevresinde gerçekleştirilen jeofizik ve sondaj çalışmalarından Tuz Gölü'nün doğusunda çökelen alüvyon kalınlığının 25 metre ile 80 metre arasında olduğu belirlenmiştir. Stratigrafik ilişkilerine göre alüvyonun yaşı Holosen olup, oluşumu halen devam etmektedir.

3.3. Tuz Gölü Havzası ve İnceleme Alanının Jeolojik Gelişimi

Orta Anadolu'da yer alan Tuz Gölü Havzası, Paleozoik - Mesozoik yaş aralığında temel birimleri oluşturan, Neotetis okyanus kabuğu ve Anatolid Torid kıta kabuğu malzemesi üzerinde kuzeybatı - güneydoğu uzanımlı olarak gelişmiş Üst Kampaniyen'den günümüze kadar çökelmiş sedimanları yer yer zaman boşluklu olarak ihtiva eden Fore-arc özellikli bir havzadır (Ünlütürk, 2000).

Jura sonu itibariyle Türkiye genelinde sıkışma rejimi etkili olmaya başlamış ve Neotetis okyanusları kapanmaya başlamıştır. Havza, Toros kıtası ile Kırşehir masifi arasındaki KB - GD uzanımlı Neotetis okyanusunun kollarından birisi olan İç Toros Okyanusu Jura sonu itibariyle Kırşehir masifinin altına (Kuzeydoğuya) dalarak yitimi esnasında oluşan yığılma prizması üzerinde, Üst Kampaniyen geçici rahatlatma döneminde normal faylanmalar sonucunda KB - GD uzanımlı olarak şekillenmiştir (Ünlütürk, 2000).

İnceleme alanı ve çevresinde yer alan temele ait birimler Paleozoik ve Mesozoik yaşlıdır. Temel birimler üzerindeki sedimanter çökeller ise Üst Kampaniyen ile başlar. Kampaniyen sıkışma rejiminin etkili olduğu bir dönemdir. Bu dönemde İç Toros Okyanusu Kırşehir masifinin altına dalmaya devam etmektedir ve Kırşehir masifini kesen granitoyitik bir magmatik volkanizma oluşmuştur (Ünlütürk, 2000). Granitoyitler çarpışma ve çarpışma sonrası gerilme rejiminin ürünüdür (Göncüoğlu, 1996). Bu arada temel birimlere ait ofiyolitik karmaşık içerisinde, adayayı volkanizması ürünü olan

büyük bir magmatik kütle, KB - GD uzanımlı bir trend oluşturacak şekilde havzanın batısına tektonik olarak yerleşmiştir (Ünlütürk, 2000).

Üst Kampaniyen - Alt Maestrihtiyen döneminde fayların neden olduğu enerji boşalımı sayesinde sıkışma rejimi yerini geçici olarak gerilmeli rejime bırakır. Bu geçici rahatlama döneminde dalma batma zonunda ki yığılma prizması üzerinde oluşan normal faylar KB - GD uzanımlı Tuz Gölü Havzası'nın gelişimine etki etmiştir (Ünlütürk, 2000). Tuz Gölü Fay Zonu önünde fay trendi boyunca devam eden başlangıçta kara durumundaki çukurluklar grabenleşmeler neticesinde sığ alanlar haline gelmiştir. Kimyasal koşulların egemen olduğu bu dönemde evaporit çökelişi gerçekleşmiştir (Ünlütürk, 2000).

Orta Maestrihtiyen'de havza tekrar sıkışma dönemine girmiştir. Bölgede oluşan deformasyon neticesinde çevredeki kaynak alanları yükselirken havza alanı derinleşmiştir (Ünlütürk, 2000). Fay trendi boyunca devam eden çukurluklar da genellikle konglomeratik Kartal formasyonu çökelmiştir.

Üst Maestrihtiyen - Alt Paleosen dönemi havzanın gelişimi için oldukça önemlidir. Havza dışında meydana gelen tektonik hareketler sonucunda sıkışma rejimi etkisini kaybetmeye başlamış ve rahatlama evresi içerisinde kaynak alanlarından havzaya sediman gelişimi azalmıştır (Ünlütürk, 2000). Havzada şeyiller, marnlar, karbonatlar ve kırıntılılar çökelmiştir. Kartal formasyonu çökelmeye devam ederken iç kesimlerde marnlar ve şeyiller şelf alanların da ise Asmaboğazı ve Çaldağ formasyonlarına ait karbonatlar çökelmiştir (Ünlütürk, 2000).

Kartal ve Asmaboğazı formasyonlarının çökelişi bölgede Maestrihtiyen'de bir riftleşmenin başladığına işaret eder. Bu zamanda açılma tektoniği havzanın oluşumunda en önemli etken olmuş, havza kenarlarında konglomeratik Kartal formasyonu havzanın daha derin kısımlarında ise Asmaboğazı formasyonu çökelmiştir (Göncüoğlu vd., 1996). Kartal ve Asmaboğazı formasyonlarının çökelişi Alt Paleosen'de devam etmiştir. Büyük bir olasılıkla Üst Paleosen'de açılma tektoniği şiddetini kaybetmeye başlamış fakat havza Paleosen sonunda global bir deniz seviyesi yükselmesi sonucu hızlı bir transgresyona maruz kalmıştır (Göncüoğlu vd., 1996).

Orta Paleosen ve Orta Eosen dönemlerinde havza tekrar K - G yönlü sıkışma rejiminin etkisinde kalmıştır. Sıkışma rejimiyle birlikte bölgede gelişen deformasyonlar sonucunda çevredeki kaynak alanlarında şiddetli yükselmeler ve aşınmalar oluşmuş, derinleşen havzada yoğun filiş çökelleri gelişmiştir. Bu döneme ait birimler havzanın doğu sınırını oluşturan Tuz Gölü Fay Zonu boyunca yüzeylenir ve Karapınaryaylası formasyonu olarak adlandırılır (Ünlütürk, 2000).

Lütesiyende sıkışma rejimi devam etmiştir. Havza sıkışma rejiminin etkisiyle kıvrımlanmaya ve dolayısıyla da sığlaşmaya başlamıştır. Lütesiyen başlangıcında şelf yamaçlarında Karamollauşağı köyü ve civarlarında gözlemlenen türbiditik kumtaşları çökelmiştir. Lütesiyen'in ilerleyen dönemlerinde, havzanın kuzeyinde yer alan temel birimleri G - GB ya doğru ötelenmeye başlanmış ve sonuç olarak Tuz Gölü Havzası birimleri kıvrımlanıp su üzerine çıkmış ve aşınmaya maruz kalmıştır (Ünlütürk, 2000).

Sıkışma rejiminin son evresinde Üst Eosen'de havzada muhtemel bir yanal atımlı faylanma oluşmuş ve havzanın doğu kesimi yükselmiştir. Bu tektonik olay sonucunda birimlerde kıvrımlanmalar ve ters faylar oluşmuştur. Havzanın yükselmelere ve regresyona bağlı olarak açık deniz ile irtibatı kesilmiştir (Ünlütürk, 2000). Havzada gerilmeli rejim etkili olmaya başlamıştır. Eosen sedimantasyonunun son safhalarında havza tekrar sığlaşmaya başlamış ve çökeltme şartlarının uygun olduğu duraylı bir dönemde göl alanlarında Yassıpur formasyonu olarak adlandırılan evaporitler çökelmiştir.

Yassıpur formasyonunun çökelmeye başlamasından biraz önce çökeltme sırasında ve çökeltme sonrasında Tuz Gölü Havzası bir renç tektoniğine maruz kalmıştır (Göncüoğlu vd., 1996). Bu zamanda daha önce oluşan normal atımlı faylar Haymana Havzası'ndaki sıkışmadan etkilenmiş ve doğrultu atım kazanmış olabilirler (Göncüoğlu vd., 1996).

İnceleme alanında Oligosen - Alt Miyosen dönemi gerilmeli rejimin etkili olduğu karasal ve gölsel bir dönemdir. Bu dönemde yaygın olarak alt seviyelerinde karasal kırıntılılar, killi gölsel kireçtaşları gözlemlenen ve üst seviyelere doğru jips, şeyl araldanmasıyla karakteristik Koçhisar formasyonu çökelmiştir.

Orta Miyosen Türkiye genelinde sıkışma rejiminin etkili olduğu bir dönemdir. Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu transform fayları bu dönemde oluşmuştur (Ünlütürk, 2000).

Havzanın doğu sınırı boyunca doğrultu atımlı sağ yanal Tuz Gölü Fayı gelişmiştir ve inceleme alanının doğu kenarını yüzeylemeler ve aşınmalar açısından yoğun olarak etkilemiştir.

Üst Miyosen’de ve Pliyosen’de aşınmalar devam etmiş, bu dönemde sıkışma rejiminin etkisi altında kalan bölgede daha önce oluşan yanal atımlı faylar yer yer aktif hale gelmiştir (Ünlütürk, 2000). Pliyosen’de tabanda alüvyal çökellerle başlayan gevşek tutturulmuş kumtaşı, çakıltası, silttaşı ardalanması ile devam eden ve üst seviyelerde bol boşluklu mikritik kireçtaşı ile son bulan Peçenek formasyonu çökelmiştir. Havzada son olarak Pliyo - Kuvaterner’de Peçenek formasyonu üzerine uyumsuz olarak alüvyon yelpazenin değişik fasiyeslerinden oluşan jipsli ve sülfatlı seviyeler içeren Kuvaterner yaşlı Tuz Gölü formasyonu gelmiştir.

3.4. Yapısal Jeoloji

Arabistan ve Avrasya levhalarının kuzey - güney doğrultuda yakınsamaları sonucu Erken - Orta Maastrichtiyen’de Tetis kapanmaya başlamış ve bunu takiben Tortoniyen’de Afro - Arabistan ve Lavrasya levhaları Bitlis Kenet Kuşağı boyunca çarpışmışlardır (Şengör, 1980). Meydana gelen levha hareketlerine bağımlı olarak Tuz Gölü Havzası’nın doğu kenarı Geç Kretase - Kuvaterner zaman aralığında kuzey - güney yönlü sıkışmaların ve doğu - batı yönlü gerilmelerin etkisi altında kalmıştır (Arkan, 1975).

Ayrıca Dellaloğlu (1997), Ankara ili ve Tuz Gölü arasında yaptığı çalışmalarda, bölgede Neotetis’in kuzey kolunun Maastrichtiyen’e kadar kapanan (yitilen) bir karakter izlediğini ve Maastrichtiyen sonunda ise Neotetis okyanusunun gelişimini tamamlayıp iki kalıntı havzaya dönüştüğünü belirlemiştir (Akıl, 2008). Bu dönemde güneyde Tuz Gölü yöresinde en önemli olay, inceleme alanının doğu - güneydoğusunda yer alan Orta Anadolu Masifi (Kırşehir Masifi) üzerine yerleşen ofiyolit naplarının oluşturduğu yükleme sonucunda, masifin çökmeye başlamasıdır (Akıl, 2008). Bu çökmeye bağılı olarak bu kesimde bir basen oluşmaya başlamıştır (Akıl, 2008). Çemen vd. (1999) Tuz Gölü Havzası’nı, Geç Kretase’de yaklaşık K - G doğrultulu tansiyonel kuvvetlerin etkisiyle açılmaya başlayan bir “fay kontrollü basen” olarak nitelemektedirler (Akıl, 2008).

Fay kontrollü Tuz Gölü Havzası doğu kesiminin gelişimi, Maastrihtiyen’de karasal klastiklerin temel birimler üzerine uyumsuzlukla çökmesi ile başlamıştır. Sıkışmaların ve gerilmelerin etkisi altında kalan inceleme alanı ve çevresinde KB - GD gidişli birbirlerine paralel normal ve doğrultu atımlı fay sistemleri D - B, GB - KD doğrultulu kıvrımlanmalar ve zamansal uyumsuzluklar gelişmiştir.

Tuz Gölü Havzası’nın doğu kesiminde yer alan çalışma alanında en önemli yapısal unsur Tuz Gölü Fay Zonu’dur (TGFZ). TGFZ gerek bölgenin petrol potansiyeli gerekse havzanın oluşum modeline etkileri olması dolayısıyla birçok araştırmacının dikkatini çekmiştir. Fay farklı araştırmacılar tarafından önceki çalışmalarda Tuzgölü fayı, Şereflikoçhisar - Aksaray fay zone, Şereflikoçhisar fayı, Tuz Gölü Fay Zonu olarak adlandırılmıştır (Arıkan, 1975; Toprak ve Göncüoğlu, 1993; Leventoğlu, 1994; Göncüoğlu vd., 1996; Dellaloğlu, 1997; Çemen vd., 1999).

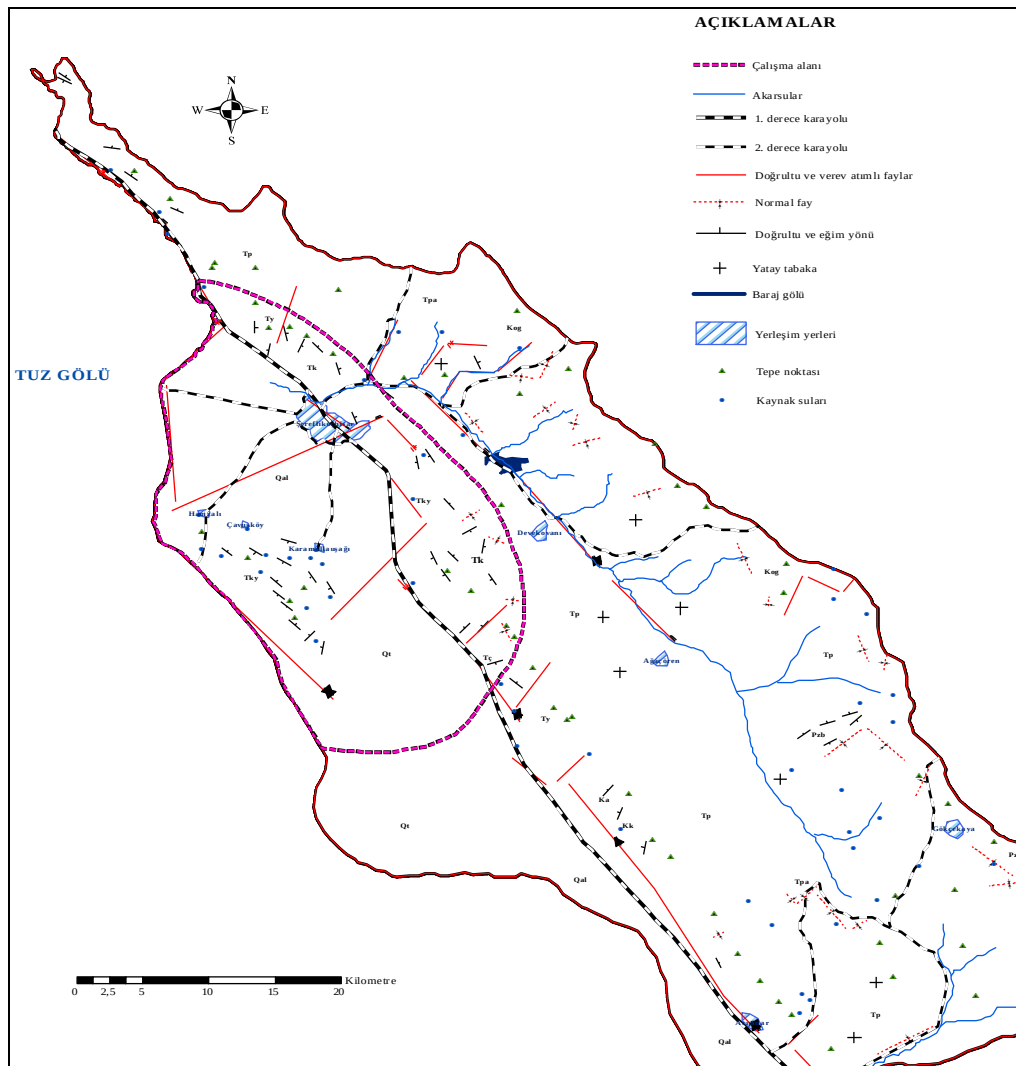
Tuz Gölü’nün kuzeyinden başlayıp Niğde’nin Kemerhisar ilçesine kadar devam eden TGFZ K 25-60 B doğrultusunda, yaklaşık 190 - 200 km. uzunluğunda ve 5 - 25 km. genişliğe sahiptir (Kürçer vd., 2012).

Basamak şeklinde yarı graben veya horst graben morfolojisi sunan bu fay zone birbirine paralel veya yarı paralel faylardan oluşur. Ana fayın düşen batı bloğuna oluşan kalın, yer yer deforme olmuş alüvyon yelpazeleri, fay diklikleri ve doğu blok üzerinde saat yönünde büküm gösteren dere yatakları önemli morfolojik unsurlardır (Dirik ve Göncüoğlu, 1996). Fay zoneunun güney ucu volkanik aktivite, sıcak su kaynakları, fay zoneuna paralel parazitik koni dizilimi, traverten oluşumları, fay kontrollü teras oluşumları ve sağ yanal olarak atılmış lav akıntıları ile karakterize olur (Toprak ve Göncüoğlu, 1993).

TGFZ’nun yaşı ve karakteri hakkında farklı araştırmacılar tarafından değişik görüşler ileri sürülmüştür. Görür ve Derman (1978); Uygun vd. (1982); Görür vd. (1984); Çemen vd. (1999) fay zoneunun yaşının Üst Kretase olduğunu belirtmişken Arıkan (1975) fayın yaşını Eosen, Dellaloğlu ve Aksu (1984) ise Miyosen olarak kabul etmiştir. Şengör vd. (1985) ile Şaroğlu vd. (1987) bu fayın yüksek açılı ters fay olduğunu ileri sürmüşler, Derman vd. (2000) ise bu fayın önce normal bir fay olarak başladığını Eosen’de sol yönlü doğrultulu atım kazandığını daha sonra da tekrar normal bir fay karakteri kazandığını belirtmişlerdir. Toprak ve Göncüoğlu (1993); Dirik ve Göncüoğlu

(1996); Çemen vd. (1999) ise fay zonunun neotektonik dönemde yüksek açılı normal fay bileşenli sağ yanal doğrultu atımlı bir fay olduğunu ifade etmişlerdir. Kürçer ve diğ. (2012) ise çalışmasında TGFZ'nun K25-60B doğrultulu, 65-85 GB'ya eğimli, çok küçük oranda sağ yanal doğrultu atım bileşenine sahip (yan yatım açısı; 75-85), yüzeyde yüksek açılı normal faylardan oluşan bir fay zone olduğunu savunmuştur.

İnceleme alanında TGFZ'na paralel gelişen KB - GD gidişli birbirlerine paralel doğrultu atımlı fay sistemleri ve ana fayı farklı açılarla kesen D - B gidişli düşey bileşenli fay sistemleri gelişmiştir (Şekil 3.7.). Düşey bileşenli faylar inceleme alanının graben özelliği kazanmasını sağlamıştır.



Şekil 3.7. İnceleme alanı ve çevresinde gelişen fay sistemleri

İnceleme alanının diğer önemli fayları K45B doğrultulu İnceburun, Akboğaz ve Peçenek faylarıdır. İnceburun fayı TGFZ'na paralel ve 1 km. doğusunda Hamzalı - Çavuş - Karamollauşağı köyleri batısında yer alır. Bu fay Acıpınar yöresinde esas fay

ile birleşir. İki fay arasındaki blok yükselerek Üst Paleosen - Eosen yaşlı Karapınaryaylası birimlerini yüzeylemiştir. Akboğaz fayı Şerefikoçhisar'ın kuzeyinde yaklaşık 30 km.'lik uzunluğa sahip doğrultu atımlı sağ yanal faydır. Peçenek fayı ise 70 km. uzunluğuna sahip olup yine sağ yanal doğrultu atımlıdır. İnceleme alanında Peçenek fayını dik olarak kesen Hüsrev ve Kaderli'den geçen K60D doğrultulu Hüsrev fayı ise bölgenin en önemli düşey bileşenli fayıdır. Fay boyunca doğu blok yükselmiş batı blok düşmüştür. Bu nedenle fayın normal fay karakterinde olduğu söylenebilir. Hüsrev fayına paralel küçük ölçekli çok sayıda yüksek açılarla batıya eğimli fay setleri mevcuttur. İnceleme alanındaki en önemli morfolojik veri fay sarplıklarıdır.

Mezgit doğusunda yer alan K30D doğrultulu Karaboğazdere fayı ise ters bileşenlidir. Ters fay ile Asmaboğazı ve Çaldağ formasyonları Koçhisar formasyonu üzerinde yer almaktadır.

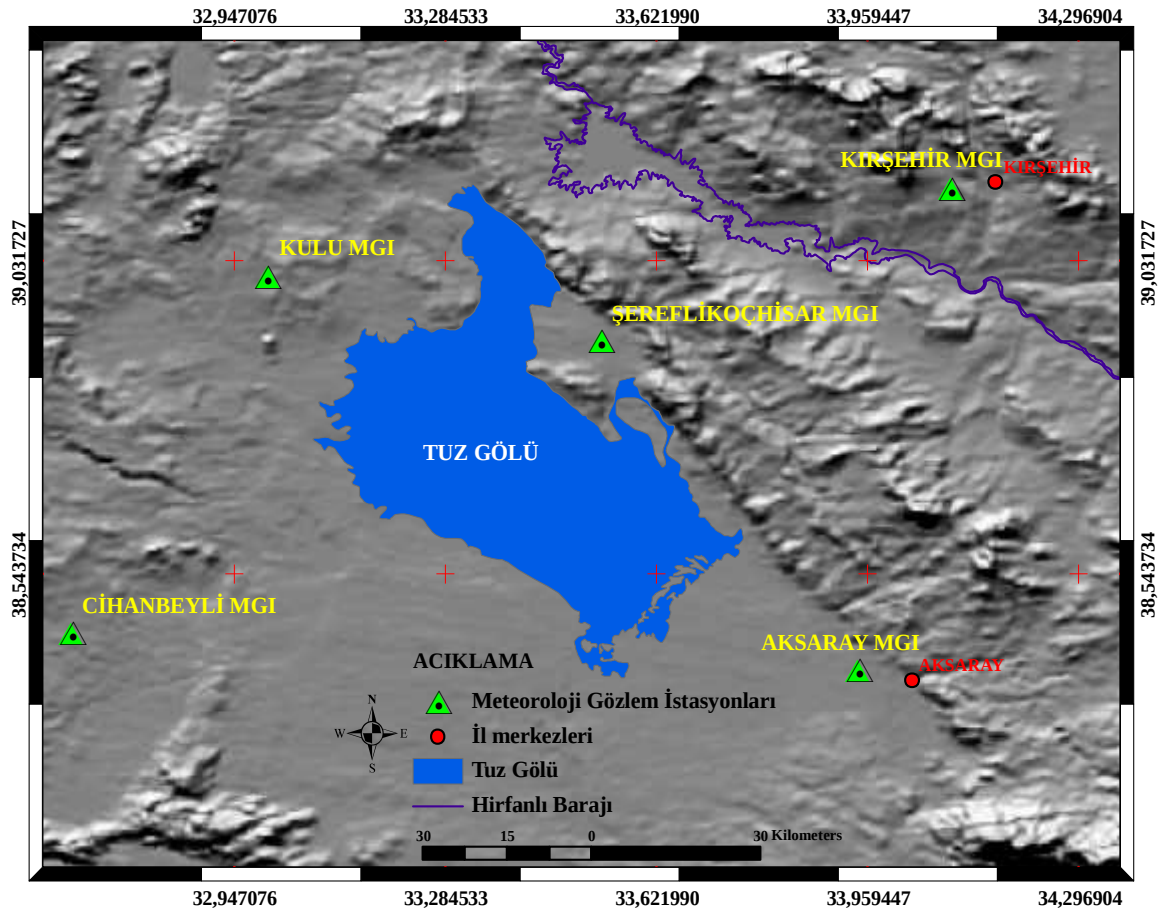
İnceleme alanında Paleotektonik dönem içerisinde gelişmiş genelde D - B ve KD - GB eksen doğrultulu kıvrımlar bulunmaktadır. En önemli kıvrımlar Çaldağ antiklinali, Bademtepe antiklinali ve Kaletepe antiklinalidir (Öney, 1999). Bademtepe antiklinali Bademtepe'de temel birimlerin eğimlenmesi ile oluşmuştur. Kaletepe antiklinalinde ise Kaletepe'nin güneyinde Kartal formasyonuna ait kırıntılılıların eğim açılarının yükseldiği gözlemlenmiştir. İlk kıvrımlanma muhtemelen Lütésiyen sonunda son kıvrımlanma ise Alt Miyosen'de meydana gelmiştir (Öney, 1999).

İnceleme alanında Hamzalı - Çavuş - Karamollauşağı (İnceburun) köyleri çevresinde Karapınaryaylası formasyonuna ve Şereflikoçhisar'ın kuzeyinde Akboğaz mevkiinde Koçhisar formasyonuna ait kumtaşlarında monoklinal bir yapılanmalar belirlenmiştir. İnceburun'un kuzeyinde fay düzlemine yaklaştıkça kumtaşı tabakalarındaki eğim açılarının yükseldiği (70^0 - 80^0) gözlenmiştir. Monoklinal kıvrımlanmaların KD - GB doğrultulu sıkışma rejimine bağlı olarak geliştiği söylenebilir.

4. HİDROLOJİ

Bu bölümde, inceleme alanı ve yakın çevresine ait hidrolik sistemi etkileyebilecek meteorolojik verilerden yararlanılarak bölgenin hidrolojik özellikleri ile ilgili bilgiler sunulmuştur.

Çalışma kapsamında Şereflikoçhisar, Aksaray, Kulu, Cihanbeyli ve Kırşehir Devlet Meteoroloji Gözlem İstasyonlarına (MGİ) ait 41 (1970 - 2011) yıllık yağış, sıcaklık, açık yüzey buharlaşma gibi meteorolojik veriler değerlendirilerek inceleme alanına ait hidrolojik ve yeraltı suyu bilançoları hesaplanmıştır. Çalışma alanı ve çevresinde yer alan MGİ dağılım haritası Şekil 4.1.'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Çalışma alanı ve çevresinde yer alan MGİ'nin dağılım haritası

Yüzey drenaj alanına düşen ortalama yağış miktarının hesaplanmasında aritmetik ortalama, Thiessen (çokgen) ve eş yağış eğrileri (isohyet) yöntemleri, yıllık gerçek buharlaşma - terleme miktarının hesaplanmasında ise Thornthwaite, Turch ve Penman, yöntemleri kullanılmıştır.

4.1. Yağış Veri Analizi

Akiferlerin yeraltı suyu taşıma potansiyelleri uzun yıllara ait yağışların etkisi altındadır. Yeraltı su seviyesi yıllık yağışlara bağlı olarak değişir. İnceleme alanına düşen alansal yağış miktarının belirlenebilmesi için Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından işletilen veya önceki yıllarda işletilmiş olan MGİ'de gözlenen uzun yıllar yağış ölçümü bulunan 5 istasyon seçilmiştir.

Çalışma kapsamında Şereflikoçhisar meteoroloji istasyonunun (Kot: 966 m.) 1970 - 1994 yılları arasında, Aksaray meteoroloji istasyonunun (Kot: 964 m.) 1970 - 2011 yılları arasında, Kulu meteoroloji istasyonunun (Kot: 1010 m.) 1970 - 2011 yılları arasında, Kırşehir meteoroloji istasyonunun (Kot: 1007 m.) 1970 - 2011 yılları arasında ve Cihanbeyli meteoroloji istasyonunun (Kot: 968 m.) 1970 - 2011 yılları arasındaki yağış verilerinden faydalanılmıştır (Çizelge 4.1.).

Çizelge 4.1. İnceleme alanı ve çevresindeki MGİ'ye ait yağış verileri

MGİ	N	R	T	ΣP_{ort}	ΣP_{max}	ΣP_{min}
Aksaray	DMİ 17192	964	1970-2011	342.07	506.2 (1987 yılı)	228.8 (1984 yılı)
Kırşehir	DMİ 17160	1007	1970-2011	378.32	541.9 (1987 yılı)	254.6 (1973 yılı)
Şereflikoçhisar	DMİ 4982	966	1970-1994	368.48	521.1 (1988 yılı)	245.2 (1973 yılı)
Kulu	DMİ 17754	1010	1970-2011	387.29	734.4 (1970 yılı)	219.3 (1973 yılı)
Cihanbeyli	DMİ 17191	968	1970-2011	321.40	499.8 (1988 yılı)	184.6 (1993 yılı)

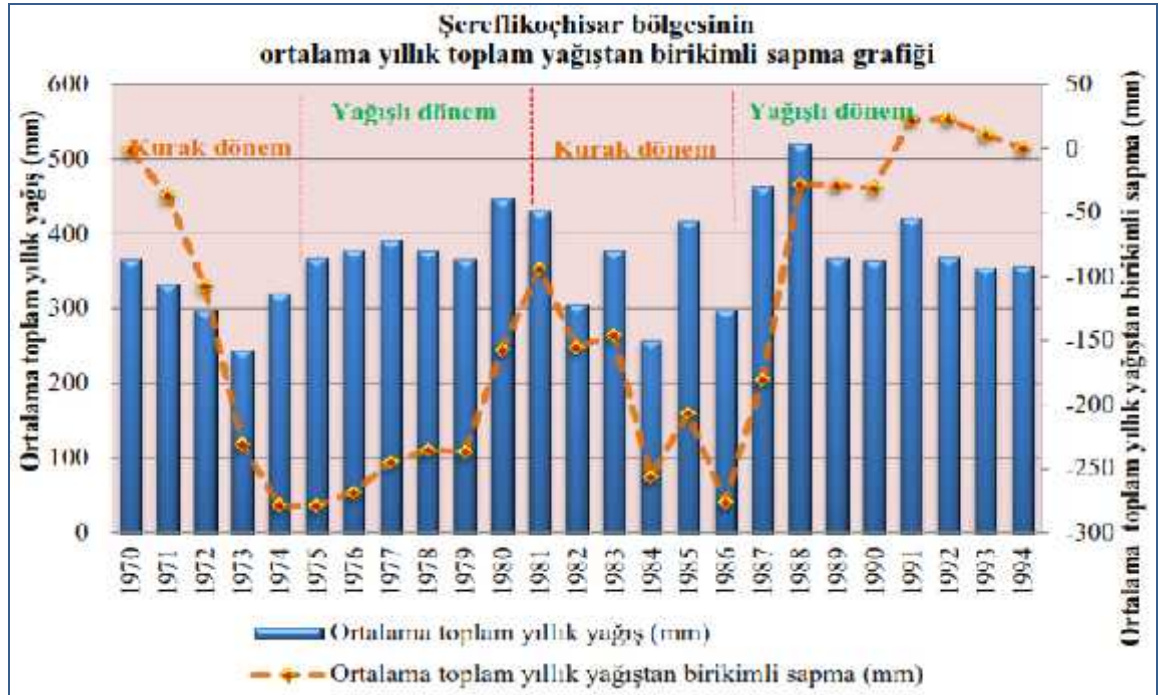
MGİ; meteorolojik gözlem istasyonu, **N**; istasyon numarası, **R**; topografik yükseklik (m), **T**; veri aralığı (yıl), ΣP_{ort} ; ortalama yıllık toplam yağış (mm), ΣP_{max} ; yıllık en fazla toplam yağış (mm), ΣP_{min} ; yıllık en az toplam yağış (mm)

Aksaray, Kırşehir, Şereflikoçhisar, Kulu ve Cihanbeyli meteoroloji istasyonları için ölçülen ortalama yıllık toplam yağış değerleri sırası ile 342.07 mm, 378.32 mm, 368.48 mm, 387.29 mm ve 321.4 mm olarak gerçekleşmiştir. Aynı istasyonlara ait yıllık en fazla toplam yağışlar sırası ile 506.2 mm (1987), 541.9 mm (1987), 521.1 mm (1988),

734.4 mm (1970), 499.8 mm (1988), yıllık en az yağış değerleri ise; 228.8 mm (1984), 254.6 mm (1973), 245.2 mm (1973), 219.3 mm (1973), 184.6 mm (1993) şeklindedir.

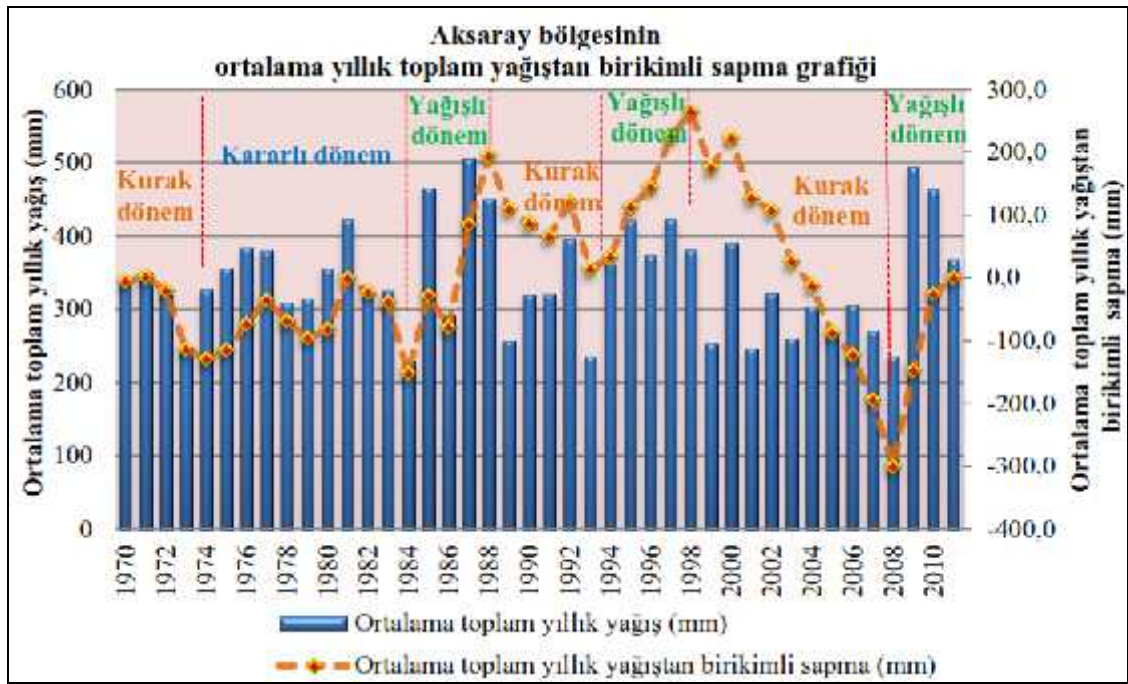
5 MGİ'deki ortalama yıllık toplam yağış değerlerinin 321 - 387 mm arasında değiştiği ve çalışma alanının yıllık ortalama toplam yağış miktarının aritmetik ortalama yöntemine göre 359.72 mm olduğu belirlenmiştir.

Şereflikoçhisar ve çevresine ait ortalama yıllık toplam yağıştan birikimli sapma grafiği incelendiğinde 1970 - 1974, 1981 - 1986 yılları arasında kalan dönemlerde yağışların genel olarak azaldığı ve kurak döneme geçildiği gözlemlenmiştir (Şekil 4.2.). 1975 - 1981, 1986 - 1994 yılları arasında bölgeye düşen yağış miktarının küresel yağışlarla doğru orantılı olarak arttığı belirtilebilir.



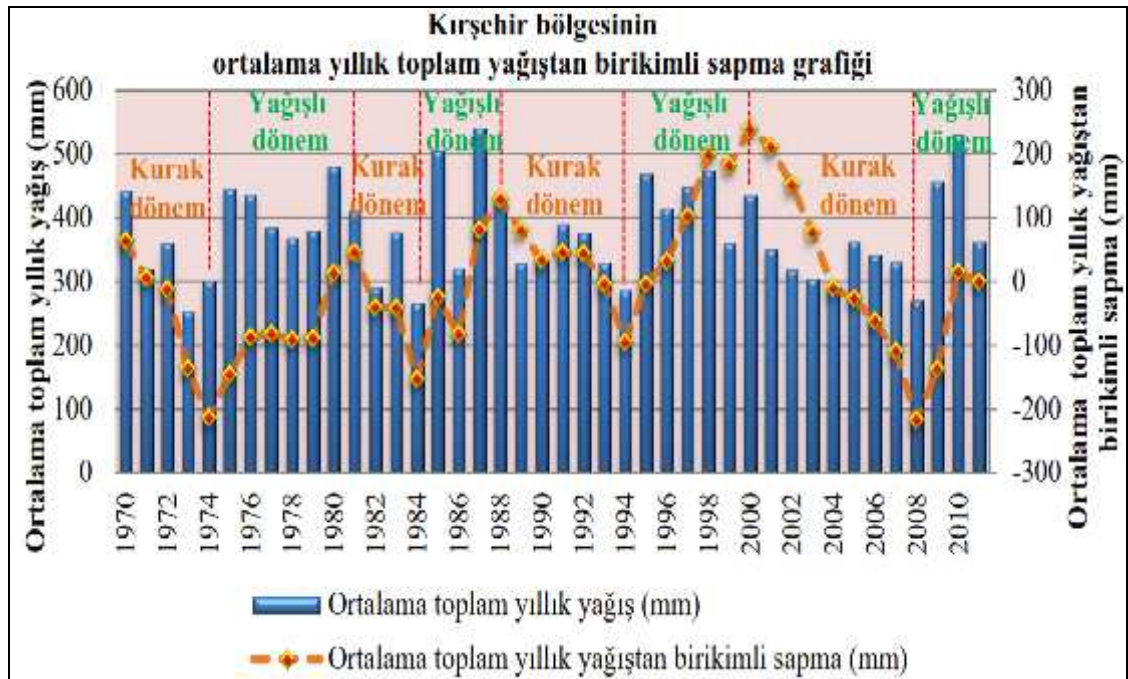
Şekil 4.2. Şereflikoçhisar ve çevresinin ortalama yıllık toplam yağıştan birikimli sapma grafiği

Aksaray ve çevresine ait ortalama yıllık toplam yağıştan birikimli sapma grafiği incelendiğinde 1970 - 1974, 1988 - 1993, 1998 - 2008 yılları arasında kalan dönemlerde bölgeye düşen yağışların azaldığı ve kurak döneme geçildiği gözlemlenmiştir (Şekil 4.3.). 1974 - 1988, 1993 - 1998, 2008 - 2011 yılları arasında ise bölgeye düşen yağış miktarının artarak bölgenin yağışlı dönemin etkisi altında kaldığı söylenebilir.



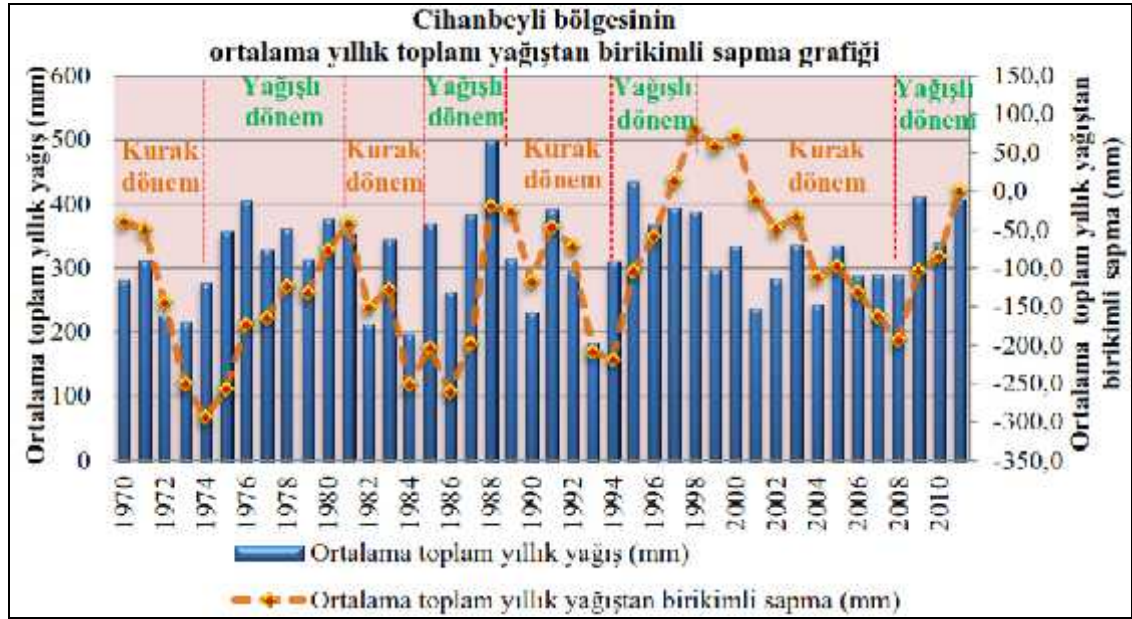
Şekil 4.3. Aksaray ve çevresinin ortalama yıllık toplam yağıştan birikimli sapma grafiği

Kırşehir ve çevresine ait ortalama yıllık toplam yağıştan birikimli sapma grafiği incelendiğinde 1970 - 1974, 1981 - 1984, 1988 - 1994, 2000 - 2008 yılları arasında kalan dönemlerde bölgeye düşen yağışların azaldığı ve bölgenin kurak dönem özelliği gösterdiği gözlemlenmiştir (Şekil 4.4.). 1974 - 1981, 1984 - 1988, 1994 - 2000, 2008 - 2011 yılları arasında ise bölgeye düşen yağış miktarının artarak yağışların bölge üzerinde etkisinin arttığı belirlenmiştir



Şekil 4.4. Kırşehir ve çevresinin ortalama yıllık toplam yağıştan birikimli sapma grafiği

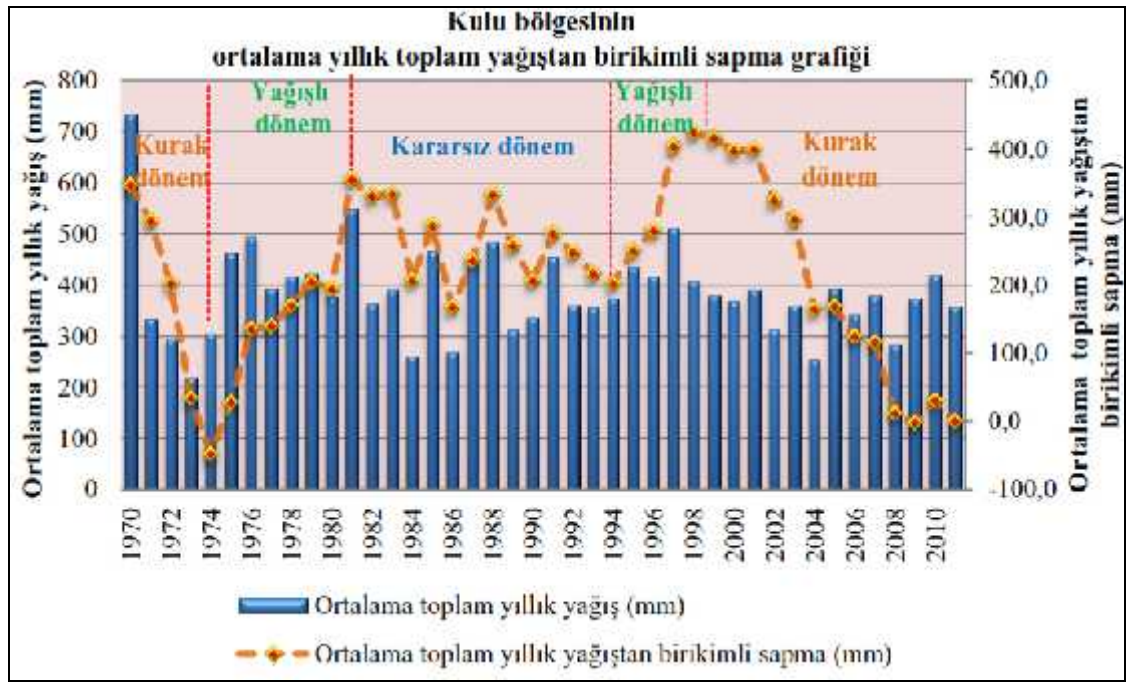
Cihanbeyli ve çevresine ait ortalama yıllık toplam yağıştan birikimli sapma grafiği değerlendirildiğinde 1970 - 1974, 1981 - 1984, 1988 - 1994, 1998 - 2008 yılları arasında kalan dönemlerde bölgeye düşen yağışların azaldığı ve kurak döneme geçildiği görülmektedir (Şekil 4.5.). 1974 - 1981, 1985 - 1988, 1994 - 1998, 2008 - 2011 yılları arasında bölgeye düşen yağış miktarının artarak bölgenin yağışlı dönem özelliği gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 4.5. Cihanbeyli ve çevresinin ortalama yıllık toplam yağıştan birikimli sapma grafiği

Kulu ve çevresine ait ortalama yıllık toplam yağıştan birikimli sapma grafiği incelendiğinde 1970 - 1974, 1998 - 2011 yılları arasında kalan dönemlerde bölgeye düşen yağışların azaldığı ve kurak döneme geçildiği görülmektedir (Şekil 4.6.). 1974 - 1981, 1994 - 1999 yılları arasında ise bölgeye düşen yağış miktarının artarak yağışlı döneme geçildiği belirlenmiştir. Kulu ve çevresinde 1980 - 1994 yılları aralığında yağış değerleri kararsız dönem özelliği gösterirler.

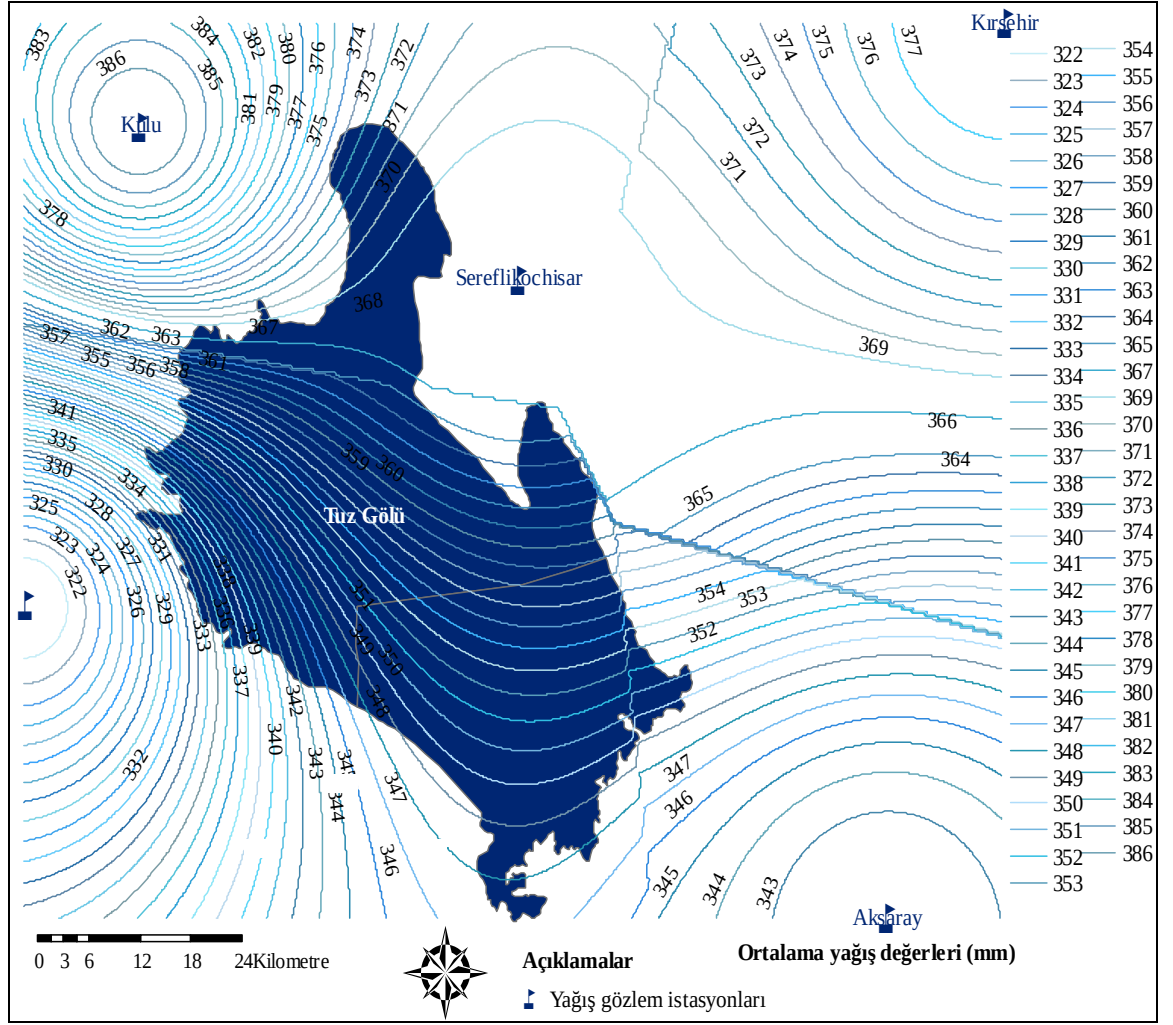
Ortalama yıllık toplam yağıştan sapma grafikleri toplu olarak değerlendirildiğinde tüm alanın aynı yağış karakterine sahip olduğu söylenebilir. İstasyonlardaki yağışlı ve kurak dönemlerin azda olsa farklılıklar göstermesinin nedeni olarak istasyonlar arasındaki yükseklik farkı ve ölçüm yöntemlerindeki değişimler gösterilebilir. Gözlem istasyonları arasında en yüksek kot değerlerine sahip Kulu (Kot: 1010 m. - ΣP_{ort} : 387 mm) ve Kırşehir meteoroloji istasyonlarının (Kot: 1007 m. - ΣP_{ort} : 378 mm) en fazla ortalama yıllık toplam yağış değerlerine sahip olması da bu görüşü desteklemektedir.



Şekil 4.6. Kulu ve çevresinin ortalama yıllık toplam yağıştan birikimli sapma grafiği

Söz konusu istasyonlardaki yıllık toplam yağışlar incelendiğinde genel olarak 1981, 1988 ve 2010 yıllarının en fazla yağış alan yıllar olduğu 1998 - 2008 yılları arasında kalan uzun bir dönemde inceleme alanına düşen yağışların azaldığı gözlenmiştir. Yağış verileri aylara göre değerlendirildiğinde en fazla yağış alan ayların Nisan, Mayıs ve Aralık ayları, yağış oranı en düşük ayların ise Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları olduğu belirlenmiştir.

Aritmetik ortalama yöntemine göre inceleme alanı için yıllık ortalama yağış miktarı 359.72 mm olarak hesaplanmıştır. Bölgeye düşen ortalama yıllık yağışın Eş Yağış Eğrisi ve Thiessen Poligon Yöntemleri kullanılarak hesaplanabilmesi için bölgenin eş yağış eğrileri ve yıllık toplam yağış haritası hazırlanmıştır (Şekil 4.7.). Yağış haritasının hazırlanmasında ArcGIS yazılımının ArcMap uygulamasından faydalanılmıştır. İnceleme kapsamında bulunan meteorolojik istasyonların ortalama yağış değerleri IDW (Inverse Distance Weighted) interpolasyon yöntemi kullanılarak değerlendirilmiş ve yıllık toplam yağış haritası çizilmiştir. ArcMap programının alan hesaplama özellikleri kullanılarak eş yağış eğrileri arasında kalan yüzey alanları hesaplanmış ve bölgeye düşen ortalama yıllık yağış miktarı 366.63 mm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2.).

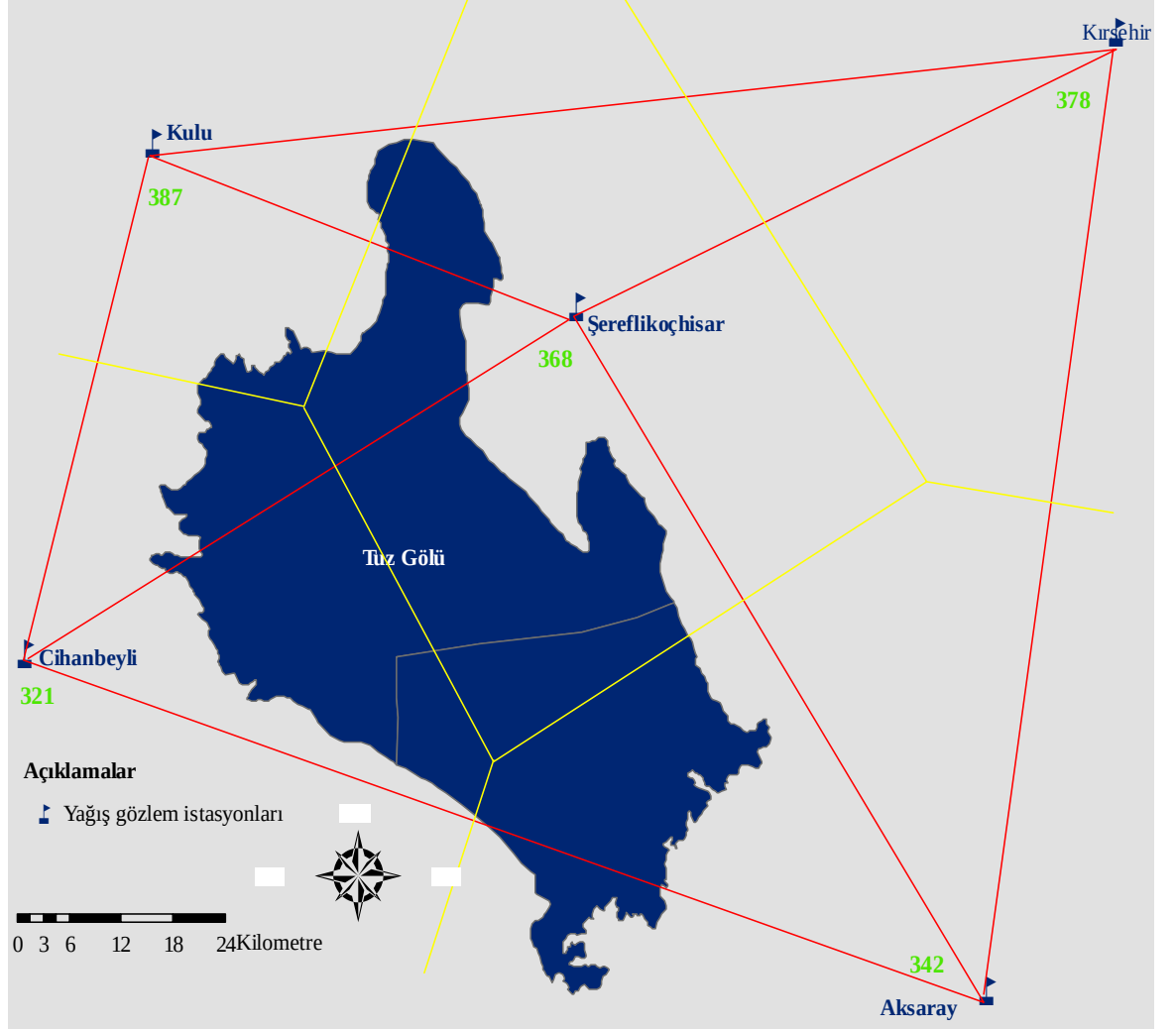


Şekil 4.7. İnceleme alanı ve çevresinin yıllık toplam yağış haritası ve eş yağış eğrileri

Çizelge 4.2. Eş yağış eğrileri yöntemi ile hesaplanan yıllık ortalama yağış değeri

Eş yağış eğrileri	Yağış (mm)	Havza Alanı (km ²)	Yağış*Alan	Ortalama Yağış (mm)
368 - 369	368,5	72,29	26638,865	366,63
367 - 368	367,5	157,13	57745,275	
366 - 367	366,5	12,28	4500,62	
365 - 366	365,5	42,03	15361,965	
364 - 365	364,5	31,13	11346,885	
363 - 364	363,5	23,84	8665,84	
362 - 363	362,5	19,71	7144,875	
Toplam		358,41	131404,325	

İnceleme alanının ortalama yıllık yağış değeri Thiessen yöntemi kullanılarak da hesaplanmıştır. Yöntem kapsamında çalışma alanı ve yakınında bulunan istasyonların ortalama yıllık yağış değerleri harita üzerine yerleştirilmiş ve yakın olan istasyonlar üçgen ağıyla birleştirilmiştir (Şekil 4.8.). Üçgenlerin kenar orta dikmeleri çizilerek her yağış istasyonu çevresinde bir poligon oluşturulmuştur. İnceleme alanının her poligon içerisinde kalan yüzey alanları ArcMap programı kullanılarak hesaplanmış ve bölgeye düşen ortalama yıllık yağış miktarı 368 mm olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.8. İnceleme alanı ve çevresine Thiessen yönteminin uygulanışı

Bundan sonraki hesaplamalarda karışıklığa neden olmamak için önceki çalışmalarda da yaygın olarak kullanılan aritmetik ortalama yöntemi ile bulunan uzun yıllara ait aylık yağış verilerinin ortalama yıllık toplam yağış miktarı (359.72 mm.) kullanılacaktır.

4.2. Sıcaklık Veri Analizi

İnceleme alanının sıcaklık analizinin gerçekleştirilmesi kapsamında Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından işletilen veya önceki yıllarda işletilmiş olan MGİ’de gözlenen uzun yıllar sıcaklık ölçümü bulunan 5 istasyon seçilmiştir (Çizelge 4.3.).

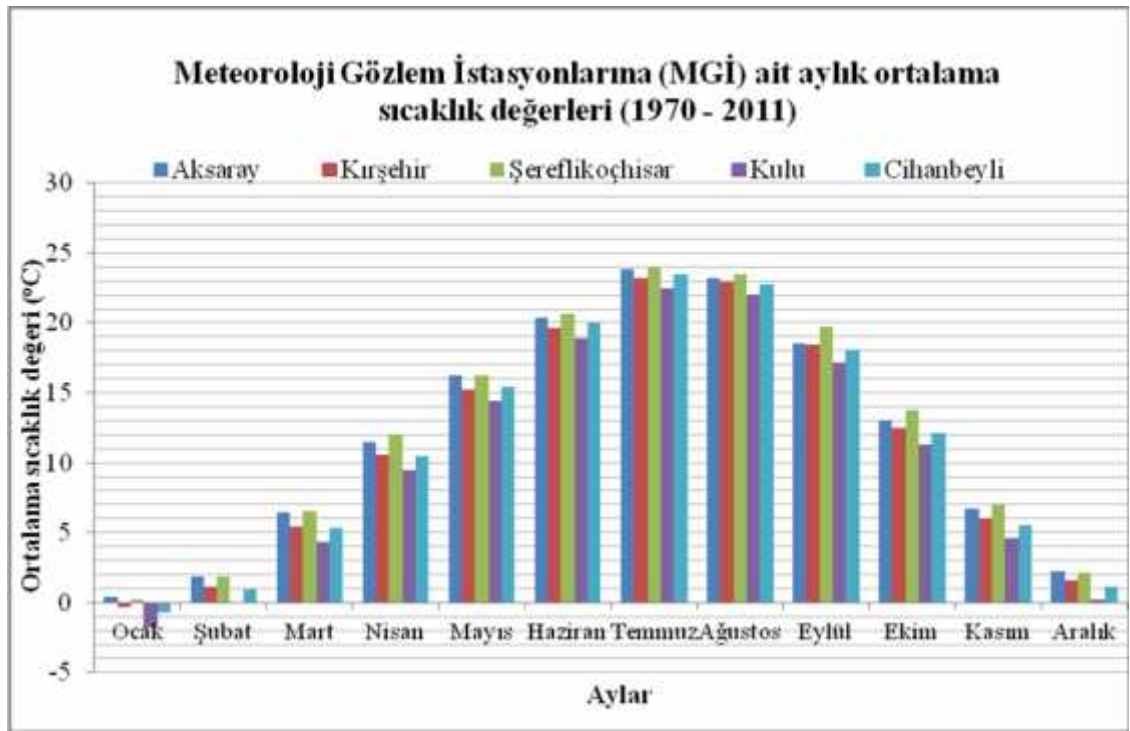
Çizelge 4.3. İnceleme alanı ve çevresindeki MGİ’ye ait sıcaklık verileri

MGİ	N	R	T	S _{ort}	S _{ortmax}	S _{ortmin}
Aksaray	DMİ 17192	964	1970-2011	12	23.8 (Temmuz)	0.4 (Ocak)
Kırşehir	DMİ 17160	1007	1970-2011	11.4	23.2 (Temmuz)	-0.3 (Ocak)
Şereflikoçhisar	DMİ 4982	966	1970-1994	12.3	23.9 (Temmuz)	0.2 (Ocak)
Kulu	DMİ 17754	1010	1970-2011	10.3	22.5 (Temmuz)	-1.8 (Ocak)
Cihanbeyli	DMİ 17191	968	1970-2011	11.2	23.5 (Temmuz)	-0.7 (Ocak)

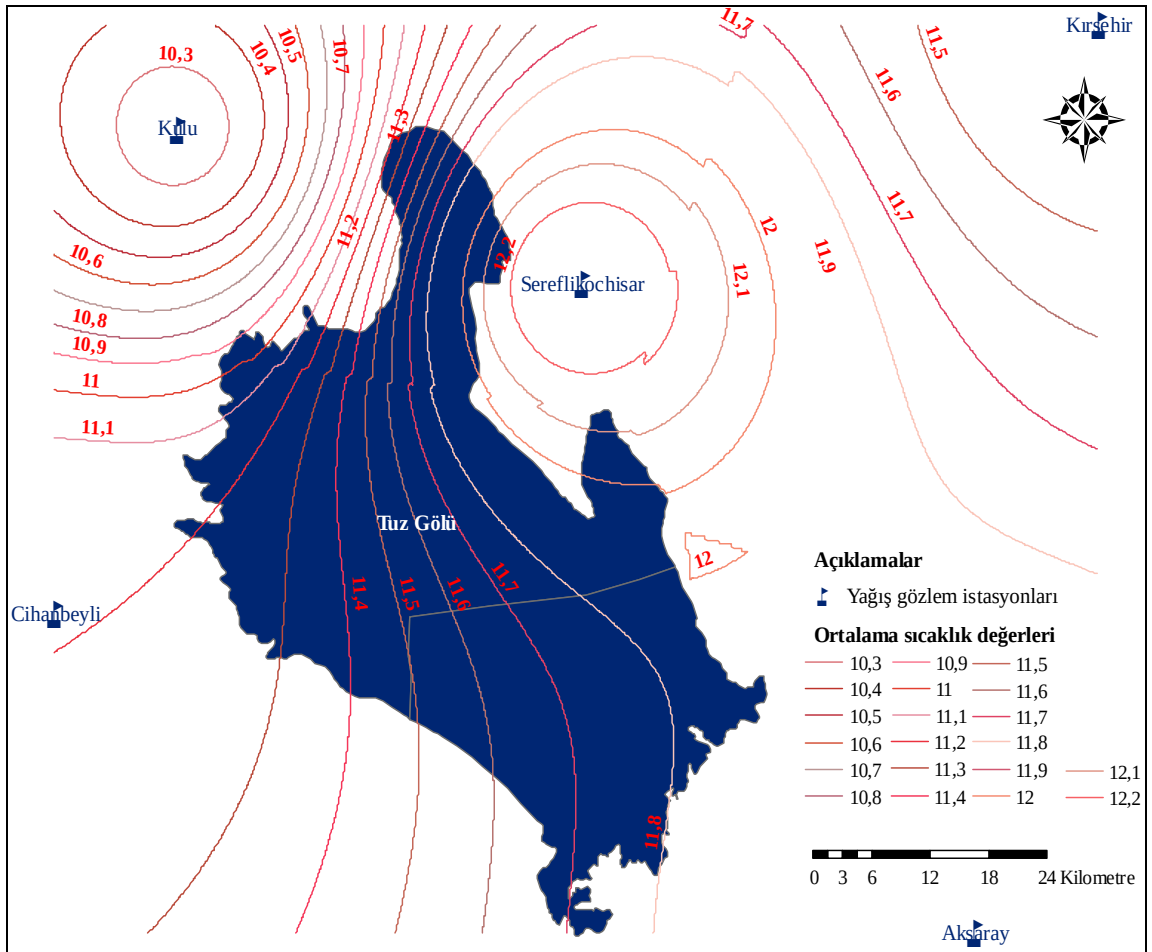
MGİ; meteorolojik gözlem istasyonu, **S_{ort};** ortalama yıllık sıcaklık (⁰C), **S_{ortmax};** aylık ortalama en yüksek sıcaklık (⁰C), **S_{ortmin};** aylık ortalama en düşük sıcaklık (⁰C)

MGİ tarafından gerçekleştirilen 41 yıllık ölçüm süresi içerisinde istasyonlardaki yıllık ortalama sıcaklık değerleri 10 °C - 12.5 °C arasında değişmiştir. İstasyonlardaki en fazla ölçülen sıcaklık değerleri Temmuz ayında en düşük ölçülen sıcaklık değerleri ise Ocak ayında kaydedilmiştir. En düşük ortalama sıcaklık 10.3 °C ile Kulu’ da en yüksek ortalama sıcaklık değeri ise 12.3 °C ile Şereflikoçhisar’da tespit edilmiştir (Şekil 4.9.). İnceleme alanı için yıllık ortalama sıcaklık değeri aritmetik ortalama yöntemine göre 11.4 °C olarak hesaplanmıştır. Şereflikoçhisar da hesaplanan sıcaklık değerleri diğer istasyonlara oranla daha yüksektir.

İnceleme kapsamında bulunan meteorolojik istasyonların 41 yıllık (1970 - 2011) ortalama sıcaklık değerleri IDW (Inverse Distance Weighted) interpolasyon yöntemi kullanılarak değerlendirilmiş ve ortalama sıcaklık dağılım haritası çizilmiştir (Şekil 4.10.).



Şekil 4.9. Meteorolojik gözlem istasyonlarına ait aylık ortalama sıcaklık değerleri



Şekil 4.10. İnceleme alanı ve çevresinin ortalama sıcaklık haritası ve sıcaklık eğrileri

4.3. Buharlaşma Veri Analizi

İnceleme alanının buharlaşma analizinin gerçekleştirilmesi kapsamında Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından işletilen veya önceki yıllarda işletilmiş olan MGİ' da gözlenen uzun yıllar serbest su yüzeyinden buharlaşma miktarı ölçümü bulunan 4 istasyon seçilmiştir. 1975 - 2010 yılları arasında Aksaray MGİ tarafından gerçekleştirilen ölçümlerde ilin serbest su yüzeyinden ortalama yıllık toplam buharlaşma oranının 1156.2 mm olduğu belirlenmiştir. Kırşehir, Cihanbeyli ve Kulu MGİ' da 1975 - 2008 yılları arasında gerçekleştirilen ölçümlere göre ortalama yıllık buharlaşma miktarı sırası ile 1378 mm., 1225 mm. ve 1222 mm. olarak hesaplanmıştır. 1970 - 2005 yılları arasında MGİ'ler tarafından gerçekleştirilen nem ölçümlerinde ise Aksaray % 58.7, Kulu % 63.1, Cihanbeyli % 61,1 ve Şereflikoçhisar'ın % 55 oranlarında aylık ortalama nem yüzdeleri içerdikleri tespit edilmiştir.

Yukarıda verilen buharlaşma verileri açık su yüzeylerinden elde edilmiştir. Gerçek buharlaşma değerini temsil etmemekle birlikte açık su yüzeyi hesaplamalarında kullanılabilirler.

İnceleme alanı ve çevresinde topraktaki mevcut nem koşulları altında oluşan buharlaşma - terleme miktarının hesaplanması gerekmektedir. Gerçek buharlaşma - terlemenin hesaplanabilmesi için çeşitli araştırmacıların önerdikleri yöntemler bulunmaktadır.

4.3.1. Thornthwaite yöntemi

Toprakta sürekli olarak yeterli nemin bulunması durumunda meydana gelebilecek buharlaşma - terleme ile kaybolabilecek en yüksek su miktarına potansiyel buharlaşma - terleme adı verilmektedir. Çalışma alanı için potansiyel (ETp) ve gerçek (ETg) buharlaşma - terleme değerleri Thornthwaite yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Hesaplamalarda inceleme alanı ve çevresinde yer alan Aksaray, Kırşehir, Şereflikoçhisar, Cihanbeyli ve Kulu MGİ'nin ortalama değerleri kullanılmıştır.

Thornthwaite eşitliği aşağıda verilen formül ve tanımlarla temsil edilir;

$$i = (T/5)^{1.514}$$

$$I = \sum i$$

$$a = (6.75 \cdot 10^{-7} \times I^3) - (7.71 \cdot 10^{-5} \times I^2) + (1.79 \cdot 10^{-2} \times I) + 0.49239$$

$$ET_p = 16 \times (10 \times T/I)^a \times k$$

Burada;

T : Aylık ortalama hava sıcaklığı (°C),

i : Aylık sıcaklık indisi,

I : Yıllık toplam sıcaklık indisi,

ET_p : Aylık potansiyel buharlaşma - terleme miktarı (mm)

k : Enlem düzeltme katsayısı

İnceleme alanı ve çevresinde bulunan meteoroloji istasyonları için kullanılan enlem düzeltme katsayıları (k) değerleri Çizelge 4.4.'de verilmiştir.

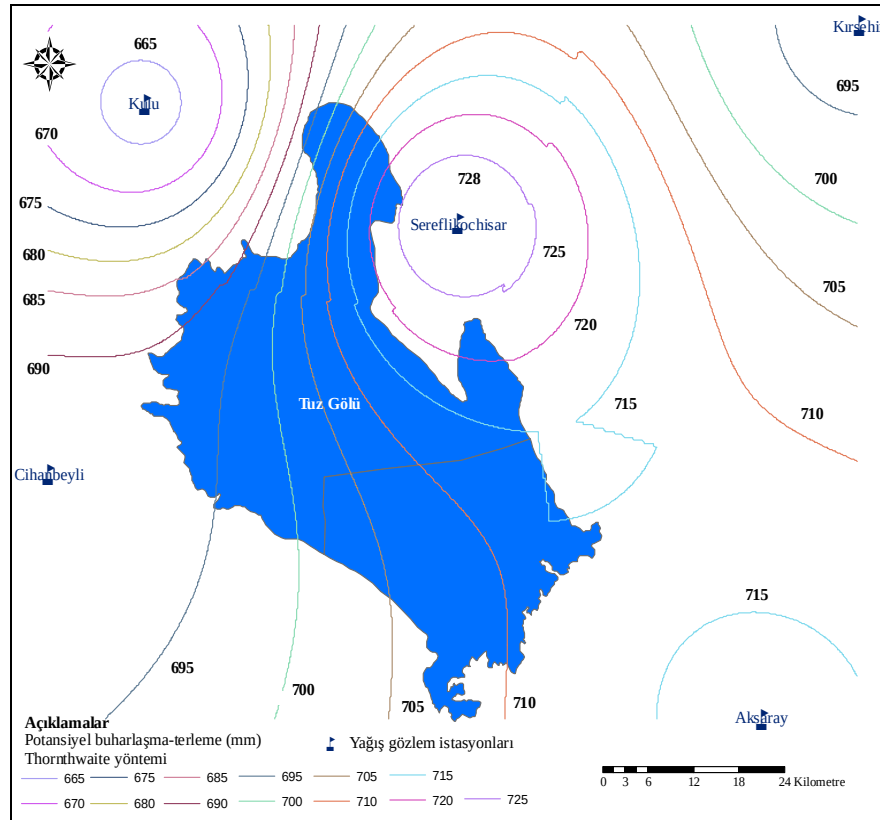
Çizelge 4.4. Meteoroloji istasyonları için kullanılan enlem düzeltme katsayıları (k)

MGİ	Şereflikoçhisar	Aksaray	Kırşehir	Kulu	Cihanbeyli
Doğu	547033	587131	599832	505659	493064
Kuzey	4310448	4247351	4335637	4325544	4278365
k	Enlem düzeltme katsayısı				
Ocak	0,85	0,85	0,849	0,849	0,85
Şubat	0,84	0,84	0,839	0,839	0,84
Mart	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03
Nisan	1,109	1,104	1,11	1,11	1,107
Mayıs	1,23	1,23	1,231	1,231	1,23
Haziran	1,24	1,24	1,241	1,241	1,24
Temmuz	1,259	1,254	1,261	1,261	1,257
Ağustos	1,179	1,174	1,18	1,18	1,177
Eylül	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Ekim	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Kasım	0,84	0,84	0,839	0,839	0,84
Aralık	0,821	0,826	0,819	0,819	0,824

Aksaray, Kırşehir, Şereflikoçhisar, Cihanbeyli ve Kulu MGİ için Thornthwaite yöntemi ile hesaplanan yıllık potansiyel buharlaşma - terleme (ETp) değerleri sırası ile 715.52, 693.54, 728.84, 691.8 ve 663.68 mm/yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.5., Şekil 4.11.).

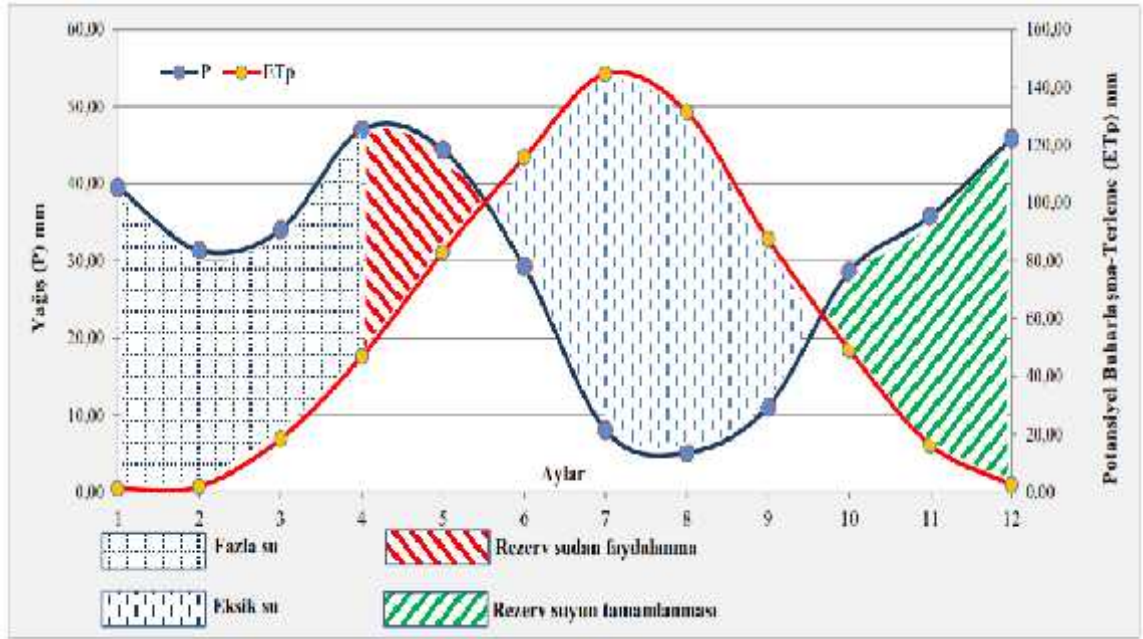
Çizelge 4.5. Thornthwaite yöntemi ile hesaplanan inceleme alanı ve çevresine ait aylık potansiyel buharlaşma - terleme (ETp) değerleri (1970 - 2011 yılları arası)

Aylar/MGİ	Aksaray	Kırşehir	Şereflikoçhisar	Kulu	Cihanbeyli
Ocak	0,422	0,358	0,145	4,391	1,087
Şubat	3,349	1,886	3,103	0,130	1,483
Mart	20,815	17,947	20,397	15,323	17,662
Nisan	48,826	46,081	50,723	43,199	45,612
Mayıs	85,994	81,276	84,748	79,353	82,816
Haziran	117,973	113,659	118,609	111,265	116,728
Temmuz	146,598	143,487	147,511	139,691	145,511
Ağustos	132,641	132,039	134,991	127,202	130,332
Eylül	86,826	87,810	93,592	83,169	86,139
Ekim	50,016	49,277	53,140	46,115	47,444
Kasım	18,047	16,742	18,406	13,545	15,105
Aralık	4,006	2,981	3,476	0,295	1,882
ΣETp (mm/yıl)	715,516	693,544	728,841	663,678	691,800



Şekil 4.11. İnceleme alanı ve çevresinin Thornthwaite yöntemine göre hazırlanmış ortalama buharlaşma - terleme haritası

Yeraltına suyuna akış değeri 83.14 mm. aylık nemlilik katsayısı ortalaması ise 4.94 olarak belirlenmiştir. Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, Kasım ve Aralık aylarında yağışların etkisiyle su açığı yokken Mayıs ayının başlangıcında yağışların azalması ve hava sıcaklığının artmasına bağlı olarak artan buharlaşma miktarı toprak neminden karşılanmıştır (Şekil 4.12.). Yeraltı suyuna akış miktarı 24.21 mm. ile en fazla Şubat ayında gözlemlenirken en düşük akış miktarı 0.04 mm. ile Aralık ayında gerçekleşmiştir.



Şekil 4.12. İnceleme alanına ait yağış - potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği (Thornthwaite yöntemi - 1948)

İnceleme alanı ve çevresi için Thornthwaite yöntemi kullanılarak hazırlanmış su bilanço değerlerine göre yıllık gerçek buharlaşma - terleme değerinin 313.84 mm.su/yıl olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6.). En yüksek buharlaşma değeri 90.77 mm. ile Haziran ayında en düşük buharlaşma değeri ise 1.28 mm. ile Ocak ayında gerçekleşmiştir. Yıllık rezerv su miktarının 543.62 mm. olduğu çalışma alanında yıllık eksik su miktarı 384.83 mm, yıllık su fazlası ise 83.18 mm. olarak hesaplanmıştır. Rezerv su Haziran ayında sıfır değere ulaşmıştır.

Çizelge 4.6. İnceleme alanı ve çevresi için Thornthwaite yöntemi ile hazırlanmış su bilançosu

Veriler	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
T	-0,44	1,14	5,58	10,82	15,48	19,9	23,38	22,86	18,38	12,54	5,96	1,44	11,42
ETp	1,28	1,99	18,43	46,89	82,84	115,65	144,56	131,44	87,51	49,20	16,37	2,53	698,68
P	39,49	31,31	33,99	46,98	44,37	29,24	8,04	5,11	11,05	28,54	35,76	45,83	359,72
P-ETp	38,21	29,32	15,56	0,09	-38,47	-86,41	-136,52	-126,33	-76,45	-20,66	19,39	43,30	-338,96
R_{su}	100,00	100,00	100,00	100,00	61,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,39	62,69	543,62
ETg	1,28	1,99	18,43	46,89	82,84	90,77	8,04	5,11	11,05	28,54	16,37	2,53	313,84
E_{su}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,87	136,52	126,33	76,45	20,66	0,00	0,00	384,83
F_{su}	38,21	29,32	15,56	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	83,18
A_{yer}	19,10	24,21	19,89	9,99	4,99	2,50	1,25	0,62	0,31	0,16	0,08	0,04	83,14
P-A_{yer}	20,39	7,10	14,10	36,99	39,37	26,74	6,79	4,49	10,74	28,38	35,69	45,79	276,57
N_k	29,83	14,73	0,84	0,00	-0,46	-0,75	-0,94	-0,96	-0,87	-0,42	1,18	17,13	4,94

T: ortalama sıcaklık (°C), ETp:potansiyel buharlaşma - terleme (mm.su/yıl), P:yağış (mm), R_{su}: rezerv su, ETg: gerçek buharlaşma terleme, E_{su}: eksik su, F_{su}: fazla su A_{yer}: yeraltı suyuna akış, N_k: ortalama aylık nemlilik katsayısı

4.3.2. Turc yöntemi

Turc adlı araştırmacı 1954 yılında gerçek buharlaşma - terlemeyi (ETg) sıcaklık ve yağışların fonksiyonu olarak hesaplayan aşağıdaki eşitliği önermiştir.

$$ETg = P / \sqrt{0.9 + (P^2 / L^2)}$$

$$L = 300 + 25 T + 0.05 T^3$$

ETg; yıllık gerçek buharlaşma - terleme değeri (mm),

P; yıllık ortalama yağış değeri (mm),

T; yıllık ortalama hava sıcaklığıdır ($^{\circ}\text{C}$).

Aksaray, Kırşehir, Şereflikoçhisar, Cihanbeyli ve Kulu MGİ için Turc yöntemi ile hesaplanan yıllık gerçek buharlaşma - terleme (ETg) değerleri sırası ile 319.29, 340.92, 339.60, 300.46 ve 339.29 mm/yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.7.).

Turc yöntemine göre inceleme alanı ve çevresinde yıllık yağışın ortalama % 91.34'ü buharlaşma - terleme yolu ile atmosfere geri dönmektedir. Yağışın yaklaşık ortalama % 8.66'sı yeraltı ve yüzey akışları olmak üzere toplam akışa geçmektedir.

Çizelge 4.7. Turc yöntemi ile hesaplanan inceleme alanı ve çevresine ait gerçek buharlaşma - terleme (ETg) değerleri

MGİ	Yıllık ortalama yağış (mm)	Yıllık ortalama sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Gerçek buharlaşma-terleme ETg (mm/yıl)
Aksaray	342,07	12,0	319,29
Kırşehir	378,38	11,4	340,92
Şereflikoçhisar	368,48	12,3	339,60
Kulu	387,29	10,3	339,29
Cihanbeyli	321,40	11,2	300,46

4.3.3. Penman yöntemi

İngiliz araştırmacı Penman (1948)'ın önerdiği yöntem buharlaşmada etkili olan bütün meteorolojik faktörleri dikkate almaktadır. Güneşten gelen enerjinin yerküre üzerinde transferi eşitliklerine dayanan yöntem pratik uygulamalarda en doğru sonucu verdiğinden dolayı diğer yöntemlere oranla hidrolojik araştırmalarda daha çok tercih edilmektedir. Penman eşitliği ve yöntemin uygulanmasında kullanılan veriler aşağıda kısaca özetlenmiştir.

$$ET_p = \frac{\Delta H + 0.27 E}{\Delta + 0.27}$$

Δ = Mutlak sıcaklıktaki doymuş su buharı ile günlük hava sıcaklığı arasındaki ilişkiyi belirleyen katsayı

H = Buharlaşma yüzeyinde kullanılan güneş enerjisi miktarı (mm.su/gün)

E = Günlük potansiyel buharlaşma (mm.su/gün)

$$H = R (1 - r) (0.18 + 0.55 n/N) - B(0.56 - 0.92 \sqrt{e_d}) (0.10 + 0.9 n/N)$$

$$E = 0.35(e_a - e_d) (1 + 0.0098U_2)$$

R = Aylık ortalama atmosfer üstü güneş enerjisi miktarı (mm.su/gün)

r = Buharlaşma yüzeyi yansıtma katsayısı (Albedo değeri)

n = Aylık ortalama güneşlenme süresi (saat/gün)

N = Aylık ortalama astronomik güneşlenme süresi (saat/gün)

B = Boltzman katsayısı

e_d = Günlük ortalama sıcaklıktaki havanın doymuş su buharı basıncı

$$e_d = e_a * R_H$$

e_a = Aylık ortalama sıcaklığın eşiti olan havanın doymuş su buhar basıncı

R_H = Bağıl nem (%)

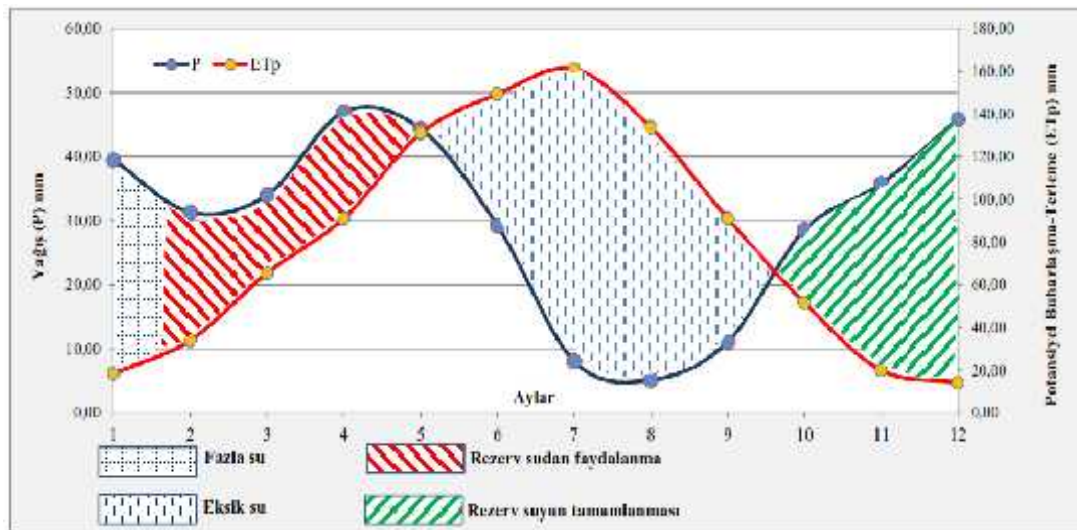
U_2 = Yüzeyden 2 metre yükseklikteki rüzgarın aylık ortalama hızı (m/sn)

İnceleme alanı ve çevresi için Penman yöntemi ile hesaplanan yıllık potansiyel buharlaşma - terleme (ETp) değeri 960.4 mm.su/yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.8.).

Çizelge 4.8. İnceleme alanına ait Penman yöntemi ile hazırlanmış aylık potansiyel buharlaşma değerleri

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sıcaklık	0,20	1,90	6,50	12,0	16,2	20,6	23,9	23,5	19,7	13,8	7,0	2,10
Δ	0,76	0,81	1,04	1,42	1,83	2,32	2,81	2,74	2,19	1,62	1,08	0,81
H	0,19	0,80	1,65	2,51	3,68	4,39	4,56	3,65	2,41	1,10	0,20	0,05
R	6,9	9,2	11,9	14,3	16,2	16,7	16,4	14,9	12,6	10,2	7,5	6,4
r	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
n	3,2	4,2	5,5	6,6	9,1	11,2	12,1	11,4	10	7,1	5	3,2
N	10	10,8	11,9	13,2	14,1	14,6	14,4	13,5	12,4	11,3	10,3	9,7
B	11,04	11,4	12,3	13,4	14,2	15,12	15,78	15,7	14,9	13,8	12,4	11,4
e_d	3,62	4,04	5,15	6,73	8,56	10,36	11,56	10,4	9,12	6,86	5,33	4,16
R_H	0,78	0,77	0,71	0,64	0,62	0,57	0,52	0,48	0,53	0,58	0,71	0,78
e_a	4,65	5,25	7,26	10,5	13,8	18,18	22,23	21,7	17,2	11,8	7,51	5,33
U_1	2,60	3,30	3,00	3,10	2,70	2,70	3,60	2,10	2,80	2,40	2,60	2,30
U_2	1,30	2,00	1,70	1,80	1,40	1,40	2,30	0,88	1,50	1,10	1,30	1,00
E	0,36	0,43	0,75	1,35	1,86	2,77	3,82	3,98	2,87	1,76	0,77	0,41
ETp (gün)	0,59	1,21	2,11	3,04	4,22	4,98	5,19	4,31	3,03	1,66	0,66	0,45
ETp (ay)	18,37	33,9	65,4	91,1	130,9	149,4	161,0	133,7	91,0	51,5	19,9	14,1
ETp (yıl)	960,4 mm.su/yıl											

İnceleme alanına ait yağış - Etp aylık değişim grafiği Şekil 4.13’de verilmiştir.



Şekil 4.13. İnceleme alanına ait yağış - potansiyel buharlaşma aylık değişim grafiği (Penman yöntemi-1954)

Tez kapsamında Thornthwaite, Turch ve Penman yöntemleri kullanılarak hesaplanan buharlaşma - terleme miktarları ve su bilançoları değerlendirildiğinde bölge için buharlaşma tavaları kullanılarak ölçülmüş buharlaşma değerlerine en yakın sonuçların Thornthwaite yöntemi ile elde edildiği belirlenmiştir. Yapılacak hesaplamalarda Thornthwaite yöntemi ile bulunan buharlaşma değerlerinin kullanılması uygun olacaktır.

4.4. Su Bilançosu

İnceleme alanında hidrolojik yıl içerisinde yağışlar yaygın olarak Ekim ayında başlayıp Mayıs ayında sona ermektedir. İnceleme alanında su taşıyan birimlerin besleniminin tamamı yağışlı dönemde yağıştan süzülme ile olmaktadır.

İnceleme alanı ve çevresinde yer alan MGİ ortalama verileri ile gerçekleştirilen Thornthwaite meteorolojik su bütçesi hesaplama sonuçlarına göre inceleme alanında metrekaresine düşen ortalama toplam yıllık yağış 0.359 m/yıl, akarsu ve yeraltı suyu beslenimini sağlayan fazla su 0.0832 m/yıl, inceleme alanını besleyen net yağış miktarı ise 0.146 m/yıl düzeyindedir.

İnceleme alanı ve çevresi için Penman yöntemi kullanılarak hazırlanmış su bilanço değerleri incelendiğinde yıllık gerçek buharlaşma - terleme değerinin 346.87 mm.su/yıl olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.9.). Yıllık rezerv su miktarının 348.61 mm olduğu çalışma alanında yıllık eksik su miktarı 613.53 mm, yıllık su fazlası ise 21.12 mm. olarak hesaplanmıştır. Yeraltı suyunun akış değeri 21.12 mm. aylık nemlilik katsayısı ortalaması ise -0.13 olarak belirlenmiştir. Ocak, Şubat, Mart, Kasım ve Aralık aylarında su açığı yokken su fazlası sadece Ocak ayında gerçekleşmiştir. Yeraltı suyunun akış miktarı 10.56 mm. ile en fazla Ocak ayında gözlemlenirken en düşük akış miktarı Aralık ve Kasım aylarında yaşanmıştır. Fazla su miktarının sadece Ocak ayında gözlemlenmesi yeraltı suyunun akış miktarının çok az olmasına neden olmuştur.

Çizelge 4.9. İnceleme alanı ve çevresi için Penman yöntemi ile hazırlanmış su bilançosu

Veriler	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
T_{ort}	-0,44	1,14	5,58	10,82	15,48	19,9	23,38	22,86	18,38	12,54	5,96	1,44	11,42
ET_p	18,37	33,92	65,44	91,12	130,94	149,37	161,04	133,67	91,03	51,51	19,90	14,10	960,40
P	39,49	31,31	33,99	46,98	44,37	29,24	8,04	5,11	11,05	28,54	35,76	45,83	359,72
P-ET_p	21,12	-2,60	-31,45	-44,14	-86,57	-120,13	-153,00	-128,55	-79,98	-22,97	15,86	31,73	-600,68
R_{su}	100	97,40	65,95	21,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,86	47,59	348,61
ET_g	18,37	33,92	65,44	68,79	44,37	29,24	8,04	5,11	11,05	28,54	19,90	14,10	346,87
E_{su}	0,00	0,00	0,00	22,33	86,57	120,13	153,00	128,55	79,98	22,97	0,00	0,00	613,53
F_{su}	21,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,12
A_{yer}	10,56	5,28	2,64	1,32	0,66	0,33	0,17	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01	21,12
P-A_{yer}	28,93	26,03	31,35	45,66	43,71	28,91	7,87	5,03	11,01	28,52	35,76	45,83	338,61
Nk_{ort}	1,15	-0,08	-0,48	-0,48	-0,66	-0,80	-0,95	-0,96	-0,88	-0,45	0,80	2,25	-0,13

T: ortalama sıcaklık (°C), ET_p:potansiyel buharlaşma - terleme (mm.su/yıl), P:yağış (mm), R_{su}: rezerv su, ET_g: gerçek buharlaşma terleme, E_{su}: eksik su, F_{su}: fazla su A_{yer}: yeraltı suyuna akış, Nk_{ort}: ortalama aylık nemlilik katsayısı

İnceleme alanı 315 km² yüzey alanına sahip olup, ortalama toplam yıllık yağış miktarı dikkate alındığında; alana yıllık yağış kaynaklı su girdisi 113,3x10⁶ m³/yıl düzeyindedir. Gerçek buharlaşma - terleme (ETg) düzeyinin 98.86x10⁶ m³/yıl düzeyinde olması nedeniyle su girdisinin büyük bölümü buharlaşma ve bitki terlemesi ile atmosfere geri dönmektedir.

Bu durumda, yıllık beslenimin geri kalan 14.4 x10⁶ m³/yıl'lık bölümünün sığ ve derin akiferleri beslemekte olduğu anlaşılmaktadır. Bilançoda belirtilen fazla su ile göl yüzeyine düşen net yağış girdisi şeklindeki beslenimlerin toplamı 72.13 x10⁶ m³/yıldır. Bu değerin tamamının Tuz Gölü'ne ulaştığı ve inceleme alanının Tuz Gölü'ne olan sınırları dikkate alındığında, bu değer göl tabanındaki tuzun oluşabilmesi için gerekli su hacminin çok altında kalmaktadır. Tuz Gölü'nde günümüzde tuz oluşumunun devam etmesi için göle ek su girdisinin olması gerektiğini göstermektedir. Yeraltı suyu akımının Tuz Gölü'ne doğru olmasından dolayı gölü besleyen ek su girdisinin kaynağı olarak bölgede yer alan tatlı su karakterine sahip yeraltı suları gösterilebilir.

4.5. Yeraltı Suyu Bilançosu

İnceleme alanında yeraltı suyu bilançosu serbest akifer için hesaplanmıştır. Havzadaki yeraltı suyu sistemine belirli bir zaman aralığı boyunca giren ve sistemden çıkan su miktarı ile sistemde depolanan su kütleinde meydana gelen değişimlerin hesaplanması yeraltı suyu bilançosu olarak adlandırılır.

Yeraltı suyu bilançosu bütçe denklemleri oluşturulduğunda genel olarak;

$$Q_{bes} = Q_{boş} + \Delta S$$

Q_{bes} ; sisteme giren su miktarı

$Q_{boş}$; sistemden çıkan su miktarı

ΔS ; depolamadaki rezerv değişimi olarak ifade edilebilir.

4.5.1. Sisteme giren su miktarı

İnceleme alanının toplam drenaj alanı 315 km²'dir. Bu alanın 276 km²'lik kısmını geçirimli birimler oluşturur. Geçirimli birimlerin yüzey alanları Arcmap uygulaması kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplamalara göre alüvyon 149 km², Karapınaryaylası formasyonuna ait kumtaşları 69 km², Koçhisar formasyonuna ait kumtaşları - çakıltaşları 31 km², Peçenek formasyonuna ait kumtaşları - çakıltaşları 27 km² yüzey alanına sahiptir. Su taşıyan birimlerin beslenmesi yağıştan süzülme ile olmaktadır.

İnceleme alanı ve çevresi için Thornthwaite yöntemi ile hazırlanmış su bilançosundan elde edilen fazla su miktarı değeri kullanılarak yağıştan süzülme miktarları hesaplanmıştır. Hesaplamalarda fazla su miktarı 83.18 mm, süzülme yüzdesi olarak da alüvyon için 0.40, kumtaşları ve çakıltaşları için 0.30 değerleri alınmıştır.

Her formasyon için hesaplanmış süzülme miktarları; alüvyona süzülme; 4.96×10^6 m³/yıl, Karapınaryaylası formasyonuna süzülme; 1.7×10^6 m³/yıl, Koçhisar formasyonuna süzülme; 0.77×10^6 m³/yıl, Peçenek formasyonuna süzülme; 0.67×10^6 m³/yıl olarak hesaplanmıştır. Yağıştan toplam süzülme miktarı; 8.1×10^6 m³/yıl'dır.

İnceleme alanına ait yıllık ortalama toplam yağış miktarı 359.72 mm., ortalama yıllık hava sıcaklığı 11.42 °C'dir. Yağış ve kayıp miktarına göre akışa geçen su miktarı 30.82 mm.'dir. Akışa geçen su için süzülme yüzdesi 0.1, yüzeysel akışın oluşabileceği birimlerin alanı 62 km² olarak alınmıştır. Yüzeysel akıştan süzülme 0.19×10^6 m³/yıl olarak hesaplanmıştır.

4.5.2. Sistemden çıkan su miktarı

İnceleme alanında sistemden çıkan su buharlaşma - terleme, doğal kaynaklarla ve tarımsal sulama ile gerçekleşmektedir.

Buharlaşma - terleme yolu ile gerçekleşen su çıktısının yeraltı su düzeyinin yüzeyden itibaren 2 metreye kadar derinde olduğu alanlardan gerçekleştiği varsayılarak, yeraltı suyu derinliğinin 2 m. dolayında olduğu alan 21 km² olarak hesaplanmıştır. Su bilançosunda hesaplanan eksik su miktarı 384.83 mm.'dir. Buharlaşma yüzdesi olarak

da bilançoda hesaplanan eksik su miktarının 0.40'ı alınmıştır. Bu değerlere göre buharlaşma - terleme ile sistemden çıkan su miktarı $3.23 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ 'dır.

İnceleme alanında ruhsatlı ve ruhsatsız olan yeraltı suyu üretim kuyusu sayısı 210 dolayındadır. Yıllık sulu tarım yapılan arazi büyüklüğü 35 km^2 olan inceleme alanında buğday, şekerpancarı, mısır, ayçiçeği vb. bitkilerin ekimi yapılmakta olup, ortalama bitki su ihtiyacı 609 mm/yıl dolayındadır (Çizelge 4.10.). Yıllık 27000 ton pancar üretim kotasına sahip olan Şereflikoçhisar ilçesinde pancar üretiminin yaklaşık 15000 tonu inceleme alanından karşılanmaktadır. Yaklaşık 1.5 km^2 'lik bir alanda ekimi yapılan pancar için sulamada bitki su ihtiyacının % 15 fazlası su kullanıldığı düşünülürse pancar sulamada kullanılan yıllık yeraltı suyu miktarının $1.28 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olduğu hesaplanmıştır. Şereflikoçhisar ovasında pancarın yanı sıra yaklaşık 12 km^2 'lik bir alanda buğday, 21 km^2 'lik bir alanda ise arpa ekimi yapılmaktadır (Süslü, 2007). Buğday ve arpa için kullanılan yeraltı suyu miktarı $16.8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ 'dır. Toplamda tarım yapılan araziler için kullanılan su miktarı yaklaşık olarak $18.08 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ 'dır.

Çizelge 4.10. Orta Anadolu koşullarında aylara göre bitkilerin günlük ortalama ve mevsimlik toplam su tüketimleri (URL 4.1.)

Aylar	Günlük ortalama su tüketimi (mm/gün)					
	Buğday	Şekerpancarı (tam sulama)	Şekerpancarı (son 1 ay sulama yok)	Mısır	Fasulye	Ayçiçeği
Mart	0.8	-	-	-	-	-
Nisan	2.3	1.2	1.2	-	-	1.2
Mayıs	4.4	2.4	2.4	1.6	1.6	2.0
Haziran	5.7	4.4	4.4	3.4	5.2	5.7
Temmuz	1.2	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4
Ağustos	-	5.8	5.8	5.8	2.4	3.7
Eylül	-	3.9	3.4	3.2	-	-
Ekim	0.8	1.9	1.2	1.2	-	-
Kasım	0.4	-	-	-	-	-
Mevsimlik toplam (mm/yıl)	444	780	744	648	468	570

İnceleme alanında yaklaşık ortalama debileri 0,2 L/sn olan ve yılın tamamında aktif olan 10 adet kaynaktan gerçekleşen su çıkışı $0,063 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olduğu tahmin edilmektedir.

İnceleme alanında sistemden çıkan toplam su miktarının $21,37 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$, sisteme giren su miktarının ise $8,29 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ olduğu belirlenmiştir. Hesaplamalar neredeyse su girdisinin üç katı düzeyde yeraltı suyu kullanımının olduğunu göstermektedir. Teorik açıdan eşit olmaları gereken su girdisi ve su çıkışı değerleri arasındaki fark hesaplamalarda kullanılan parametrelerdeki belirsizliklerden ve uygulanan varsayımlardan da kaynaklanabilir. Ancak inceleme alanında tarım yapılan arazi varlığının ve sulama kuyularının çok fazla olması aşırı yeraltı suyu kullanımına neden olmaktadır. Bu durumun bir sonucu olarak bölgedeki yeraltı suyu seviyesi hızla azalmaktadır. İnceleme alanında gözlemlenen sazlık sulak alanların son dönemlerde kuruması da bunun en önemli göstergelerinden birisidir. 2007 yılında yapımına başlanan ve 2011 yılında inşaatı tamamlanan Peçenek barajı da inceleme alanında yeraltı su beslenimini olumsuz olarak etkilemiştir.

Söz konusu bilanço değerleri arasındaki farkın derin ve tuzlusu içeren akiferden kaynaklanan beslenimi veya komşu akiferlerden yanal beslenimleri temsil etmesi de olasıdır.

5. HİDROJEOLOJİ

Bu bölümde, inceleme alanı ve çevresinin hidrojeolojik özellikleri, su örnekleme noktalarının konumları, önemli su noktaları ve akifer özellikleri ile ilgili bilgiler sunulmuştur.

5.1. Hidrojeolojik Özellikler

İnceleme alanının doğu ve batısında yer alan yüksek kotlu tepeler bölgenin beslenme alanını Tuz Gölü ve inceleme alanında geniş bir alanı kaplayan Koçhisar ovası ise boşalım eksenini oluşturur. Bu nedenle yeterli geçirgenlik kazanmış birimlerde muhtemel yeraltı suyu hareketi Tuz Gölü'ne doğru olmaktadır. Bölgede gözlenen drenaj ağları, geçirimsiz birimler üzerinde genelde iyi gelişmiş ince dentritik, geçirimli ve orta geçirimli birimler üzerinde ise vadi yoğunluğu düşük kaba dentritik drenaj ağları şeklinde görülür. Yüksek kesimlerdeki küçük debili soğuk su kaynaklarının çoğu fay hatlarına bağlı olarak gelişen kırık sistemlerinden veya bağlantısız akiferlerden oluşmaktadır. İnceleme alanındaki litolojik birimler su taşıma ve geçirgenlik özelliklerine bağlı olarak geçirimli (GG), yarı geçirimli (GY) ve geçirimsiz (GZ) birimler olmak üzere üç farklı hidrojeolojik grupta tanımlanmıştır.

5.1.1. Geçirimli birimler (GG)

İnceleme alanında akifer oluşturan en önemli birimlerden birisi inceleme alanında gözlenmemekle birlikte önceki çalışmalar dikkate alındığında bölgesel olarak çalışma alanının temelini oluşturan Paleozoyik yaşlı Orta Anadolu Metamorfitlerine ait mermerlerdir. Birim içerisinde düşey yönde gelişen çatlaklı, kırıklı ve karstik boşluklu kısımlar hidrojeolojik açıdan geçirimlidir. Üst Kretase yaşlı Orta Anadolu Granitoyitleri geçirimsiz olmakla beraber, alterasyonlar sonucu kırılğan bir yapı kazanmıştır. Birim kırıklı ve çatlaklı üst kuşaklarda geçirimlidir ve bölgede zayıf yerel akiferleri oluşturur (Şekil 5.1).

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
SENOZOYİK	KUVATERNER	Holosen	Alüvyon	Qa	Çakıllı ve kumlu seviyeler boyunca gözenekliliği ve geçirirliği yüksek, silt ve killi seviyeleri geçirimsiz, orta akifer
			Tuzgölü	Qt	Çakıllı ve kumlu seviyeleri geçirirli, silt ve killi seviyeleri geçirimsiz, gözenekliliği zayıf, sülfatlı - karbonatlı zayıf akifer
	TERSİYER	PLİYÖSEN	Peçenek	Tp	Az gelişmiş karstik boşluklar ve kırık çatlaklı yüzeyler boyunca ikincil gözenekliliği ve geçirirliği yüksek iyi akifer
					Çakıllı ve kumlu seviyeler geçirirli, gözenekliliği yüksek, iyi akifer
					Kötü boyanmalı, orta gözenekliliğe sahip, çakıllı ve kumlu seviyeleri yüksek gözeneklilik ve geçirirliliğe sahip, silt ve killi seviyeleri geçirimsiz, orta akifer
					Bol kırık ve çatlaklı yapıdan dolayı ikincil gözenekliliği yüksek, geçirirli, iyi akifer
		OLİGO-MİYOSEN	Koçhisar	Tk	Gözenekliliği yüksek, geçirirli, iyi akifer
					Gözenekliliği yüksek, geçirirli kumtaşı - çakıltaşı ardalanması, killi seviyeler geçirimsiz, orta akifer
		EOSEN	Yassipur	Ty	Kırık zonlar haricinde gözeneklilik çok düşük, geçirimsiz jips ve anhidritlerden oluşan akifüj
					Gözeneklilik zayıf, killi seviyeleri geçirimsiz çakıl ve kumlu seviyeleri geçirirli, zayıf akifer
		PALEOSEN	Karapınar yaylası	Tky	Gözeneklilik zayıf (% 8), geçirirlik değerleri orta (10^{-6} m/sn), orta akifer
					Gözenekliliği orta, yüksek kil içeriğinden dolayı geçirirliği düşük akiklud
MESOZOYİK	KRETASE	ÜST KRETASE	Asma boğazı	Ka	Gözeneklilik (%14) ve geçirirliği yüksek (% 14, 10^{-5} m/sn) kumtaşları, killi seviyeler geçirimsiz, iyi akifer
					İri taneler boyunca geçirirlik ve gözenekliliği yüksek, killi seviyeler boyunca geçirimsiz orta akifer
					Bol kırık ve çatlaklı yüzeyler boyunca ikincil gözenekliliği yüksek, iyi akifer
					Killi ve karbonatlı seviyeler boyunca geçirimsiz, kumlu seviyeler boyunca geçirirli düşük zayıf akifer
PALEOZOYİK	KRETASE	ÜST KRETASE	Kartal	Kk	Bol kırık ve çatlaklı seviyeler boyunca gözenekliliği yüksek, gözeneklilik; %17, geçirirlik; 0.01-0.04 md., iyi akifer
					Bol kırık ve çatlaklı seviyeler boyunca gözenekliliği yüksek, iyi akifer
					Kumlu, çakıllı seviyeleri geçirirli, killi seviyeleri geçirimsiz, orta gözenekliliğe sahip zayıf akifer
					Bordo - kırmızı renkli, kalın tabakalı, kötü boyanmalı, çakıltaşı - kumtaşı
PALEOZOYİK	KRETASE	ÜST KRETASE	Kartal	Kk	Masif yüzeyler boyunca akifüj, kırık ve çatlaklı seviyelerde ikincil gözenekliliği yüksek geçirirli seviyelerde zayıf akifer
					Gnays ve şistler geçirimsiz, bol kırık ve çatlaklı mermer ve kuvarsitler boyunca geçirirli iyi akifer

Ölçeksiz

Şekil 5.1. İnceleme alanının hidrojeolojik dikme kesiti

Litodem birimlerinin üzerine ilk çökelen litostratigrafi birimi olan Kartal formasyonunun kötü boylanmalı, yuvarlak - yarı köşeli gevşek çakıltası ve kumtaşı seviyeleri, Asmaboğazı formasyonunun alt seviyelerinde gözlemlenen kumtaşları ve çakıltası merccekleri ile rudistli kireçtaşı seviyeleri, Çaldağ formasyonunun beyaz - sarımsı - krem renkli masif görünümlü orta kalın tabakalı kırılğan yüzeyli kireçtaşı seviyeleri, Karapınaryaylası formasyonunun orta tabakalı, sarımsı renkli, sıkı tutturulmuş kumtaşı, gri - yeşil renkli, iri tane destekli gevşek tutturulmuş çakıltası seviyeleri, Yassıpur formasyonun tabanda koyu kırmızı - bordo renkli orta - iyi derecede yuvarlaklaşmış, kötü boylanmalı, iyi tutturulmuş çakıllı seviyeleri ile kaba taneli - gevşek çimentolu gri - yeşilimsi renkli kumtaşı seviyeleri, Koçhisar formasyonunun kalın tabakalı kırmızımsı renkli çakıltası, kaba kumtaşı ve orta - kalın tabakalı gevşek tutturulmuş, sarımsı renkli kumtaşı seviyeleri, Peçenek formasyonunun orta - ince tabakalı kumtaşı, çakıltası ve orta kalın tabakalı beyaz krem renkli, bol boşluklu, çatlaklı mikritik kireçtaşı seviyeleri, Tuzgölü formasyonu ile Kuvaterner yaşlı alüvyonun tutturulmamış çakıl ve kum seviyeleri pratik olarak geçirimlidir. Geçirimli birimler inceleme alanındaki sığ dolaşımli düşük debili soğuk su kaynakları için önemli bir akifer özelliğindedir.

İstifte Tersiyer yaşlı tabakalı çakıltası ve kumtaşı seviyeleri çoğu zaman kıltaşı, çamurtaşı ve marn ara katmanları ile ardalanmalı bir görünüm sunar. Bu özellik akifer karakteristiklerinin çok sık değişmesine ve akifer veriminin azalmasına neden olur. İnceleme alanında yer alan birimlerin geçirimli seviyelerinin kalınlıklarının az olması, geçirimsiz seviyelerle ardalanmalı yapı sunmaları, kum ve çakıl tanelerinin genelde kil ve karbonat bağlayıcı ile tutturulmuş olması, kayaçlarda gelişen ikincil süreksizliklerin düzensiz olması gibi etkenlerden dolayı Tersiyer yaşlı birimler genelde orta verimli akifer olarak sınıflandırılmıştır. Tuz Gölü'nün doğusunda yer alan ve 149 km²'lik bir alan kaplayan Kuvaterner yaşlı alüvyon ise genelde kohezyon değeri yüksek ince taneli birimlerden oluştuğundan dolayı orta verimli akifer olarak sınıflandırılmıştır.

5.1.2. Yarı geçirimli birimler (GY)

İnceleme alanında çökelen Tersiyer yaşlı karasal, gölsel ve bataklık ortamlarında oluşmuş birimlerin siltli seviyeleri, Tuz Gölü Fay Zonu boyunca geniş bir yayılım gösteren yamaç molozu ile eski ve yeni alüvyonun siltli seviyeleri, Koçhisar formasyonuna ait ince kristalli beyaz - gri renkli jips seviyeleri, Yassıpur

formasyonunun kütleli evaporit seviyeleri, Peçenek formasyonuna ait tüfitler ancak faylanmaya, çatlaklı ve kırıklı yapıya bağlı şekilde ikincil geçirimsizliğin arttığı bölümlerde çatlakların derinliği ile orantılı olarak düşey yönde yarı geçirimsizdir.

5.1.3. Geçirimsiz birimler (GZ)

İnceleme alanının temelinde yer alan birimlerden Orta Anadolu Metamorfitlerine ait şistler etkili kırık zonları dışında pratikte geçirimsizdir ve hidrojeolojik anlamda yerel bariyerlerdir. Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı birimlerin kil, kumlu marn, marnlı kireçtaşlarından oluşan seviyeleri, Peçenek formasyonunun tüflü seviyeleri, bölgede oluşumu sık gözlenen masif kalın evaporitik seviyeler, Tuz Gölü Fay Zonu boyunca geniş bir yayılım gösteren yamaç molozu ile eski ve yeni alüvyonun killi seviyeleri inceleme alanındaki geçirimsiz zonları oluşturur.

Kayaçlarda gelişen alterasyonlar ve sedimantasyon sonucu oluşumları devam eden killer, tektonik etkenlerden dolayı gelişmiş olan ikincil süreksizlik boşluklarında çökelmiş ve kayaçların su depolama, iletkenlik vb. özelliklerini düşürmüştür.

5.2. Akifer Özellikleri Gösteren Birimler

Bölgede akifer sistemleri temsil eden birimler genel olarak temelde Paleozoyik yaşlı bol kırık ve çatlaklı mermerler, Tersiyer yaşlı genelde kumtaşı ve çakıltası ardalanmasından oluşan denizel ve karasal kırıntılılar ile bol kırıklı - karstik boşluklu kireçtaşı seviyeleri ve Kuvaterner yaşlı gevşek kum ve çakıl seviyeleri içeren alüvyon olarak sıralanabilir.

Mermerlerin ilksel gözenekliliği çok zayıftır. Birim bölgede gelişen tektonik faaliyetler sonucu gelişen tansiyonel çatlak sistemlerine bağlı kırıklar ve hidrokimyasal olaylar neticesinde düzensiz gelişmiş küçük karstik boşluklar içerir. Tektonik ve karstik boşluklar kayacın ikincil gözenekliliğini artırmıştır.

Tersiyer yaşlı akifer birimlerin daha geniş tanımlamasının yapılabilmesi amacı ile kumtaşı örnekleri üzerinde ince kesit çalışması ve X-ışını (XRD) gibi petrografik çalışma yöntemleri uygulanmıştır. Araştırma sondajlarının açılması sırasında alınan karot ve örselenmiş örnekler üzerinde Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Zemin Mekaniği Laboratuvarı'nda zemin sınıflandırma

deneyleri gerçekleştirilmiştir. Elek analizleri sonuçları kullanılarak birimlerin granülo-metrik eğrileri çizilmiş elde edilen eğri yardımı ile birimlerin geçirimsilik değerleri hesaplanmıştır. Örnekler üzerinde sıkılama yöntemi uygulanarak birimlerin porozite değerleri de belirlenmiştir.

Beyaz - sarımsı - krem renkli masif görünümlü kireçtaşlarından oluşan Çaldağ formasyonu bol kırık ve çatlaklıdır. Çaldağ formasyonundan alınan farklı örnekler üzerinde Ergene (2011) tarafından detaylı gözeneklilik ve geçirimsilik deneyleri gerçekleştirilmiştir. Tayin edilen gözeneklilik değerleri civa ve helyum porozimetre yardımıyla Boyles kanunundan yararlanılarak yapılmıştır. Geçirgenlik ise Hassler tipi hücrede hazırlanan tapalardan kuru hava veya azot gazı geçirilerek Darcy kanunundan faydalanarak elde edilmiştir (Ergene, 2011). Mezgit kireçtaşı ocağından alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilen deneyler sonucunda Çaldağ formasyonunun gözeneklilik, geçirgenlik ve doğal birim hacim ağırlığı değerlerinin sırasıyla % 0.12 - 17, 0.01 - 0.04 md, 2.67 - 2.68 gr/cm³ arasında değiştiği belirlenmiştir (Ergene, 2011). Çaldağ kireçtaşlarında hidro-dinamik hareketler sonucunda hareket eden sıvılar boşluk gözenekliliği oluşturmuştur. Bölgede gelişen tektonik hareketlere bağlı olarak birim üzerinde gelişen sistematik çatlaklar ve kireçtaşlarındaki bu boşluklar, hakim olarak ikincil kalsit ve az oranda demiroksit çimento ile doldurulmuştur (Ergene, 2011). TPAO tarafından gerçekleştirilen 3300 metre derinliğine sahip Karapınar-I araştırma kuyusunda Çaldağ formasyonuna ait kireçtaşları üzerinde yapılan incelemelerde birimin gözenekliliğinin % 1 - 20 arasında değiştiği belirlenmiştir (Ergene, 2011).

Karapınaryaylası formasyonuna ait kumtaşları kalın tabakalı, orta - ince kum tane boyutlu, gözenekliliği orta, oldukça sert, sağlam ve sıkı tutturulmuş, sarımsı - gri renkli kumtaşlarından oluşmuştur. Birim türbiditik özelliktedir. Kumtaşları litik arkoz, feldispatik litarenit ve litarenit bileşimlidir. Kumtaşı içerisindeki feldispat tanelerinde albitleşme ve serizitleşme yaygındır. Mineral bileşimi; kuvars + serizit + kalsit + opak mineral ± klorit ± feldispat ± mika şeklinde gelişmiştir. Kumtaşlarını oluşturan ana bileşenler % 47 - % 82 kuvars, % 8 - % 33 feldispat, % 4 - % 52 kayaç bileşenleri olup, kalsit ve az miktarda kil bağlayıcı ile tutturulmuştur. Kumtaşları orta - ince taneli olup, laboratuvar-da ölçülen porozite değerleri; % 7.43 - 18.86, geçirimsilik değeri; 10⁻⁶ m/sn, su içeriği; % 9.65 - % 18.23, ortalama çakıl oranı; % 4.16, doğal birim hacim ağırlığı ise; 2.13 - 2.38 gr/cm³ arasında değişir. Araştırma sondajları kapsamında kumtaşlarından alınan karot örnekleri üzerinde gerçekleştirilen nokta yükleme deneyi

sonucunda kumtaşlarının taşıma gücünün 1.67 - 2.15 MPa, arasında değerler içerdiği belirlenmiştir. Taneler arası bağlayıcı malzeme genelde kalsit ve kildir. Kalsit bağlayıcı genelde tanelerin çevresini halka şeklinde tamamen sarmıştır. Taneler arasında bağlayıcı mineral boyutu büyür. Bağlayıcı malzemenin taneler arası boşluğu tamamen veya kısmen doldurması sonucu kayacın gözeneklilik ve iletimlilik özelliği azalmıştır. Kumtaşlarında karbonat bağlayıcının zaman içerisinde çözünmesi ve sıkışma rejimine bağlı olarak taneler üzerinde gelişen tane çatlakları sonucu gözeneklilik yersel olarak farklılıklar içerir.

Koçhisar formasyonuna ait kumtaşlarının mineral bileşiminin; kuvars, feldispat (plajiyoklaz, ortoklaz), mika (muskovit, biyotit), kalsit; tali bileşenleri ise opak minerallerden oluştuğu belirlenmiştir. Kumtaşlarını oluşturan ana bileşenler % 45 - % 86 kuvars, % 7 - % 35 feldispat, % 6 - % 42 kayaç bileşenleri olup, karbonat ve az miktarda kil bağlayıcı ile tutturulmuştur. Kumtaşları kaba - çok kaba taneli olup laboratuvarında ölçülen porozite değerleri % 7.58 - 19.57, geçirimlilik değeri; 10^{-5} m/sn, ortalama çakıl oranı; % 4.2, su içeriği; % 11.82 - % 19.86, doğal birim hacim ağırlığı ise 2.21 - 2.33 gr/cm³ arasında değişir. Taneler arası bağlayıcı malzeme genelde kalsit ve kildir. Bağlayıcı malzemenin taneler arası boşluğu tamamen veya kısmen doldurması sonucu kayacın gözeneklilik ve iletimlilik özelliği azalmıştır. Kumtaşlarında kalsit bağlayıcının diyajenetik özelliklerinin değişmesinden dolayı gözeneklilik yersel olarak farklılıklar içerir.

Peçenek formasyonuna ait orta tabakalı çapraz tabakalanmalı kumtaşı, iyi yuvarlaklaşmış çakıldaşı orta akifer, orta kalın tabakalı beyaz krem renkli, bol boşluklu, mikritik kireçtaşı seviyeleri zayıf akifer niteliğindedir. Kumtaşları karbonat çimento ile gevşek tutturulmuştur. Kumtaşlarının mineral bileşimi; kuvars, feldispat, kalsit, dolomit, plajiyoklaz, illit ve kloritten oluşur. Kumtaşları orta - ince taneli olup, laboratuvarında ölçülen porozite değerleri % 8.96 - 21.12, geçirimlilik değeri 10^{-5} m/sn, ortalama çakıl oranı % 1.3, su içeriği % 8.22 - % 22.16, doğal birim hacim ağırlığı ise 2.57 - 2.73 gr/cm³ arasında değişir. Araştırma sondajı çalışmaları neticesinde elde edilen 61 mm çapındaki muhtelif kireçtaşı karotları üzerinde bir dizi kaya mekaniği deneyleri gerçekleştirilmiş deney sonuçlarından elde edilen veriler doğrultusunda mikritik kireçtaşı seviyelerinin düşük yoğunluğa sahip orta poroziteli ve orta dayanımlı bir kayaç olduğu ve kohezyonu 3.38 MPa, içsel sürtünme açısının ise 35.7^0 olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.2.). Kireçtaşlarında görülen küçük ölçekli karstik boşluklar ikincil

kalsit mineralleri tarafından doldurulmuştur. Birimin ortalama kuru birim hacim ağırlığı 2.37 gr/cm^3 , yaş birim hacim ağırlığı 2.25 gr/cm^3 , gözeneklilik değeri 11.83, boşluk oranı 0.14 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.2. Kireçtaşının dolaylı çekme dayanımı deneyinden bir görünüm

Tuz Gölü'nün doğusunda yer alan ve farklı boyutlarda gevşek çakıl, kum, silt ve kil boyutundaki malzemelerden oluşan alüvyon inceleme alanının en önemli akiferlerinden birisidir. Tuz Gölü'nün kıyı kesimlerinde 25 metre olan kalınlık doğuya Şereflikoçhisar ilçe merkezine doğru gidildikçe artar 80 metreye kadar ulaşır. Orta seviyeleri kalın bir istife sahip olmasına rağmen, çakıl boyutundaki malzemelerin az olması kum içeriğinin sık sık kalın kil tabakaları tarafından kesilmesi birimin iyi akifer olma özelliğini olumsuz olarak etkiler.

Örselenmiş alüvyon örnekler üzerinde gerçekleştirilen deneyler sonucunda alüvyonun ortalama çakıl tane oranı % 3.4, ortalama kum tane oranı % 18, ortalama ince tane oranı ise % 78.60, ortalama boylanma sabiti 3.73, ortalama düzen katsayısı 12.3 olarak belirlenmiştir. Killerden alınan karot örnekleri üzerinde gerçekleştirilen üç eksenli basma dayanımı deneyi sonucunda killerin kohezyonu 0.06 - 0.08 MPa, içsel sürtünme açısı 20° - 40° , su içeriği % 16.22 - % 23.08, Plastisite indisinin ise % 15 - 25 arasında değerler içerdiği belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki alüvyonun akifer özelliklerinin belirlenebilmesi amacı ile farklı arazi deneyleri uygulanmıştır. Sondaj çalışmaları esnasında farklı derinliklerden 2.5 cm çapında, 45 cm uzunluğundaki karotiyerlere (SPT çarığı) zemin örnekleri alınmış zemin örneklerinin üzeri su ile tamamlanarak suyun belirli bir alandan zemin örneği

içerisinden geçiş süresi belirlenmiştir (Şekil 5.3.). Karotiyerle yapılan deneyler sonucu alüvyonun ortalama geçirimlilik değeri 0,0157 cm/sn olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.1).



Şekil 5.3. Geçirimlilik deneyinde kullanılan karotiyerlerden görünüm

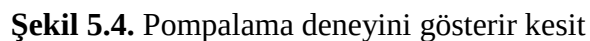
Çizelge 5.1. Karotiyerle yapılan deneyler sonucu hesaplanan alüvyonun ortalama geçirimlilik değeri

r	L	H	h	w	t	A	K	Kort
	(cm)			(cm ³)	(sn)	(cm ²)	(cm/sn)	(cm/sn)
2,5	45	37	8	157,0	1720	19,625	0,02151	0,0157
2,5	45	33	12	235,5	2520	19,625	0,01310	
2,5	45	34	11	215,9	2800	19,625	0,01214	
2,5	45	34	11	215,9	1580	19,625	0,02152	
2,5	45	33	12	235,5	3040	19,625	0,01086	
2,5	45	36	9	176,6	2400	19,625	0,01500	

r; karotiyer yarıçapı, L; karotiyer uzunluğu, H; zemin kalınlığı, h; su yüksekliği, w; kullanılan su, t; zaman, A; alan, K; geçirgenlik, Kort; ortalama geçirgenlik

Çizelge 5.2. Alüvyon akiferde yapılan pompalama deney şartları

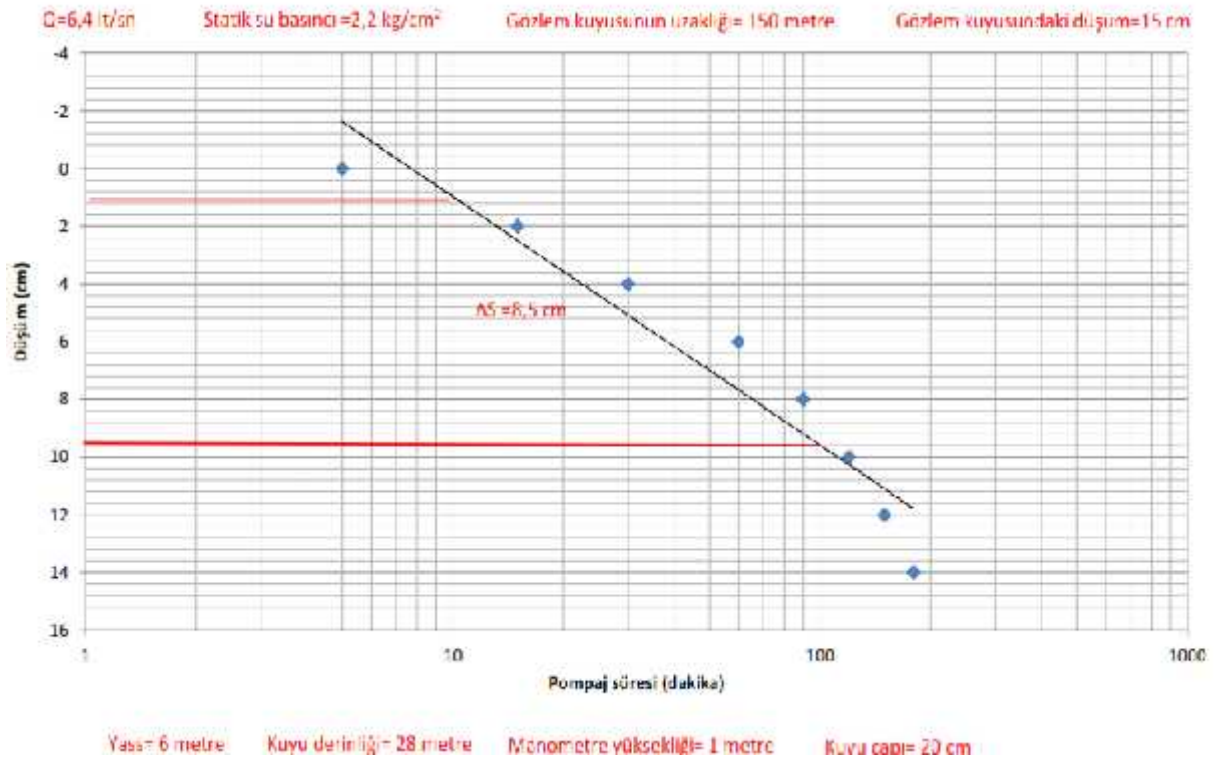
Tarih:	17 Mayıs 2012
Kuyu derinliği:	28 metre
Akifer kalınlığı:	35 metre
Kuyu yarıçapı :	10 cm
Pompa derinliği:	25 metre
Pompa çapı:	5” (12,7 cm)
Statik su seviyesi:	6.2 metre
Pompalama süresi:	180 dakika
Kuyuda deney öncesi statik basınç:	2,2 kg/cm ²
Pompaj debisi:	6,4 lt/sn
Sulama suyu boru çapı:	110 mm
Pompaj süresi:	180 dakika
Gözlem kuyusundaki düşüm:	15 cm
Kuyuda deney sonrası statik basınç:	0,73 kg/cm ²



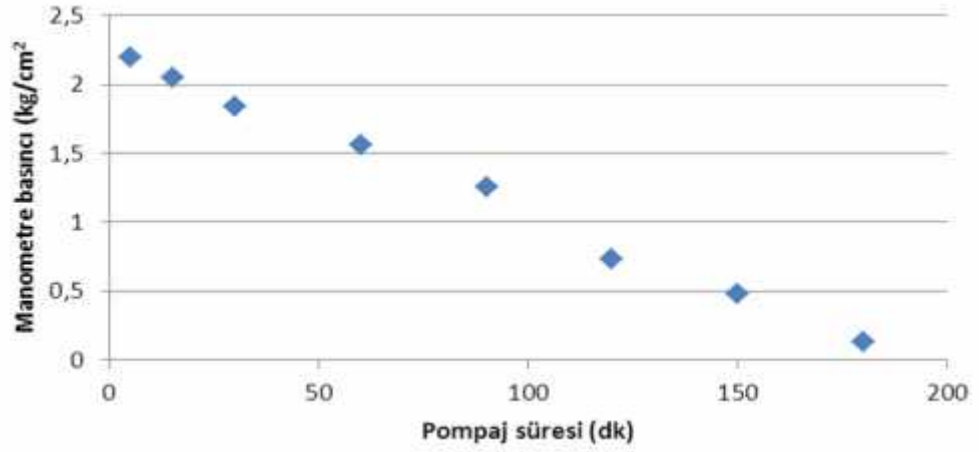
Kuyu derinliğinin 28 metre, akifer kalınlığının 35 metre, pompa derinliğinin 25 metre ve statik su seviyesinin 6.2 metre olduğu şartlar altında gerçekleştirilen deney esnasında 180 dakikanın sonunda kuyunun verimi su alınamayacak şekilde düşmüştür. Deney sonucunda alüvyon akiferin hidrojeolojik özelliklerinden geçirimsizlik (K) değeri 0.04 cm/sn, iletimsizlik katsayısı (T); $0.014 \text{ m}^2/\text{sn}$, depolama katsayısı (S) 5.10^{-4} , ortalama hızı (V_{ort}) $5.5.10^{-5} \text{ m/sn}$ olarak hesaplanmıştır.

Akiferin aşırı beslendiği bir dönemde gerçekleştirilen pompa testi sonucu elde edilen alüvyon akiferin iletimsizlik ve depolama katsayısı değerleri incelendiğinde akiferin içme, sanayi ve sulama ihtiyaçları için yeterli kapasiteye sahip olduğu belirlenmiştir.

Pompalama deney süresince 180 dakikanın sonunda 150 metre uzaktaki gözlem kuyusunda düşüm 15 cm olarak ölçülmüştür (Şekil 5.5.). Deney başlamadan kuyu başında ölçülen statik kuyu basıncı 2.2 kg/cm^2 iken deney süresi sonunda kuyu statik basıncı 0.73 kg/cm^2 'ye kadar düşmüştür (Şekil 5.6.).



Şekil 5.5. Pompalama deneyine ait zaman - düşüm grafiği



Şekil 5.6. Pompaj süresi boyunca değişen kuyu basıncı

180 dakikanın sonunda kuyunun veriminin tamamen düşmesi ve gözlem kuyusunda düşüm değerinin 15 cm olarak ölçülmesi düşüm konisinin genişlemesine bağlı olarak kuyuya daha uzak mesafelerden gelecek suyun düşük akım hızına sahip olması olabilir. Akifer içerisindeki ardalı ve düzensiz dağılım sunan geçirimsiz killi seviyeler akım hızının düşmesine neden olduğu düşünülmektedir. Deney sonucu çizilen düşüm zaman grafiği incelendiğinde düşüm eğrisinin grafiğin alt kesimlerinde yer alması ve dik bir görünüm sunması da sızma etkisinin düşük olduğunun bir göstergesidir (Driscoll, 1986).

Araştırma sondajlarının açımı sırasında değişik lokasyon ve derinliklerden alınan örselenmemiş ve örselenmiş zemin örnekleri üzerinde alüvyon içerisindeki tanelerin dağılımını bulabilmek ve sınıflandırabilmek amacı ile elek ve hidrometre analizleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.7.).



Şekil 5.7. Araştırma sondajlarının açımı sırasında değişik lokasyon ve derinliklerden alınan örselenmemiş ve örselenmiş zemin örnekleri

Gerçekleştirilen elek analizi sonucu alüvyon çökellerin kum, çakıllı kum, kil, siltli kil, siltli kum ve silt olmak üzere 6 farklı hidrojeolojik birimden oluştuğu belirlenmiştir. Elek ve hidrometre analizi sonucu elde edilen granülometrik dağılım eğrisinden elde edilen tane boyu değerleri kullanılarak özellikle kum tane boyutunda malzemeler için geçirimsizlik katsayısı değerleri hesaplanabilir. Birçok araştırmacı elek analizinden geçirgenlik katsayısının hesaplanabilmesi için benzer eşitlikler önermişlerdir (Çizelge 5.3.) Bu çalışmada elek analizleri kullanılarak yapılan hesaplamalarda USBR (United States Bureau of Reclamation) tarafından önerilen bağıntı kullanılmıştır.

$$k=(g/v)*4.8*10^{-4}[(D_{20}^{0.3})*(D_{20})^2]$$

D_{20} : elek analizinde % 20'ye karşılık gelen tane boyu

g: yerçekimi ivmesi

v: kinematik viskozite

k=geçirimsizlik katsayısı

Çizelge 5.3. Elek analizine bağlı olarak hesaplanan geçirgenlik katsayısı eşitlikleri (Güneş ve Yüce, 2011'den alınmıştır.)

Yaklaşım Adı	Formülü	U	d_{10} (mm)	Uygulanan Malzemeler	Gözeneklilik (n)
Hazen	$k = \frac{g}{v} \times 6 \times 10^{-4} [1 + 10 (n - 0,26)] D_{10}^2$	<5	0.1-0.3	İyi boylanmış	Var
Kozeny-Carman	$k = \frac{g}{v} \times 8,3 \times 10^{-3} \left[\frac{n^3}{(1-n)^2} \right] D_{10}^2$	<2	0.5-4	Kum boyu	Var
Breyer	$k = \frac{g}{v} \times 6 \times 10^{-4} \log \left(\frac{500}{U} \right) D_{10}^2$	-	0.06-0.6	Heterojen kötü boylanmış	Yok
Slitcher	$k = \frac{g}{v} \times 1 \times 10^{-2} n^{3,287} D_{10}^2$	-	0.01-5	-	Var
Terzaghi	$k = \frac{g}{v} \times C_i \times \left[\frac{n - 0,13}{(1-n)^{1/3}} \right]^2$	-	-	Kum boyu	Var
USBR	$k = \frac{g}{v} \times 4,8 \times 10^{-4} D_{20}^{0,3} \times D_{20}^2$	<5	-	İri kum	Yok
Alyamani ve Sen	$k = 1300 [I_0 + 0,025 (D_{50} - D_{10})]^2$	-	-	D_{10} ve D_{50} olan tüm sedimanlar	Yok

Elek analizleri sonucu çizilen tane boyu dağılım eğrisinden kumlar için hesaplanan geçirimsilik değerleri 0.024 - 0.076 cm/sn arasında değişim gösterir. Alüvyon birimin heterojen bir yapı göstermesi ve düşey mesafede çok sık birim aralanmalarının görülmesi geçirgenlik değerlerinin sürekli değişmesine ve heterojen bir dağılım kazanmalarına yol açmıştır. Bu yüzden havza için alansal ortalama değil noktasal geçirimsilik değerlerinin kullanılması daha doğru olacaktır.

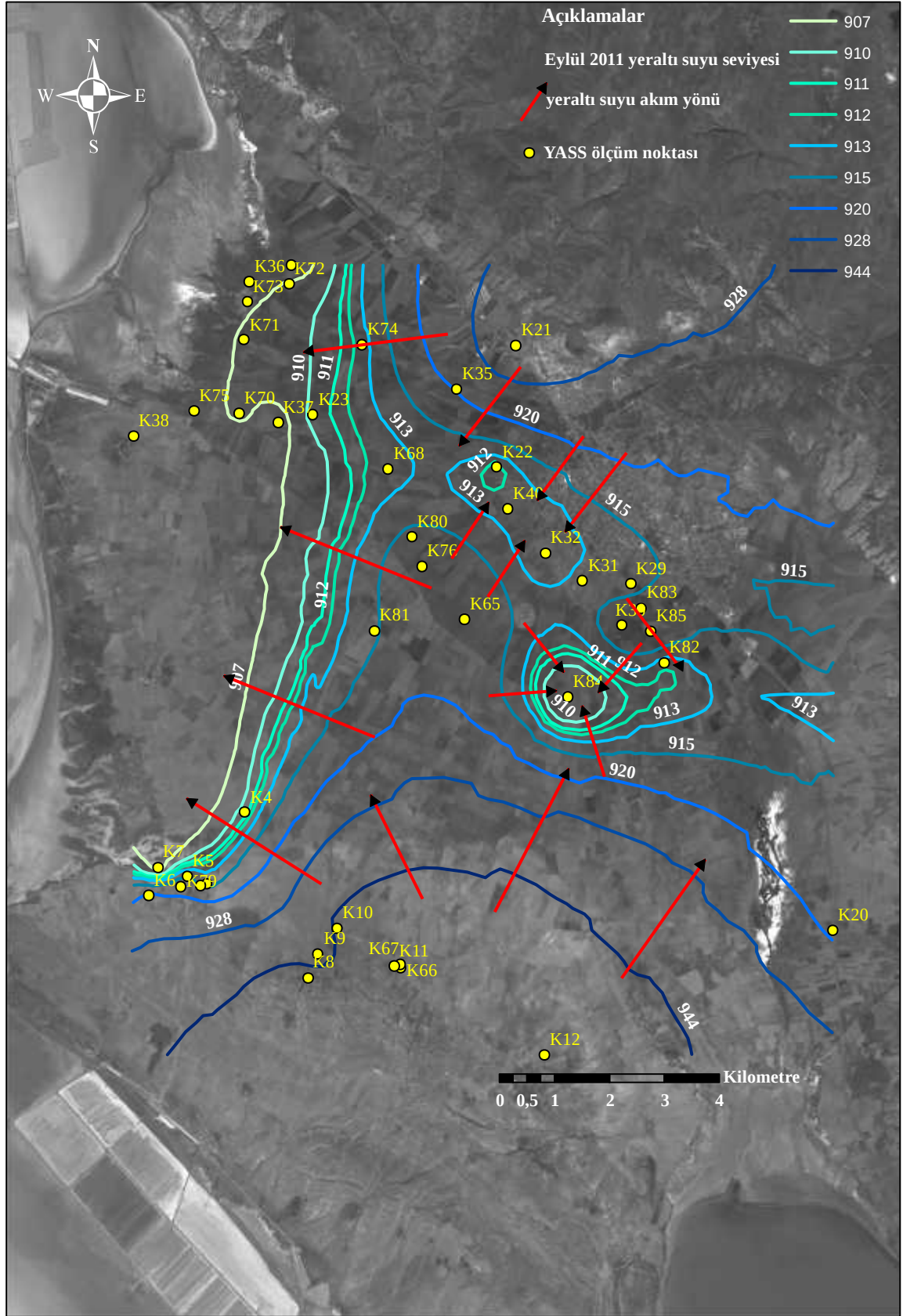
Alüvyon birime ait örselenmiş örneklerin gözeneklilik değerleri sıkılama yöntemi ile karot örneklerinin toplam gözeneklilik değerleri ise hacim ve kuru birim hacim ağırlık değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Tanımlanan altı farklı hidrojeolojik birim için belirlenen ortalama gözeneklilik değerleri kil (% 23.56) > siltli kil (% 25.91) > silt (% 24.74) > kum (% 32.79) > siltli kum (% 28.72) > çakıllı kum (% 39.35) şeklinde değişim göstermektedir.

Alüvyon akifer içerisinde DSİ 5. Bölge Müdürlüğü tarafından açılmış dört adet araştırma kuyusundan pompalama deneyleri yapılabilecek iki adet kuyuda gerçekleştirilen deneyler sonucunda alüvyon akifer için hesaplanan ortalama geçirimsilik değeri (K) ve iletimlilik katsayısı (T) sırası ile 0.069 cm/sn, 0.035 m²/sn, olarak hesaplanmıştır (Öney, 1999). Geçirimsilik değeri ve iletimlilik katsayısı dikkate alındığında kuyularda kum tane boyutunun egemen olduğu görülmektedir. Killi ve siltli seviyeler geçirimsiliği düşürmektedir.

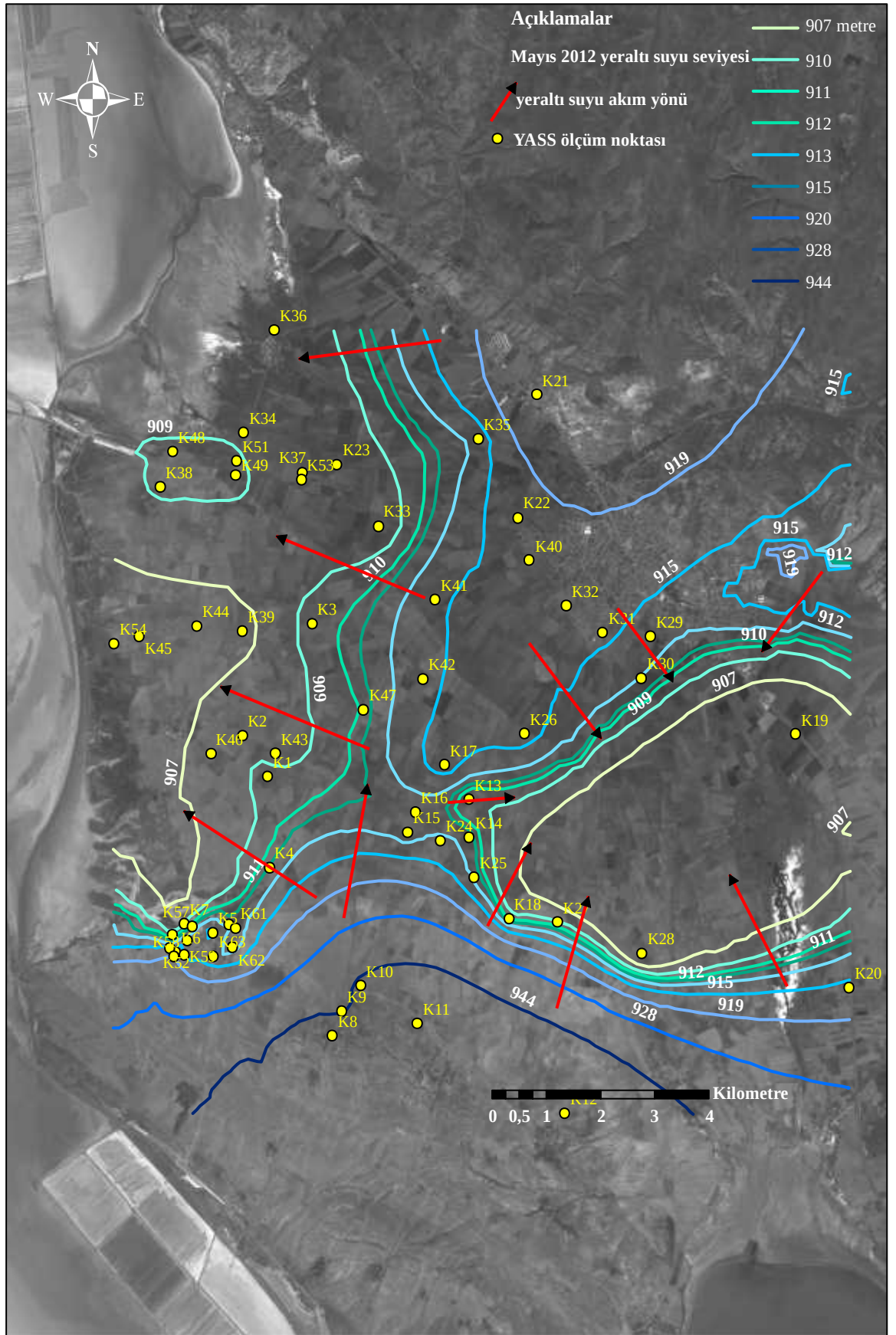
5.3. Yeraltı Suyu Akım Sistemi

İnceleme alanında akiferlerin beslenimi genel olarak yağıştan süzülme ile olmaktadır. Alüvyon akiferin kil tane oranı yüksek olduğundan süzülme oranı zayıftır ve kil tane oranının dağılımına bağlı olarak farklılıklar içerir. Bölgedeki yeraltı su hareketliliğini belirleyebilmek amacı ile alüvyon akiferi temsil eden 73 adet sulama kuyusundan Eylül 2011, Mayıs 2012 ve Eylül 2012 tarihlerinde dönemsel statik su seviye ölçümleri, tez kapsamında araştırma amacı ile açılmış 10 adet araştırma kuyusundan ise farklı dönemlerde aylık statik su seviye ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Dönemsel statik su seviye ölçümleri için ArcGIS yazılımının Arcmap uygulaması kullanılarak interpolasyon yöntemi ile tahmini yeraltı su seviye haritaları hazırlanmıştır (Şekil 5.8., Şekil 5.9.).



Şekil 5.8. İnceleme alanındaki Eylül 2011 dönemine ait statik su seviye dağılımları



Şekil 5.9. İnceleme alanındaki Mayıs 2012 dönemine ait statik su seviye dağılımları

Hazırlanan tahmini yeraltı su seviye haritalarının doğruluk regresyon katsayıları Eylül 2011 ve Mayıs 2012 ölçüm dönemleri için sırası ile 0,94 ve 0,96 bulunmuştur.

Statik su seviye ölçüm dönemlerine göre hazırlanan tahmini yeraltı su seviye haritaları incelendiğinde haritaların benzer su çizgilerine sahip oldukları görülmektedir. İnceleme alanında yeraltı su hareketi topografik olarak yüksek kotlu tepelerden eğimin azaldığı düz alanlara doğru gelişmiştir. Haritalar incelendiğinde bölgede iki farklı konverjan özellikte napın olduğu görülür. Birinci nap inceleme alanının kuzeybatısında Tuz Gölü'nün doğu sahilleri boyunca uzanan Çavuşköy - Koçhisar ilçe merkezi - Yeşilova yerleşim yerleriyle sınırlı alanı kapsar. İkinci nap ise bölgenin güneydoğusunda Çavuşköy ve Emek mahalleri ile Askeri tesislerin sınırladığı alanı içerisine alır.

Yeraltı suyunun hareketi birinci nap bölgesinde yüksek kotlu tepelerden Tuz Gölü'ne doğrudur. Topografyanın eğimine bağlı olarak Tuz Gölü'ne doğru su çizgilerinin seyrekleştiği, hidrolik eğim değerlerinin azaldığı, eğim azalmasına bağlı olarak suyun bölgede kalış süresinin uzadığı ve geçirimsizlik değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Hamzalı köyü civarında su çizgilerinin sıklaşması hidrolik eğim değerlerinin arttığını buna bağlı olarak da geçirimsizlik değerlerinin düştüğünü göstermektedir.

Yeraltı suyunun hareketi ikinci nap bölgesinde Çavuşköy ve Emek mahalleri ile Askeri tesislerin sınırladığı alüvyon ovaya doğrudur. İkinci nap bölgesini sınırlayan alanda su çizgileri oldukça sıktır. Bu alanda hidrolik eğim çok yüksek geçirimsizlik değeri ise oldukça düşüktür. Nap dairesel bir geometrik şekil sunar. Çalışma kapsamında aynı bölge için hazırlanan tuzluluk ve elektriksel iletkenlik dağılım haritalarında da benzer dairesel kapanımlara rastlanılması ikinci napın bulunduğu alanda bir tuz sokulumunun varlığı olabileceği veya tektonik bir hat boyunca geliştiği ihtimalini güçlendirmektedir. Önceki jeofizik çalışmalar değerlendirildiğinde ikinci napın kapsadığı alanın kuzey ve güneyinde bulunan tektonik fayların etkisiyle graben özelliğine sahip olması ve bu bölgede alüvyon kalınlığının diğer bölgelere oranla dikkate değer bir artış göstermesi napın oluşmasında etkili olabilir.

Yeraltı suyu hareketi dönemsel olarak değerlendirildiğinde yağışlı dönemi temsil eden Mayıs 2012 ölçüm döneminde yeraltı su seviyelerinin artmasına bağlı olarak su çizgilerinin kurak dönemi temsil eden Eylül 2011 ve Eylül 2012 ölçüm dönemlerine oranla napların dışına doğru hareket ettiği tespit edilmiştir. Aynı zamanda yağışlı

dönemde napları birbirinden ayıran su çizgilerinin sıklaştığı ve sınır bölgesinin daha çok belirginleştiği gözlemlenmiştir. Yüzeyden itibaren ortalama yeraltı su seviyesi Mayıs 2012 ölçüm döneminde 8 m., Eylül 2011 ölçüm döneminde ise 9.5 m. olarak hesaplanmıştır.

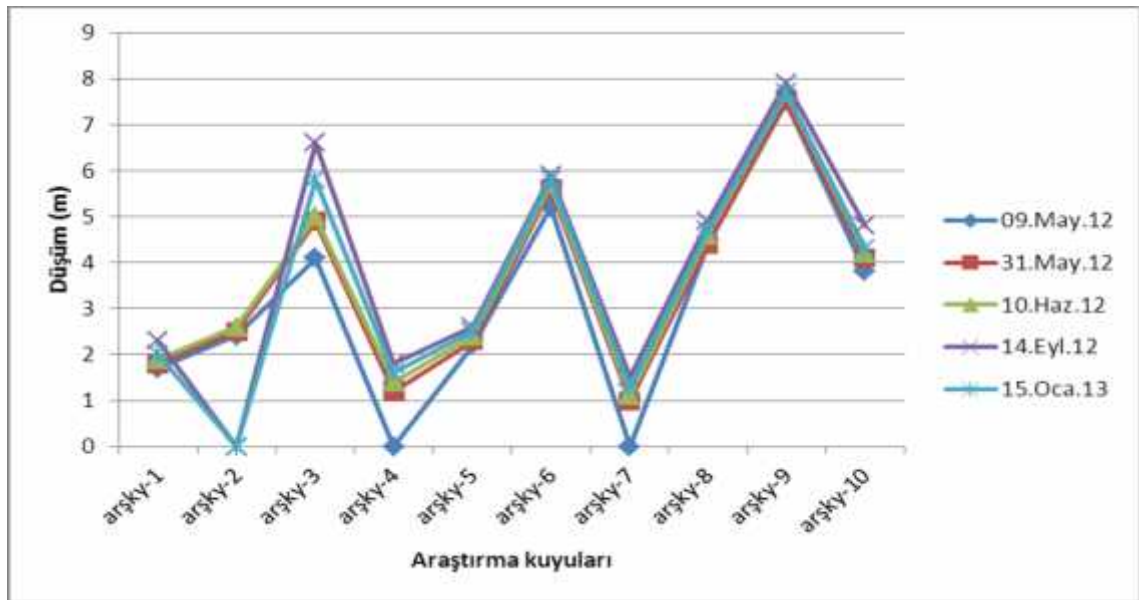
İnceleme alanında Eylül 2011 ve Mayıs 2012 statik su seviyesi ölçüm dönemleri arasında ortalama 1.4 metre düşüm değeri fark etmiştir. Topoğrafyanın yüksek olduğu bölgelerde özellikle Çavuşköy civarında Karapınaryaylası formasyonuna ait kumtaşları içerisinde açılan kuyularda bu fark 8 metreye kadar çıkmıştır. Bu fark kurak ve yağışlı dönemde efektif boşluk hacminde meydana gelen değişimlere bağlıdır. Alüvyonun farklı tane boyu dağılımı gösterdiği alanlarda da düşüm değerleri arasında farklar gözlenmiştir. Nisan ayının ortalarından itibaren yörede başlatılan sulama çalışmaları da dönemsel farklılığa etki etmiştir. Çalışma alanındaki araştırma kuyularında yapılan aylık su seviye ölçümleri Çizelge 5.4.'de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Araştırma kuyularında zamansal su seviye ölçümleri

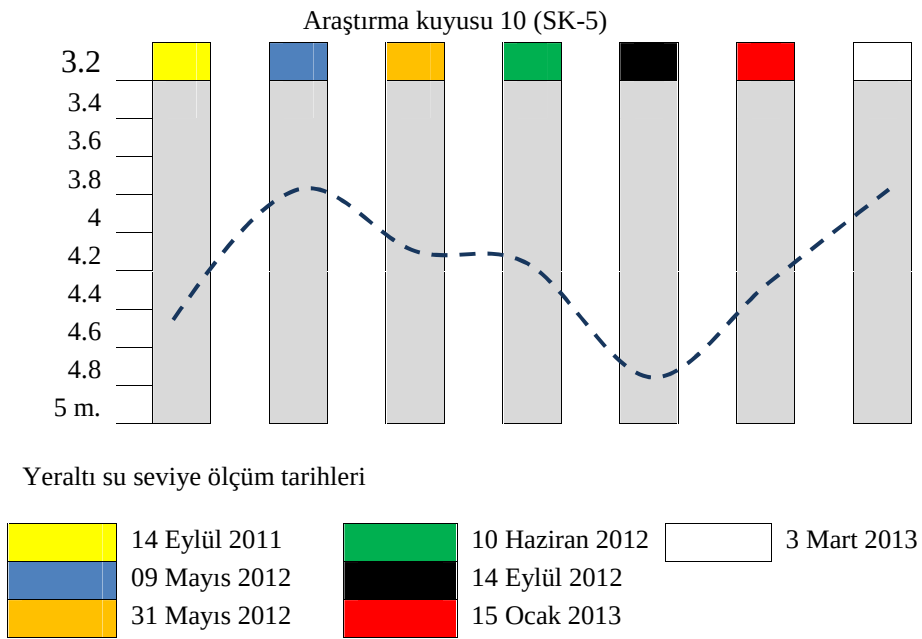
No	x	y	Rakım	Eylül 2011	09Mayıs 2012	31Mayıs 2012	Haziran 2012	Eylül 2012	Ocak 2013	Mart 2013
AK-1	538590	4311344	910	b	1,7	1,8	1,9	2,3	2	1,9
AK -2	539748	4310934	912	b	2,4	2,5	2,6	b	b	b
AK -3	540962	4310857	915	b	4,1	4,9	5	6,6	5,8	5,6
AK -4	537502	4307956	906	b	b	1,2	1,4	1,8	1,6	0,8
AK-5	537970	4308089	908	b	2,2	2,3	2,4	2,6	2,5	2,1
AK -6	539033	4308263	912	b	5,2	5,6	5,7	5,9	5,8	5,7
AK -7	537974	4305609	908	b	b	1	1,1	1,5	1,3	1,1
AK -8	539295	4306016	912	b	4,4	4,4	4,6	4,9	4,7	4,6
AK -9	540479	4306023	916	b	7,5	7,5	7,7	7,9	7,7	7,6
AK -10	539333	4302859	920	4,5	3,8	4,1	4,2	4,8	4,3	3,8

AK: Araştırma kuyusu, b: ölçüm değeri yok (Su seviye ölçümleri metre cinsinden verilmiştir.)

Sulama döneminin başlamasıyla birlikte Mayıs ayından itibaren yeraltı suyu seviyesinde yaklaşık olarak aylık 10 - 20 cm aralıklarında düşümler gözlenmiştir. En uzun süreyle statik yeraltı su seviye ölçümleri gerçekleştirilen 10 numaralı araştırma kuyusunda aylık ölçülen statik yeraltı su seviye ölçümlerine göre Eylül 2011 su seviye ölçüm dönemi ile Mayıs 2012 su seviye ölçüm dönemi arasındaki fark 70 cm'dir. 14 Eylül 2011 ölçüm döneminde yüzeyden itibaren 4.5 metrede ölçülen su seviyesi 9 Mayıs 2012 tarihinde 3.8 m., 31 Mayıs 2012 tarihinde 4.1 m. ve 10 Haziran 2012 tarihinde 4.2 m., 14 Eylül 2012 tarihinde 4.8 m. ve 10 Ocak 2013 tarihinde 4.3 m.'dir (Şekil 5.10., Şekil 5.11.).



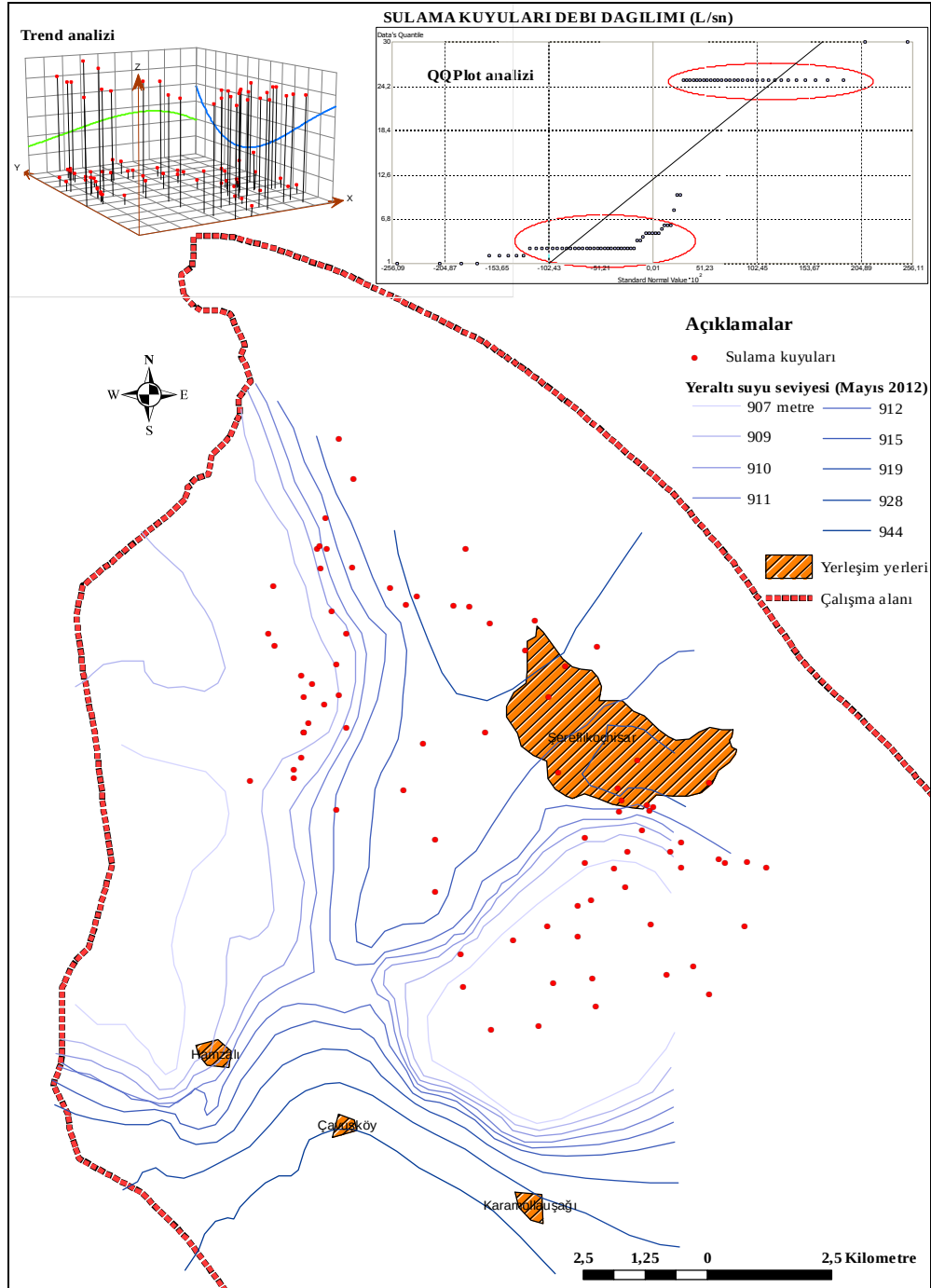
Şekil 5.10. Araştırma kuyularındaki aylık yeraltı su seviye değişimleri



Şekil 5.11. Araştırma kuyusu-10 da ölçülen aylık yeraltı su seviye değişimleri

Alüvyon akiferde yeraltı sularının üretim debilerinin belirlenebilmesi amacı ile 2003 - 2009 yılları arasında DSİ tarafından işletme ruhsatı verilen 84 sulama kuyusunun üretim verileri incelenmiş ve jeostatiksel analizleri gerçekleştirilmiştir. Kuyular daha çok inceleme alanının kuzeybatısında Yeşilova'nın güneydoğusunda ise Emek ve Mustafacık çevresinde açılmıştır (Şekil 5.12.). Sulama kuyularının derinlikleri 32 m. ile 162 m. arasında değişim gösterir. Kuyuların ortalama derinliği 41 m.'dir. Sulama kuyularının üretim verileri için yapılan QQPlot ve Trend analizlerinden ortalama üretim

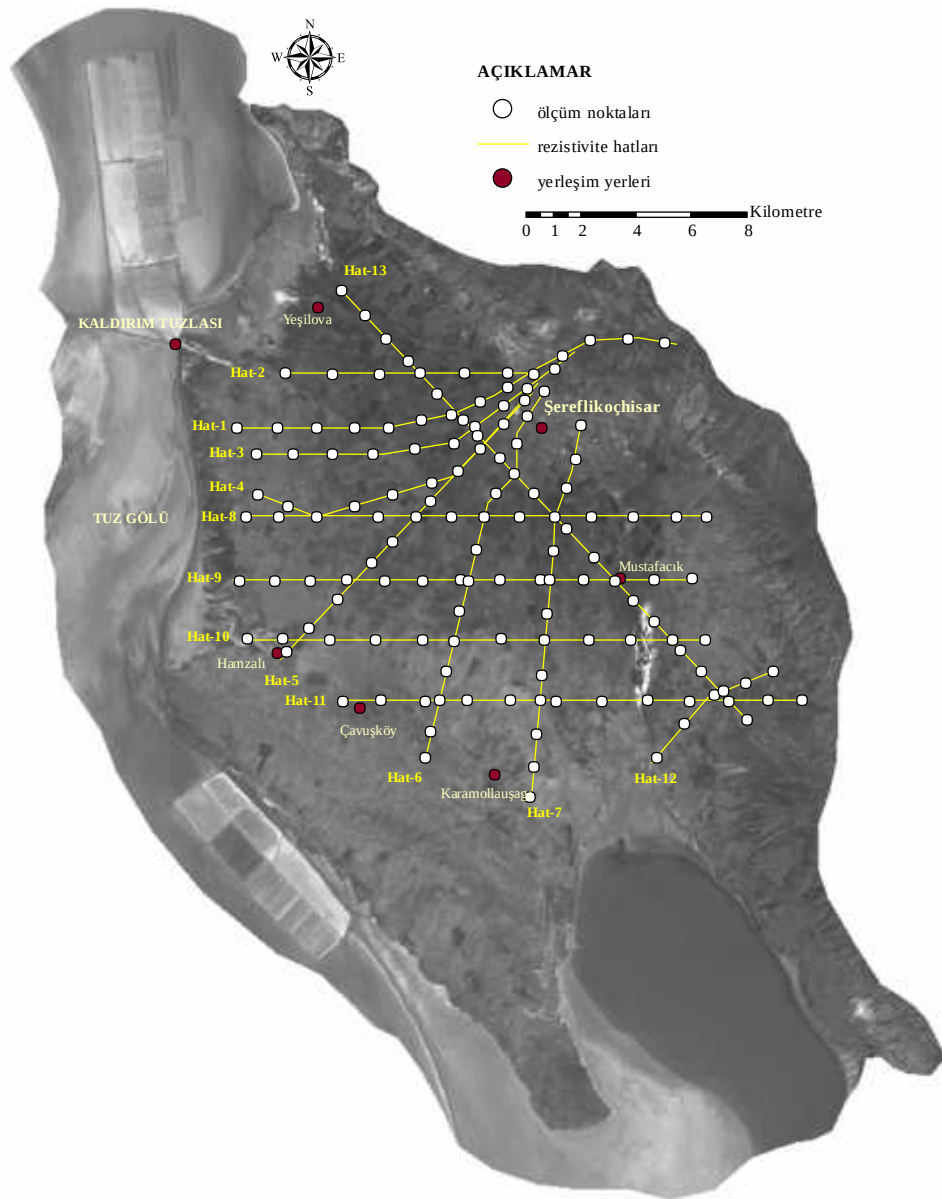
debisi 11.86 L/sn olarak hesaplanmıştır. Mustafacık ve Emek çevresinde açılan kuyuların üretim debileri ortalama 14,8 L/sn, Yeşilova çevresinde açılan kuyuların üretim debileri ise ortalama 9,8 L/sn civarındadır. Jeostatistiksel analizler değerlendirildiğinde alüvyonun güneydoğusunda açılacak kuyularda daha yüksek üretim debileri elde edilebilir. Önceki çalışmalarda gerçekleştirilen jeofizik veriler değerlendirildiğinde alüvyonun güneydoğusunda üretim debilerinin yüksek olması bu bölgede akifer kalınlığının fazla olmasına bağlanabilir.



Şekil 5.12. İnceleme alanında ruhsatlı sulama kuyularının dağılımı

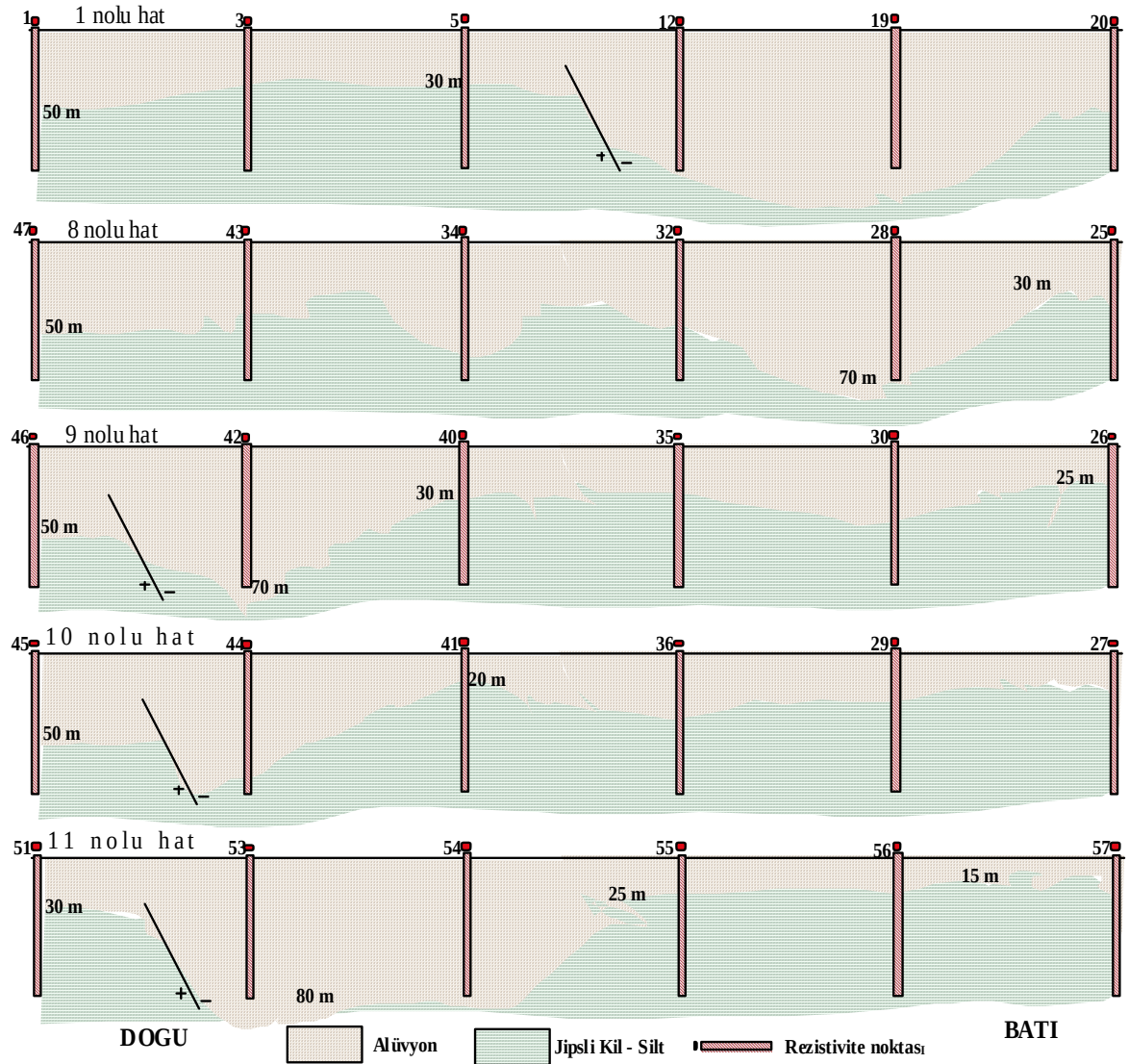
5.4. Jeofizik Çalışmalar

Tuz Gölü ve çevresinde gerçekleştirilen detaylı jeofizik çalışmalar Tezel (1968), Uğurtaş (1975), Uğurtay (1993), Ateş ve diğ. (1998) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde Uğurtay (1993) tarafından DSİ V. Bölge Müdürlüğü adına hazırlanmış jeofizik rapor çalışmaya destek olabilmesi açısından değerlendirilmiştir. Uğurtay (1993) çalışmasında Tuz Gölü'nün doğusunda yer alan Şereflikoçhisar ovasında yeraltı suyu taşımaya elverişli formasyonların kalınlık, özellik ve yayılımlarını belirleyebilmek amacı ile bölgeyi K - G, D - B yönlerinde rezistivite kesit hatlarına ayırmış ve 100 - 200 metre aralıklı elektriki sondaj ölçüleri almıştır (Şekil 5.13.).



Şekil 5.13. İnceleme alanına ait rezistivite kesit hatları (Uğurtay, 1993'ten değiştirilerek alınmıştır.)

Uğurtay (1993) çalışmasında rezistivite ölçümlerini Mc. Phar tipi derin rezistivite cihazı ile Schlumberger ölçü sistemine göre gerçekleştirmiştir. Sismik dalga hızları ortamın yoğunluğuna, su içeriğine, gözenekliliğine, birimin yapı ve doku özelliklerine bağlıdır. İnceleme alanında doğu - batı yönünde dizilim gösteren Uğurtay (1993)'e ait rezistivite ölçümleri değerlendirildiğinde alüvyon akiferin bölgede iki farklı özellik gösterdiği söylenebilir. Birinci bölge 1 - 2 - 3 - 4 ve 8 nolu hatların bulunduğu ovanın kuzeyinde çökelen alüvyondur. Muhtemelen Peçeneközü deresinin Peçenek havzasından getirdiği ince tane oranı fazla malzemenin bu bölgede çökmesi sonucu oluşmuştur. Doğuda 20 - 30 metre kalınlıkla başlayan birim batıya doğru orta seviyelerde 80 - 90 metre kalınlığa kadar ulaşır. Tuz Gölü'ne doğru kalınlık 20 - 30 metre kalınlığa kadar düşerek incelme gösterir (Şekil 5.14.).



Şekil 5.14. Rezistivite ölçüm noktalarındaki alüvyon yayılımı

İkinci bölge ise 9 - 10 - 11 no'lu hatların bulunduğu ovanın güneyinde çökelen alüvyondur. Peçeneközü deresinin çökelim alanından uzakta kalan ikinci bölge inceleme alanının doğu ve batısında kalan yüksek kotlu tepelerin arasında kalmıştır. Muhtemelen düşük enerjili epizodik akarsuların yüksek kotlu tepelerden taşıdıkları daha ince tane boyutuna sahip malzemelerin çökmesi sonucu oluşmuştur. Uğurtay (1993)'e ait Rezistivite değerlerinin bu bölgede daha düşük olması birimin geçirgenliğinin azaldığının bir göstergesidir. Birinci bölgenin aksine doğudan batıya doğru gidildikçe alüvyonun kalınlığı azalır. İnceleme alanının doğusunda yer alan Killik tepe, Süttaş tepe, Atağılınkafa tepe, Sıyrılmaç tepe yamaçlarının son bulduğu Bostanlar düzündü 25 m. kalınlıkla başlayan alüvyon batıya doğru ovanın açılması ile birlikte Mustafacık mevkiinde 90 - 100 m. kalınlığa kadar ulaşır. Batıya Karamollauşağı, Çavuş ve Hamzalı köylerine doğru gidildikçe topoğrafyanın yüksek eğim kazanmasına da bağlı olarak alüvyon kalınlığı inceler yer yer 15 - 20 m.'ye kadar düşer.

Alüvyon birim içerisinde Uğurtay (1993) tarafından gerçekleştirilen rezistivite ölçüm sonuçları düşey yönde incelendiğinde elektrik akım değerlerinin birbirlerinden keskin sınırlarla ayrılmadığı görülür. Değerlerin düşey yönde sürekli azalıp artması farklı tane boyutuna sahip sedimanter malzemelerin havzada ardalınlı olarak çökeldiklerini gösterir. Araştırma sondajları kapsamında gözlemlenen düşey profil bu sonucu destekler niteliktedir. Genel olarak alüvyonun üst kesimlerinde kum tane boyutunun yaygın olduğu alt seviyelere doğru kil oranının arttığı söylenebilir. Dizilim yaygın olarak kumlu siltli kil - kum - siltli kil - kum - kil şeklinde devam eder. Alüvyonun güney kesiminde tane boyutları arasındaki geçişler daha belirgindir. Kumlar daha homojen ve sürekli bir çökelim gösterir. Peçeneközü deresinin mevsimsel yağışlara bağlı olarak farklı enerjili türbülanslı debi ile akması ve daha geniş bir alandan farklı malzemeler taşınması kuzeyde yer alan alüvyonun daha heterojen bir yapı kazanmasına olanak sağlamıştır. Kuzeyde çökelen alüvyonun bu özelliği akifer veriminin düşmesine neden olmaktadır.

5.5. Çalışma Alanındaki Su Kaynakları

Bu bölümde inceleme alanı ve çevresinde yer alan önemli su noktaları tanımlanmıştır. İnceleme alanının yüzölçümü yaklaşık 315 km² olup, bu alanın 280 km²'si tarıma elverişli arazidir. Çalışma alanı büyüklüğüne oranla yüzey suları açısından oldukça fakir sayılabilir. İnceleme alanında içme ve sulama suyu ihtiyacının büyük bölümü bölgede yeraltı sularından sağlanmaktadır.

5.5.1. Akarsular

İnceleme alanının en önemli akarsuyu doğuda Peçenek havzasından akarak gelen Peçeneközü deresidir. Ekecik dağının batısında Acıpınar yöresinden doğan akarsu havza içerisinde Kuzeybatıya doğru akar. Akarsu Yassı dere, Kamış dere, İğdeli dere, Hasanoğlu dere ve Yanıkarkaç dere gibi havzanın önemli derelerinden oluşan küçük ölçekli birçok hidrolik yan akım kollarına sahiptir. Peçeneközü deresi üzerine 2011 yılında yapımı tamamlanmış sulama amaçlı Peçenek barajı inşa edilmiştir. Sulama ve içme suyu amaçlı inşa edilen baraj sayesinde yaklaşık 1410 hektarlık bir tarım alanının sulanması amaçlanmıştır. Bölgede sulama kanallarının yapımı halen devam etmektedir. Peçenek havzasının kuzey ve güneyinde yer alan yüksek kotlardan beslenen akarsuyun yağış alanı 662 km²'dir. Akarsu baraj yapılmadan önce Şereflikoçhisar'ın kuzeyinde yer alan Şereflikoçhisar boğazından geçerek Kaldırım tuzlası güneyindeki Hındıllı yaylası yakınlarında Tuz Gölü'ne katılmaktaydı. İnceleme alanı içerisinde yatak uzunluğu yaklaşık 9 km.'dir. Peçeneközü deresi uzun dönemler boyunca taşıdığı çeşitli boyuttaki farklı kökenli sedimanter malzemeleri ovanın kuzeyinde çökeltirek alüvyonun oluşumuna büyük oranda katkıda bulunmuştur.

Peçeneközü deresi üzerinde Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından işletilen 16-1622 nolu akım gözlem istasyonu (AGİ) bulunmaktadır. Peçeneközü deresinde 1975 - 2008 yılları arasında gerçekleştirilen debi ölçüm gözlemleri sonucunda, akarsuyun ortalama en yüksek ve en düşük debi değerlerinin sırasıyla 1.413 m³/s ve 0.283 m³/s olduğu belirlenmiştir (ÖÇKB, 2010).

Peçeneközü derenin haricinde yüzeysel drenaj alanı içerisinde yüksek kotlu tepelerde rastlanılan değişik debili mevsimlik episodik akarsuların dışında önemli bir akarsu bulunmamaktadır.

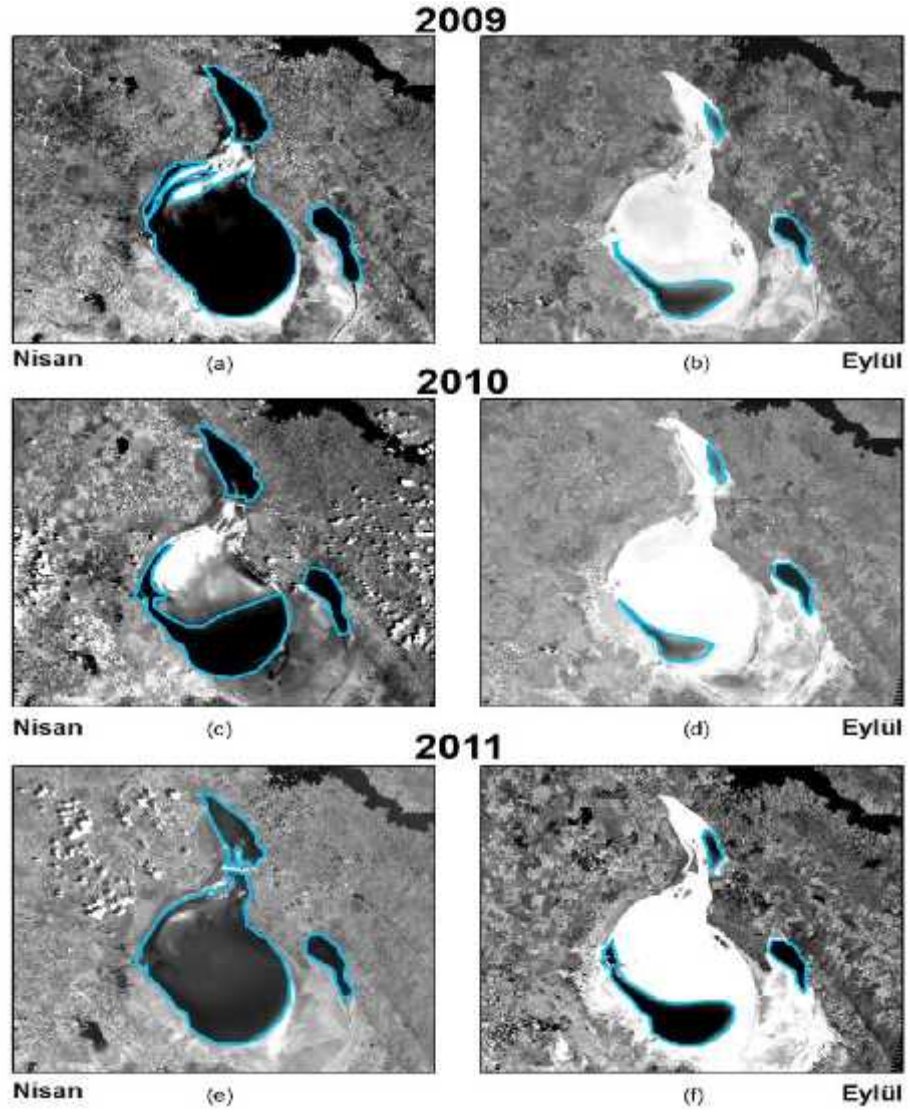
5.5.2. Göller

Van Gölü'nden sonra Türkiye'nin en büyük ikinci gölü konumunda bulunan Tuz Gölü inceleme alanının en önemli su kaynağıdır (Şekil 5.15.). Konya - Ankara - Aksaray il sınırlarına kıyısı bulunan göl 1665 km² yüzölçümüne sahiptir. Gölün suyla kaplı en uzun yeri 58 km. en geniş yeri ise 28 km.'dir. Gölün yayılım alanı ile birlikte uzunluğu 85 km. genişliği ise 45 km.'ye kadar çıkabilmektedir.



Şekil 5.15. Tuz Gölü’nden görünüm

URL 5-1. kaynağından alıntılanan bilgiler çerçevesinde Tuz Gölü, derinlik bakımından Türkiye’nin en sığ gölüdür. Yağış alanı 11.900 km² olan Tuz Gölü, dışarıya akıntısı olmayan kapalı bir havza gölüdür. Deniz seviyesinden 905 metre yüksekte bulunan göle su getiren başlıca akarsular batıdan gelen İnsuyu ve Kırkderek çaylarıdır. Göle gelen bu akarsuların yazın suları iyice azalmakta ya da tamamen kurumaktadır. Şereflikoçhisar’dan gelen Peçeneközü deresi üzerine Peçenek barajının inşa edilmesi gölü kuzeyden besleyen en önemli su kaynağının yok olmasına neden olmuştur. Göl bu akarsuların dışında güneyde DSİ atıksu tahliye kanalı tarafından da beslenmektedir. Kuzeyde iç noktalarda 50 cm civarında olan ortalama su seviyesi güneye gittikçe artarak 150 cm’ye kadar ulaşır. Ağustos ayında göl büyük ölçüde kurumakta tabanda kalınlığı 5 cm ile 30 cm arasında değişen tuz çökeli oluşmaktadır (Şekil 5.16.). Göldeki tuzluluk oranı yaz sonunda binde 329 gibi yüksek bir düzeye ulaşmaktadır. Gölün sığ ve buharlaşmanın şiddetli oluşu nedeniyle yazın buharlaşma sonucu çökelen tuz tabakası makinalarla kazılıp tuzlalarda toplanmaktadır. Tuz Gölü ve çevresi içerdiği özel habitat nedeniyle 2001 yılında Özel Çevre Koruma Bölgesi ilân edilmiştir.



Şekil 5.16. Tuz Gölünün yağışlı ve kurak dönemlerdeki yayılımı ve tuz çökelim alanının değişimi (Elhatip vd. 2012).

Göl dünyadaki en önemli gölsel kökenli tuz kaynaklarından birisidir. Tuz Gölü'nde halen Yavşan, Kaldırım ve Kayacık tuzlalarında tuz üretimi yapılmaktadır. Göl tabanındaki tuz rezervinin 210 milyon ton olduğu tahmin edilmiştir (URL-5.1.).

Literatürde göldeki tuzun kökeni üç faktöre bağlı olarak açıklanmaktadır. Bunlar; a) göl çevresindeki evaporitlerden yüzey akaçlaması ile taşınım, b) göl tabanındaki kalın tuz kütlelerin yeraltı suyunca çözünmesi ve derin kırık sistemleri boyunca yükselerek göle ulaşması ve c) Pliyosen'den beri kapalı havza konumundaki gölde Na^+ ve Cl^- iyonlarının zamanla zenginleşip çökmesidir (URL-5.2.).

Göl çevresindeki evaporitlerden akarsularla taşınım tezi yüzey sularının tuz içeriklerinin oldukça düşük olmasından dolayı mümkün görünmemektedir. Ayrıca Tuz Gölü'nde NaCl çökelirken çevrede daha çok CaSO₄ bileşimli jeolojik birimlerin gözlenmesi de bu tezin doğruluğunu tartışmaya açmıştır. İnceleme alanı ve çevresinde gözlemlenen yeraltı sularının tuz içeriğinin yüksek olması bu suların çevre birimlerden beslenme olanağını güçlendirmektedir.

5.5.3. Kaynaklar

Kaynaklar genelde geçirimli birimler ile geçirimsiz birimlerin dokanağında ayrıca Tuz Gölü ve İnceburun Fay Zonlarına bağlı olarak eklem veya kırık düzlemlerinden açığa çıkan, debileri 0.1 - 2 L/s arasında değişen akışkanlar şeklindedir (Çizelge 5.5.). Kaynaklar genelde kar erimesinin başladığı ve dönemsel yağışların arttığı Mayıs ayının başlarında en yüksek debi seviyelerine ulaşırlar. Hidrolik yükün iyice azaldığı Eylül ayının ortalarında ise yılın en düşük debi seviyesine sahiptir.

Çizelge 5.5. İnceleme alanında yer alan kaynaklara ait bilgiler

Kaynak adı	x	y	Kot	Debi (L/sn)
Ky-1	559268	4284385	974	0,2
Ky-2	553242	4295562	955	0,1
Ky-3	552562	4296366	961	0,1
Ky-4	540015	4317298	934	0,2
SS1	545413	4299232	1030	0,2
SS2	551281	4300070	914	0,1
SS3	539287	4302738	922	0,2

İnceleme alanında yer alan kaynaklar doğu ve batıda yer alan yüksek kotlu tepelerin yamaçlarında soğuk su fay kaynağı oluşumları şeklinde açığa çıkarlar. Bölgenin batısında İnceburun mevki, Hamzalı, Çavuş ve Karamollauşağı köylerinde Karapınaryaylası kumtaşları içerisinde yüksek kotlarda küçük debili birçok kaynak bulunmaktadır. Yöre halkı tarafından içme suyu ihtiyaçlarının giderilmesi için kullanılan kaynakların mevsimsel olarak debileri % 10 - % 15 arasında değişim gösterir. İnceleme alanının doğusunda yer alan kaynaklar ise Tuz Gölü Fay Zonuna bağlı olarak KB - GD yönünde Ankara - Aksaray karayoluna paralel olarak düz bir hat boyunca dağılım gösterirler. Peçenek ve Koçhisar formasyonunun geçirimli seviyelerine bağlı

olarak eğimin azaldığı yamaçlarda açığa çıkarlar. Kaynaklar yol boyunca içme ve kullanma gereksinimleri için kullanılmaktadır.

İnceleme alanında yer alan kaynaklar düşük debili olmasına rağmen beslenme alanı yakınlarından boşalmaları nedeni ile sığ dolaşım sistemine sahip yeraltı sularını temsil ettiklerinden dolayı önemlidir. Kaynaklar ile ilgili detaylı bilgiler su kimyası bölümünde verilmiştir.

5.5.4. Kuyular

Çalışma alanında 200 den fazla kuyu bulunmaktadır. 2003 - 2009 yılları arasında DSI tarafından işletme ruhsatı verilen kuyu sayısı ise 84'tür (Çizelge 5.6.). Bu kuyular inceleme alanının önemli bir kısmını kaplayan alüvyon birim içerisinde dağılmış durumdadır.

Çizelge 5.6. İnceleme alanında mevcut kuyulara ait bilgiler (DSİ'den alınmıştır.)

N	x	y	T	Q	D	N	x	y	T	Q	D
K-1	547325	4307700	2003	3	50	K-43	543257	4312229	2007	6	40
K-2	540925	4310590	2003	4	38	K-44	541539	4311925	2007	3	35
K-3	544250	4313250	2003	4	44	K-45	547696	4308768	2007	1	32
K-4	544635	4309395	2003	4,5	42	K-46	540375	4311197	2008	6	32
K-5	547300	4308175	2003	5,5	43	K-47	546489	4305703	2008	2	72
K-6	548575	4307050	2003	5	44	K-48	541389	4309939	2008	30	32
K-7	541135	4310400	2003	6	46	K-49	547924	4307718	2008	3	35
K-8	549850	4305300	2003	3	55	K-50	546894	4311166	2008	2	50
K-9	547800	4307300	2003	8	52	K-51	541602	4310818	2008	3	35
K-10	544300	4312000	2004	3	35	K-52	546618	4307169	2008	25	35
K-11	541838	4309480	2004	25	35	K-53	544740	4311675	2009	25	35
K-12	541447	4313230	2004	25	35	K-54	541696	4310169	2009	25	32
K-13	541680	4315536	2004	25	35	K-55	545915	4310113	2009	3	40
K-14	546015	4304094	2004	25	35	K-56	547232	4306485	2009	25	35
K-15	541250	4313255	2004	25	35	K-57	546756	4305828	2009	25	35
K-16	541425	4313875	2004	3	35	K-58	543630	4306005	2009	25	35
K-17	549900	4306650	2004	3	35	K-59	546790	4304175	2009	25	35
K-18	540972	4310112	2005	5	70	K-60	549347	4306719	2009	25	35

N; kuyu no, x,y; koordinat sistemi, T; açılma tarihi Q; debi (L/sn), D; derinlik (m)

Çizelge 5.6. İnceleme alanında mevcut kuyulara ait bilgiler (devam ediyor).

N	x	y	T	Q	D	N	x	y	T	Q	D
K-19	543371	4309141	2005	5	150	K-61	547959	4305316	2009	25	35
K-20	542968	4308171	2005	5	162	K-62	549121	4303838	2009	25	35
K-21	546466	4305094	2005	2	40	K-63	539902	4308362	2009	25	35
K-22	540768	4308601	2005	3	36	K-64	547461	4306090	2009	25	35
K-23	540932	4308856	2005	3	36	K-65	545207	4304985	2009	25	35
K-24	540981	4309392	2005	3	36	K-66	543636	4307104	2009	25	35
K-25	541075	4309568	2005	3	32	K-67	548287	4304252	2009	25	35
K-26	540275	4311450	2006	3	36	K-68	544756	4303108	2009	25	35
K-27	540981	4309392	2006	3	36	K-69	548829	4304448	2009	25	35
K-28	546109	4308536	2006	3	35	K-70	545880	4305276	2009	25	35
K-29	540350	4312476	2006	3	32	K-71	545446	4311100	2009	25	40
K-30	548359	4306863	2006	10	35	K-72	546650	4306620	2009	25	35
K-31	547372	4307960	2006	5	32	K-73	541950	4312854	2009	30	40
K-32	541329	4312834	2007	3	32	K-74	546876	4303614	2009	25	35
K-33	544125	4304721	2007	10	40	K-75	547872	4307851	2009	1	78
K-34	541301	4313287	2007	3	32	K-76	546263	4310755	2009	3	40
K-35	540770	4308405	2007	3	32	K-77	549111	4308310	2009	25	35
K-36	541609	4307731	2007	3	35	K-78	547504	4306860	2009	25	40
K-37	543040	4312072	2007	3	40	K-79	550277	4306520	2009	1	38
K-38	542710	4312396	2007	3	35	K-80	548579	4306526	2009	1	38
K-39	544003	4312042	2007	3	35	K-81	544183	4304024	2009	25	35
K-40	541801	4311478	2007	3	35	K-82	549466	4306604	2009	25	35
K-41	545630	4311751	2007	3	32	K-83	548027	4307790	2009	2	36
K-42	545701	4303183	2007	3	35	K-84	541973	4314710	2009	2	45

N; kuyu no, x,y; koordinat sistemi, T; açılma tarihi Q; debi (L/sn), D; derinlik (m)

Tamamı yöre halkı tarafından açılmış olan bu kuyular daha çok içme, sulama ve kullanma ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla kullanılmaktadır. Kuyuların derinlikleri 32 m. ile 162 m. arasında değişir. Ortalama kuyu derinliği 41 m.'dir. Çalışma kapsamında kuyulardan 73 tanesinde yeraltı suyu seviyesi ölçülmüştür.

Yeraltı suyu seviyesinin yüzeye yakın olduğu alanlarda hayvanların su ihtiyaçlarının giderilmesi amacı ile bölgede 8 adet keson kuyu bulunmaktadır. Keson kuyuların çapları 1.5 m. derinlikleri ise ortalama 8 m.'dir.

Hamzalı köyünün imara açılması kapsamında Nisan 2012 tarihinde köy ve civarında 9 adet jeoteknik sondaj kuyusu açılmıştır (Çizelge 5.7.). Jeoteknik sondaj kuyularının

çapları 7 cm. derinlikleri ise 15 m.'dir. Yeraltı suyu seviyesinin zamanla değişimini belirleyebilmek amacı ile sondaj kuyularına 60 mm çaplı filtreli PVC plastik borular yerleştirilmiş ve aylık statik yeraltı su seviyeleri ölçülmüştür.

Çizelge 5.7. Araştırma kapsamında açılan sondaj kuyularına ait özellikler

N	S	x	y	D	R	H
Araştırma kuyusu-1	SK-48	538590	4311344	30	13	911
Araştırma kuyusu-2	SK-49	539748	4310934	30	13	912
Araştırma kuyusu-3	SK-37	540962	4310857	30	13	914
Araştırma kuyusu-4	SK-51	537502	4307956	30	13	906
Araştırma kuyusu-5	SK-45	537970	4308089	30	13	908
Araştırma kuyusu-6	SK-44	539033	4308263	30	13	912
Araştırma kuyusu-7	SK-50	537974	4305609	30	13	908
Araştırma kuyusu-8	SK-46	539295	4306016	30	13	912
Araştırma kuyusu-9	SK-43	540479	4306023	30	13	916
Araştırma kuyusu-10	SK-5	539333	4302859	40	25	920
Jeoteknik kuyu-1	JK-1	538583	4302823	15	7	912
Jeoteknik kuyu-2	JK-2	538950	4302970	15	7	912
Jeoteknik kuyu-3	JK-3	538614	4302443	15	7	925
Jeoteknik kuyu-4	JK-4	538801	4302468	15	7	926
Jeoteknik kuyu-5	JK-5	539625	4303010	15	7	913
Jeoteknik kuyu-6	JK-6	539743	4302933	15	7	914
Jeoteknik kuyu-7	JK-7	539688	4302603	15	7	918
Jeoteknik kuyu-8	JK-8	539337	4302445	15	7	925
Jeoteknik kuyu-9	JK-9	538858	4302726	15	7	919

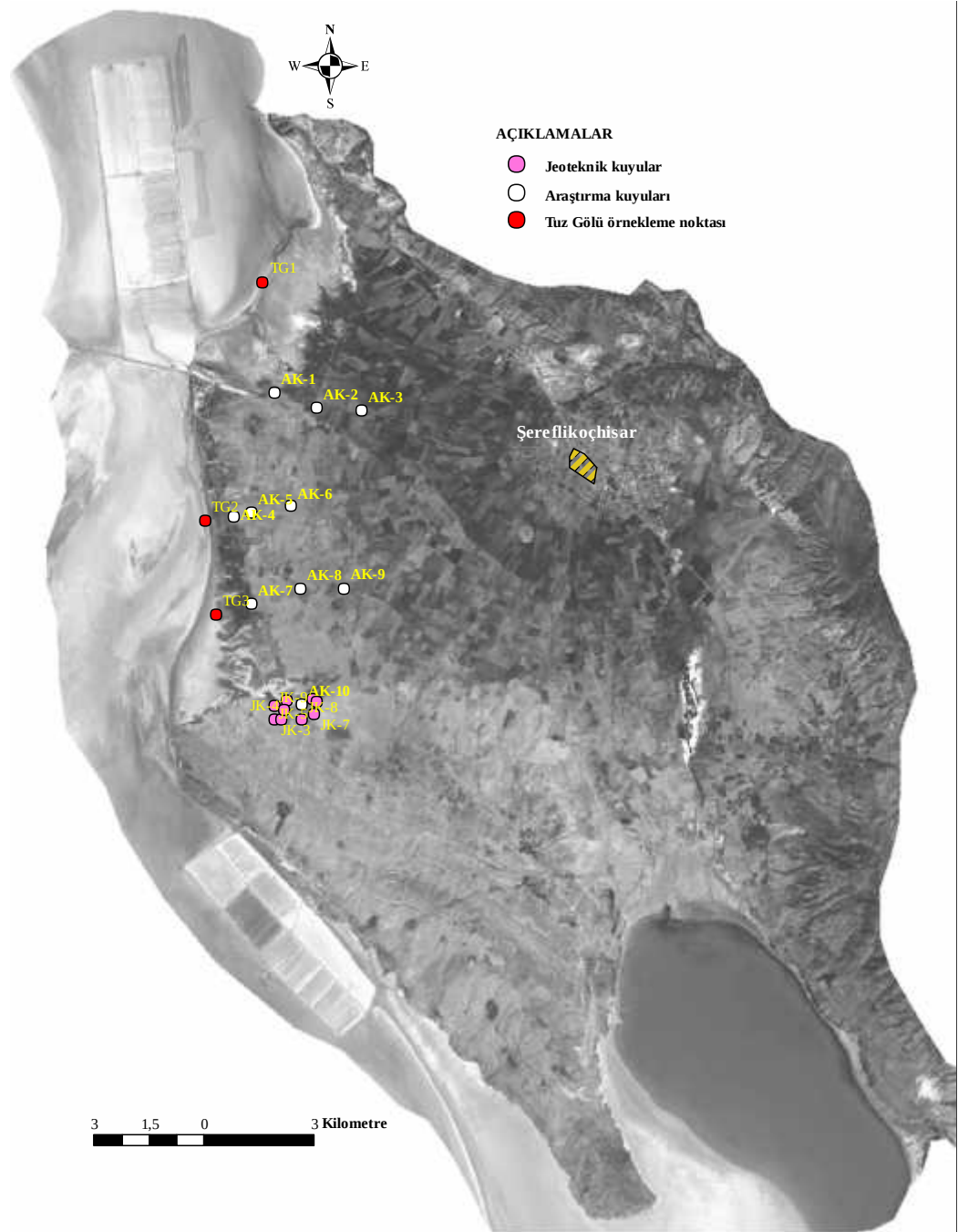
N; kuyu no, **S;** sembol, **x,y;** koordinat sistemi, **D;** derinlik (m), **R;** kuyu çapı (cm), **H;** topografik yükselti

Hidrojeolojik sistemde yeraltı suyu akımının hidrodinamik yapısını ve Tuz Gölü ile olan ilişkisini belirlemek amacı ile tez çalışması kapsamında yapılması planlanan sondaj çalışmaları Mart - Nisan 2012 tarihleri arasında alüvyon birimde gerçekleştirilmiştir. Araştırma sondaj yerlerinin tesbiti için arazi ve büro çalışmaları yapılmıştır. Bu amaçla Eylül 2011 örnekleme dönemine ait su kimyası analiz sonuçları ve su kalitesine yönelik arazi ölçümleri değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler büro çalışmaları kapsamında CBS ortamında inceleme alanı ve çevresine ait olan SPOT uydu görüntüleri ile desteklenerek sondaj yerleri belirlenmiştir. Yeraltı suyu akım yönü dikkate alınarak Tuz Gölü'ne dik olarak birimlerin düşey ve yanal yöndeki dağılımını ortaya koyacak şekilde 9 farklı lokasyonda araştırma kuyuları açılmıştır (Şekil 5.17., Şekil 5.18.).



Şekil 5.17. İnceleme alanında araştırma sondajlarının açım çalışmaları

Araştırma sondaj kuyularının ağız çapları 13 cm. derinlikleri ise 30 m.'dir. Çalışmalar kapsamında inceleme alanı içerisinde daha önceden sulama amaçlı açılmış fakat yüksek tuz içeriğine sahip olduğundan dolayı kullanılmayan 40 m. derinliğe sahip bir kuyuda araştırma çalışmalarına dahil edilmiştir. Araştırma kuyularına 12 cm. çaplı filtreli PVC plastik borular yerleştirilmiş ve aylık statik yeraltı su seviye ölçümleri yapılmıştır. Araştırma kuyularından dönemsel su örneklemelerinin alınması, su kalitesine yönelik yerinde arazi ölçümleri gibi konularda faydalanılmıştır.



Şekil 5.18. İnceleme alanında araştırma ve jeoteknik kuyuların dağılımı

5.6. Yerel Hidrojeolojik Sistem

Bölgesel olarak çalışma alanının temelinde yer alan Paleozoyik yaşlı bol kırık ve çatlaklı mermerler, Mesozoyik yaşlı granitik intrüzyonlar ile Paleojen yaşlı geçirimli kırıntılardan oluşan seviyeler derin akiferi, Neojen yaşlı geçirimli kırıntılılar ve bol kırıklı evaporitik seviyeler ise sıg akiferi oluşturmaktadır. Kuvaterner yaşlı alüvyon inceleme alanının en önemli akiferidir. Neojen yaşlı birimlerin üzerinde yer alan alüvyon inceleme alanında 149 km²'lik alan kaplar ve 80 m. - 90 m. kalınlığa sahiptir.

Derin ve sığ akifer sistemleri arasındaki Paleojen ve Neojen yaşlı geçirimsiz çökeller bariyer görevi yaparak bölgede yer alan basınçlı akiferlerin oluşmasına olanak sağlamıştır. Derin akiferler yeraltı suyunun evaporitik kayalar ile temas sürelerinin uzun olmasından dolayı tuzlu, sığ akiferler ise tatlı su içermektedir. Bölgenin beslenme alanı doğuda yer alan yüksek kotlu tepeler, boşalım alanı ise Tuz Gölü'dür. Bu yüzden yeraltı suyu hareketi genel olarak Tuz Gölü'ne doğru gerçekleşmektedir. Tuz Gölü tabanı genel olarak jips içeriği fazla geçirimsiz tuzlu kil katmanlarından oluşur. Göl tabanda çapları değişik boyutlardan oluşan kırık sistemlerinden gelen yeraltı suları tarafından beslenmektedir. Yaz aylarında evaporitik çökelimlerin artmasından dolayı kırık sistemleri geçirimsiz tuz çökelleriyle tıkanmakta ve gölü besleyen hidrolik akım yollarından gelen yeraltı suyu beslenimi azalmaktadır. Gölü besleyen akarsuların baraj yapılarak engellenmesi tuz oluşumu için gerekli su miktarının azalmasına neden olmuştur. Su miktarının azalması bölgede faaliyet yürüten tuz işletmecilerini yeraltı suyu kullanmaya sevk etmiştir. Suni besleme yöntemi ile havuzlarını besleyen işletmeciler yeraltı suyu seviyesinin azalmasına neden olmaktadır. Tuz Gölü'nün doğusunda yeni işletmeye açılan 10 adet sahanın varlığı da bölgedeki yeraltı suyu potansiyelini tehdit etmektedir.

Yeraltı su akımının Tuz Gölü'ne doğru olmasına rağmen göl kıyısına yakın alüvyon içerisinde bulunan kuyularda tatlı su akiferleri tuzlanmıştır. Kuyularda aşırı su çekimine bağlı olarak yeraltı suyu seviyesinde gelişen aşırı düşüm gölü çevreleyen tuzlu bölgeden akifere tuzlu su girmesine neden olmaktadır. Kırık sistemler ve gözenekli birimler boyunca etkili olan tuzlu su girişi alüvyon akiferin litolojik özelliklerine göre farklılıklar göstermektedir.

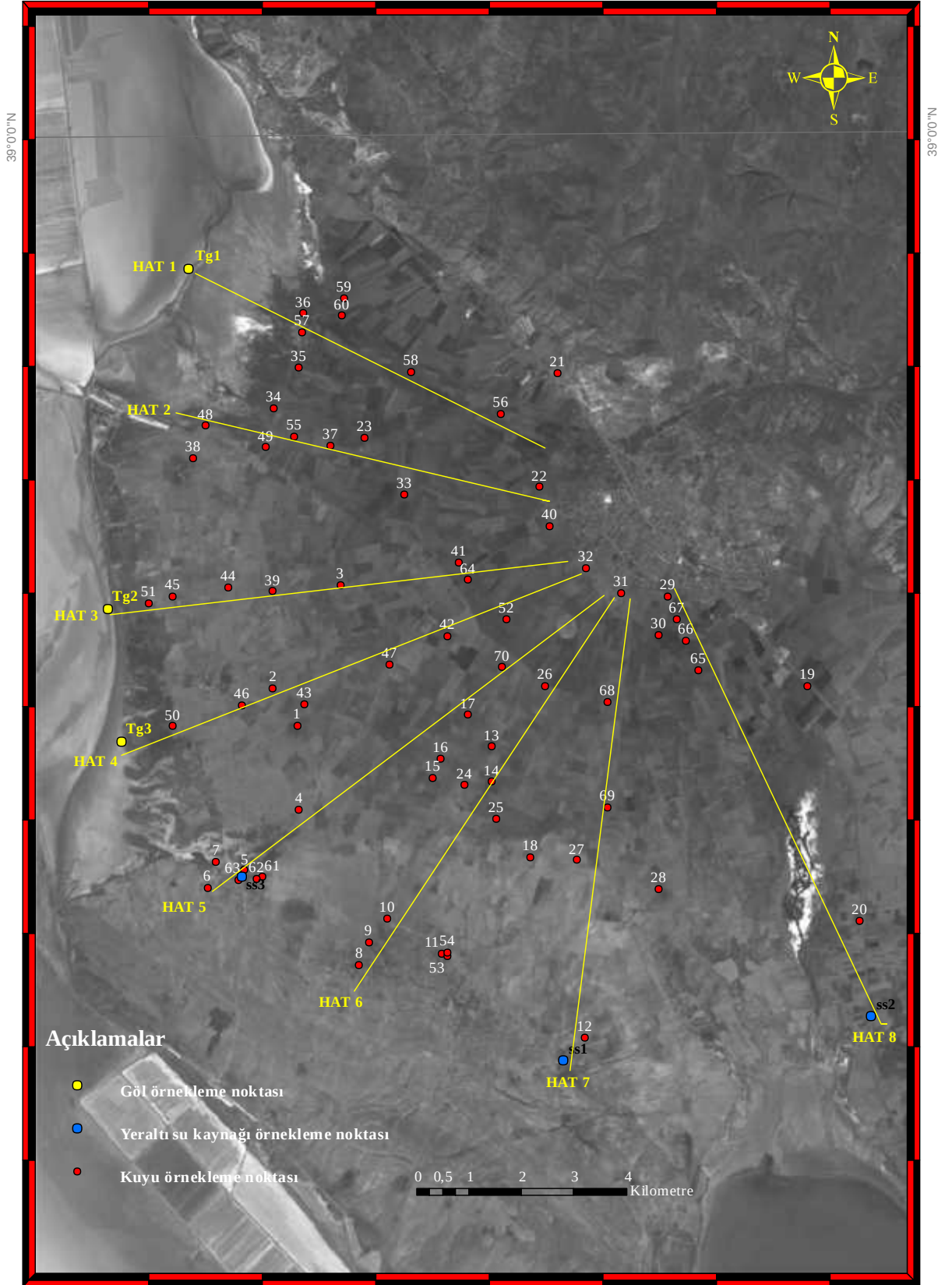
Derin ve sığ dolaşım sistemine sahip CaHCO_3 tipli yeraltı suları hidrolik akım süreleri boyunca yüzeye yaklaşırken orta - derin dolaşım NaCl ve NaSO_4 tipli yeraltı suları ile karışmış ve NaHCO_3 - MgCl tipli karışım sularının oluşmasına neden olmuştur.

6. SU KİMYASI DEĞERLENDİRMESİ

Su insan vücudundaki metabolizmanın çalışmasından, inşaat sektöründe betonun kalitesine kadar hayatımızın tamamında temizleyici, taşıyıcı, soğutucu, seyreltici gibi birçok görev üstlenen vazgeçilmez bir unsurdur. Yer yüzeyinde çeşitli sular mevcut olmakla birlikte yeraltı suları yaşıntımızda önemli bir yer tutar. Yeraltı suları genel olarak meteorik kökenli yağışlarla beslenir. Yağış suları iyonize olmamıştır ancak suların kimyasal bileşimi hidrolik akım yolları boyunca birçok jeokimyasal tepkimelerin etkisiyle değişebilmektedir. Sular hidrolik sistemdeki dolaşimleri sürecince temas ettikleri kayaçların özelliklerini taşırlar. Bir bölgedeki sulardan verimli olarak faydalanabilmek ve yerel hidrolik sistemi açıklayabilmek için suların kimyasal özelliklerinin bilinmesi gereklidir.

Çalışma kapsamında inceleme alanında yer alan yeraltı suyu kaynaklarının hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenebilmesi ve yeraltı suyu dolaşım sistemi ile ilişkilerinin yorumlanabilmesi amacı ile Tuz Gölü'nden, sulama kuyularından, araştırma kuyularından ve soğuk su kaynaklarından örnekler alınmıştır (Şekil 6.1.). Örnekleme çalışmalarında Tuz Gölü'nden inceleme alanına yakın 3 ayrı noktadan, sığ dolaşım sistemini temsil eden 3 adet soğuk su kaynağından, 60 farklı sulama kuyusundan ve 10 adet araştırma kuyusundan faydalanılmıştır. Arazi çalışmaları esnasında tarımsal kota sınırlamaları ve şahıs kuyularından örnekleme zorluklarından dolayı bazı kuyulardan mevsimsel değişim sırasına göre sistematik örnekleme yapılamamıştır.

Tuzlu su girişiminin yayılım alanının belirlenebilmesi amacı ile Tuz Gölü ve Şereflikoçhisar ilçesi arasında kalan çalışma alanı, SPOT uydu görüntüsü kullanılarak örnekleme noktaları birbirlerine paralel 8 hat oluşturacak şekilde seçilmiştir (Çizelge 6.1.). Her bir hat hem kendi içerisinde hem de diğer hatlarla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Tezin amacına yönelik olarak hidrojeokimyasal yorumlamada kullanılan bazı grafiksel değerlendirmelerde örnekleme noktalarının çokluğundan dolayı hat dağılımları baz alınmıştır.



Şekil 6.1. İnceleme alanında örnekleme noktaları ve konumları

Çizelge 6.1. Çalışma alanında belirlenen örnekleme dağılım hatları

HAT-1	Örnek no	TG-1	SK-57	SK-58	SK-56					
	Su Tipi	Na Cl	Na Mg Cl	Na Mg SO ₄	Na Mg HCO ₃					
	Ec (µS/cm)	278000	2030	2010	1481					
HAT-2	Örnek no	SK-48	SK-49	SK-55	SK-37	SK-23	SK-33	SK-22		
	Su Tipi	Na Cl	Na Mg Cl	Na Mg Cl	Na Mg Cl	Na Mg HCO ₃	Na Mg HCO ₃	Mg Na HCO ₃		
	Ec (µS/cm)	14100	3620	1684	3100	1028	1398	1323		
HAT-3	Örnek no	TG-2	SK-51	SK-45	SK-44	SK-39	SK-3	SK-64	SK-32	
	Su Tipi	Na Cl	Na Mg Cl	Na Mg Cl	Na Mg Cl	Na Mg Cl	Na Mg Cl	Na Mg HCO ₃	Ca Mg HCO ₃	
	Ec (µS/cm)	236000	9780	12260	6110	3620	2650	1239	1481	
HAT-4	Örnek no	TG-3	SK-50	SK-46	SK-2	SK-43	SK-47	SK-42	SK-52	SK-32
	Su Tipi	Na Cl	Na Mg Cl	Mg Na Cl	Na Mg Cl	Na Cl	Ca Na HCO ₃	Na Mg Cl	Na Mg HCO ₃	Ca Mg HCO ₃
	Ec (µS/cm)	262000	12350	7340	4480	4610	4280	1907	1524	1481
HAT-5	Örnek no	SK-6	SK-5	SK-4	SK-16	SK-17	SK-70	SK-31		
	Su Tipi	Na Mg Cl	Na Mg Cl	Na Mg Cl	Na Mg Cl	Mg Na Cl	Na Mg Cl	Mg Na HCO ₃		
	Ec (µS/cm)	2320	10460	7890	6030	5180	2520	933		
HAT-6	Örnek no	SK-8	SK-9	SK-10	SK-25	SK-14	SK-13	SK-26	SK-31	
	Su Tipi	Na Ca HCO ₃	Ca Na SO ₄	Mg Ca SO ₄	Na Mg HCO ₃	Na Ca Cl	Mg Na Cl	Ca Mg SO ₄	Mg Na HCO ₃	
	Ec (µS/cm)	1686	3920	2300	3020	5410	3350	1399	933	
HAT-7	Örnek no	SK-12	SK-27	SK-69	SK-68	SK-31				
	Su Tipi	Na Ca HCO ₃	Na Mg Cl	Na Ca Cl	Na Mg Cl	Mg Ca HCO ₃				
	Ec (µS/cm)	1208	3960	5360	6110	933				
HAT-8	Örnek no	SK-20	SK-65	SK-66	SK-67	SK-29				
	Su Tipi	Ca Na SO ₄	Na Mg SO ₄	Mg Ca Cl	Mg Na HCO ₃	Na Mg HCO ₃				
	Ec (µS/cm)	2200	5440	1767	1842	1569				

Örnekleme noktalarından Eylül 2011, Mayıs 2012 ve Eylül 2012 dönemlerinde mevsimsel değişimler göz önüne alınarak örnekleme ve kimyasal analiz çalışmaları yapılmıştır (Çizelge 6.2.). Örnekleme çalışmaları kapsamında pH, elektriksel iletkenlik (EC), sıcaklık (T), toplam çözünmüş katı madde (TDS) ve tuzluluk değerleri örnekleme dönemlerinde yerinde ölçülmüştür.

Çizelge 6.2. Örnekleme dönemleri, fiziksel ölçümler ve kimyasal analiz çalışmaları

Çalışma türü	Örnekleme, ölçüm ve analiz dönemleri				
Fiziksel parametrelerin ölçümleri	Eylül 2011	Mayıs 2012	Eylül 2012	-	
Anyon - katyon analizi	Eylül 2011	Mayıs 2012	Eylül 2012	-	
Ağır metal analizi	Eylül 2011	Mayıs 2012	-	-	
İzotop analizi (O^{18} - H^2 - H^3)	-	Mayıs 2012	-	-	
EC ve yeraltı su seviye ölçümleri	Eylül 2011	Mayıs 2012	Ekim 2012	Mart 2013	

6.1. Suların Hidrojeokimyasal Değerlendirmesi

Bu bölümde, örnekleme noktalarından alınan su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları ve arazide yerinde yapılan fizikokimyasal ölçümler hidrojeokimyasal açıdan değerlendirilmiştir.

Söz konusu sulara ait bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerin değerleri; sıcaklık (T) 14.1 °C - 21.9 °C, pH 6.2 - 8.3, elektriksel iletkenlik (EC) 516 - 295000 μ S/cm, toplam çözünmüş katı madde (TDS) 422 - 333803 mg/L arasında değişmiştir. (Çizelge 6.3., Çizelge 6.4., Çizelge 6.5.). İnceleme alanında suların sıcaklığı mevsimsel değişimlere bağlı olarak çok az değişim göstermektedir. Ancak örnekleme dönemleri boyunca homojen bir dağılım veya sistematik bir artış belirlenememiştir. Bunun nedeni suların diğer sularla karışımları veya sulama amaçlı kullanımları olabilir.

pH, sudaki hidrojen iyonu derişiminin bir ölçüsü olup sudaki asit ve bazlar arasındaki dengeyi gösterir (Doğan, 1981). Sudaki karbonat ve bikarbonat iyonları suyun bazik özelliğini arttırırken serbest mineral asitleri ve karbonik asit ise suyun asit özelliğini arttırmaktadır (Hem, 1985). Sudaki serbest karbondioksit, fiziksel olarak suda çözünmekte ve hidratasyon sonucunda karbonik aside dönüşmektedir. Bunun sonucunda su, çözücü - aşındırıcı bir özellik kazanır. Aşındırıcı ve kabuk bağlayıcı özellik pH değerine bağlıdır (Türker, 2006).

Çizelge 6.3. İnceleme alanındaki suların Eylül 2011örnekleme dönemine ait fiziksel ölçüm sonuçları

Örnek No	Koordinat		R m	T (°C)	TDS (mg/L)	pH	EC (µS/cm)	TZ (%)	S (CaCO ₃)	Örnek No	Koordinat		R m	T (°C)	TDS (mg/L)	pH	EC (µS/cm)	TZ (%)	S (CaCO ₃)
SK4	540375	4304008	914	16,6	5387	6,61	7700	5,10	2252	SK41	543424	4308740	924	16,6	755	7,58	934	0,30	419
SK5	539333	4302859	920	18,4	10981	6,39	29700	21,20	7940	SK42	543199	4307335	927	19,1	1168	7,50	1524	0,70	518
SK6	538630	4302520	925	17,6	1291	7,46	1636	0,80	344	SK49	539748	4310934	911	17,5	5543	7,05	7380	4,70	2833
SK7	538798	4303018	909	17,5	3460	7,58	5370	3,40	1133	SK52	544341	4307648	932	15,9	1211	7,66	1524	0,30	559
SK8	541527	4301044	975	17,4	1346	7,07	1730	0,80	617	SK53	543211	4301225	989	17,9	1092	6,79	1401	0,60	577
SK9	541707	4301475	961	18,8	2590	6,37	3300	1,90	1789	SK54	543204	4301290	986	19,0	1265	6,70	1649	0,80	797
SK10	542056	4301931	965	17,6	1451	6,96	2210	1,00	1016	SK55	540275	4311140	913	15,8	1387	7,50	1684	0,90	778
SK11	543096	4301258	992	18,1	611	7,25	789	0,20	340	SK56	544226	4311572	924	16,1	1212	7,53	1481	0,70	661
SK12	545819	4299670	995	16,9	919	7,39	1145	0,50	274	SK57	540429	4313135	910	16,4	1549	7,34	2030	1,10	918
SK20	551064	4301893	927	17,3	1586	7,95	2150	1,10	1090	SK58	542509	4312367	916	16,0	1662	7,31	2010	1,10	921
SK21	545302	4312354	941	19,0	2451	7,60	5710	3,50	2897	SK59	541227	4313788	908	17,5	5480	6,83	7640	5,00	3375
SK22	544956	4310178	928	14,2	1081	7,41	1264	0,60	645	SK60	541185	4313448	913	16,5	1767	7,32	2190	1,20	954
SK23	541615	4311117	917	16,1	1218	7,44	1482	0,70	641	SK61	539685	4302728	918	18,0	1362	7,53	1738	0,90	460
SK29	547397	4308090	926	17,4	1405	7,42	1775	0,90	769	SK62	539575	4302697	919	16,9	1665	7,44	2360	1,30	625
SK30	547229	4307350	924	17,2	5826	6,92	8640	5,80	2622	SK63	539218	4302681	922	18,0	1370	7,15	4340	2,80	716
SK31	546515	4308151	927	15,7	809	7,46	978	0,40	495	SK64	543599	4308401	928	18,0	855	7,36	1239	0,40	421
SK32	545841	4308634	926	17,3	1336	7,10	1682	0,80	893	SK65	548000	4306679	918	17,6	374	6,99	5440	3,20	77
SK33	542380	4310031	918	16,1	980	7,40	1201	0,50	556	SK66	547751	4307241	926	18,0	1256	7,27	1767	0,70	803
SK35	540360	4312454	912	17,5	1258	7,39	1597	0,80	711	SK67	547579	4307650	924	17,5	1272	7,19	1842	0,80	764
SK36	540459	4313490	909	16,2	1226	7,42	1499	0,70	676	SK68	546252	4306071	919	18,1	4025	7,32	6110	4,20	2037
SK37	540983	4310975	915	16,0	2029	6,40	3920	2,00	1352	SS1	545413	4299232	1030	17,1	461	7,67	576	0,10	234
SK38	538355	4310728	911	18,4	4786	7,23	6850	4,30	2183	SS2	551281	4300070	914	21,7	422	7,54	589	0,10	313
SK40	545162	4309434	928	17,5	856	7,55	1055	0,40	519	SS3	539287	4302738	924	21,9	648	7,84	967	0,30	258

R; Topoğrafik yükselti, **T:** Sıcaklık, **TDS:** Toplam çözünmüş katı madde, **TZ:**Tuzluluk, **EC:** Elektriksel iletkenlik, **S:** Toplam sertlik

Çizelge 6.4. İnceleme alanındaki suların Mayıs 2012 örnekleme dönemine ait fiziksel ölçüm sonuçları

Örnek No	Koordinat		R m	T (°C)	TDS (mg/L)	pH	EC (µS/cm)	TZ (%)	S (CaCO ₃)	Örnek No	Koordinat		R m	T (°C)	TDS (mg/L)	pH	EC (µS/cm)	TZ (%)	S (CaCO ₃)
SK1	540339	4305615	916	15,4	3548	6,32	3920	2,5	1980	SK30	547229	4307350	924	18	5609	7,0	7490	4,9	2123
SK2	539877	4306335	916	16,2	3124	6,92	4480	2,9	1553	SK31	546515	4308151	927	17	738	7,5	933	0,3	371
SK3	541164	4308305	918	18,7	1907	7,10	2650	1,5	729	SK32	545841	4308634	926	16	1221	7,1	1481	0,7	638
SK4	540375	4304008	914	15,5	6144	7,00	7890	5,4	2019	SK33	542380	4310031	917	17	1128	7,6	1398	0,7	573
SK5	539333	4302859	920	15,8	6527	7,60	10460	7,3	2067	SK34	539896	4311684	911	16	1199	7,6	1449	0,7	580
SK6	538630	4302520	925	18,2	1801	7,54	2320	1,3	462	SK35	540360	4312454	924	20	1759	7,3	2380	1,3	765
SK7	538798	4303018	909	15,3	3594	7,70	4880	3,2	1032	SK36	540459	4313490	909	15	1242	8,3	1487	0,8	604
SK8	541527	4301044	975	16,8	1357	7,35	1686	0,9	525	SK37	540983	4310975	914	20	2222	7,2	3100	1,7	981
SK9	541707	4301475	961	17,3	3144	6,65	3920	2,4	1581	SK38	538355	4310728	911	19	4603	7,1	7030	4,4	2018
SK10	542056	4301931	965	18,2	1751	6,99	2300	1,2	1158	SK39	539870	4308183	914	20	2202	7,1	3620	2,1	1076
SK11	543096	4301258	992	18,6	654	7,33	824	0,2	302	SK40	545162	4309434	928	19	894	7,5	1168	0,5	487
SK12	545819	4299670	995	17,2	961	7,50	1208	0,5	287	SK41	543424	4308740	924	18	720	7,5	1153	0,3	359
SK13	544050	4305216	917	17,6	2194	7,40	3350	2,1	1099	SK42	543199	4307335	923	16	1205	7,5	1907	0,7	462
SK14	544056	4304545	920	19,9	4013	6,50	5410	3,2	1776	SK43	540479	4306023	916	18	2464	7,4	4610	2,3	503
SK15	542921	4304627	918	18,8	2543	7,11	4020	2,4	1200	SK44	539033	4308263	912	18	3618	7,2	6110	3,2	1168
SK16	543065	4304985	919	17,6	2549	7,09	6030	2,7	1206	SK45	537970	4308089	908	18	6832	6,5	12260	6,7	2708
SK17	543603	4305824	925	16,4	3572	5,90	5180	3,3	1750	SK46	539295	4306016	912	17	4155	7,1	7340	4,0	2243
SK18	544794	4303104	922	18,6	1749	6,64	2310	1,2	944	SK47	542103	4306790	919	19	3017	6,3	4280	2,2	1381
SK19	550077	4306369	915	17,1	2844	7,44	3020	1,8	1919	SK48	538590	4311344	910	17	6855	7,6	14100	8,2	1822
SK20	551064	4301893	927	18,1	1643	7,70	2200	1,1	939	SK49	539748	4310934	912	17	1664	7,2	3620	1,9	900
SK21	545302	4312354	941	17,1	4694	7,32	5690	3,7	2779	SK50	537974	4305609	908	17	6559	6,3	12350	7,2	2225
SK22	544956	4310178	928	14,1	1139	7,35	1323	0,7	649	SK51	537502	4307956	906	16	7443	6,6	9780	5,8	2410
SK23	541615	4311117	917	15,7	853	7,50	1028	0,4	462	SS1	545413	4299232	1030	16	476	7,7	582	0,1	295
SK24	543522	4304480	919	19,1	3442	6,72	4550	2,7	1481	SS2	551281	4300070	914	15	432	7,7	516	0,1	225
SK25	544143	4303835	918	16,1	1783	8,02	3020	1,8	534	SS3	539287	4302738	922	17	640	7,6	801	0,2	234
SK26	545076	4306376	926	15,9	1148	7,63	1399	0,7	453	TG1	538279	4314347	904	19	331457	7,3	278000	>50	53699
SK27	545679	4303052	922	15,4	2780	6,99	3960	2,5	1004	TG2	536723	4307857	904	18	307710	7,2	236000	>50	46033
SK28	547239	4302495	914	15,6	5586	7,42	7420	5,1	2354	TG3	536994	4305315	904	19	317740	7,5	262000	>50	53326
SK29	547397	4308090	926	17,1	1257	7,45	1569	0,8	676										

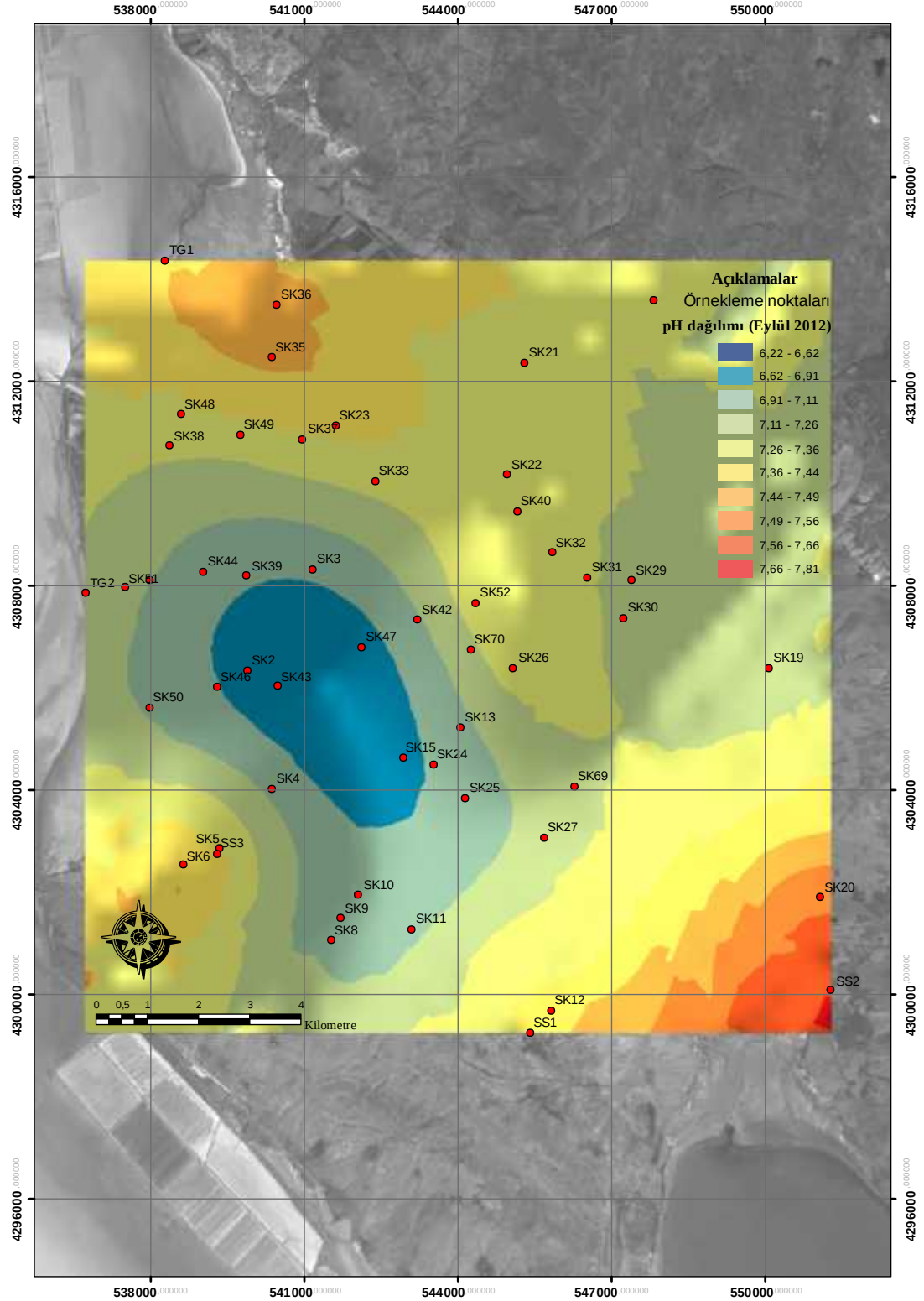
R; Topoğrafik yükselti, T: Sıcaklık, TDS: Toplam çözünmüş katı madde, TZ:Tuzluluk, EC: Elektriksel iletkenlik, S: Toplam sertlik

Çizelge 6.5. İnceleme alanındaki suların Eylül 2012 örnekleme dönemine ait fiziksel ölçüm sonuçları

Örnek	Koordinat		R	T	TDS	pH	EC	TZ	S	Örnek	Koordinat		R	T	TDS	pH	EC	TZ	S
No	X	Y	m	(°C)	(mg/L)		(µS/cm)	(%)	(CaCO ₃)	No	X	Y	m	(°C)	(mg/L)		(µS/cm)	(%)	(CaCO ₃)
SK2	539877	4306335	916	14,3	4551	6,85	5360	2,9	1576	SK33	542380	4310031	917	18,5	953	7,47	1040	0,5	467
SK3	541164	4308305	918	16,2	3460	6,85	4130	2,1	1420	SK35	540360	4312454	924	15,4	1828	7,57	2410	1,1	756
SK4	540375	4304008	914	16,6	7306	7,09	7670	5,9	1996	SK36	540459	4313490	909	16,9	1370	7,48	1804	0,8	590
SK5	539333	4302859	920	17,5	12325	7,46	14890	8,7	2805	SK37	540962	4310857	915	18,0	2543	7,40	3290	1,6	970
SK6	538630	4302520	925	15,8	1547	7,64	2050	0,9	309	SK38	538355	4310728	911	15,2	6617	7,18	7830	4,5	2092
SK8	541527	4301044	975	17,8	1674	7,22	2220	1,0	628	SK39	539870	4308183	914	17,1	3395	6,80	4010	2,1	1233
SK9	541707	4301475	961	18,6	3592	6,31	3710	2,5	2088	SK40	545162	4309434	928	18,4	1098	7,47	1461	0,5	507
SK10	542056	4301931	965	18,1	1893	7,00	2510	1,2	1094	SK42	543199	4307335	923	17,4	3821	7,41	4333	2,3	758
SK11	543096	4301258	992	17,0	716	7,29	948	0,2	325	SK43	540479	4306023	916	17,2	3846	6,30	4755	2,4	1326
SK12	545819	4299670	995	16,3	1113	7,28	1476	0,6	360	SK44	539033	4308263	912	14,9	5297	7,28	6330	3,5	1483
SK13	544050	4305216	917	18,4	3485	7,19	4140	2,1	1135	SK45	537970	4308089	908	18,0	9537	6,61	11330	6,5	3105
SK15	542921	4304627	918	15,7	3903	6,98	4610	2,4	1352	SK46	539295	4306016	912	16,7	5781	7,16	6800	3,7	2230
SK19	550077	4306369	915	16,8	2693	7,03	3540	1,8	1917	SK47	542103	4306790	919	18,7	3649	6,25	4320	2,2	1635
SK20	551064	4301893	927	17,3	538	7,70	716	0,1	1010	SK48	538590	4311344	910	19,3	10676	7,54	13090	7,6	2319
SK21	545302	4312354	941	17,8	4684	7,28	6210	3,8	2824	SK49	539748	4310934	912	16,8	2438	7,23	3160	1,6	1082
SK22	544956	4310178	928	16,2	1274	7,18	1695	0,7	681	SK50	537974	4305609	908	18,2	9783	6,88	11580	6,7	3361
SK23	541615	4311117	917	16,3	1605	7,41	1586	0,9	634	SK51	537502	4307956	906	17,3	7839	7,35	9340	5,3	2780
SK24	543522	4304480	919	18,1	5297	6,22	6280	3,4	2038	SK52	544341	4307648	919	18,1	1105	7,20	1465	0,5	500
SK25	544143	4303835	918	17,5	2782	7,24	3590	1,8	604	SK69	546263	4304065	922	16,9	4633	7,33	5360	2,9	1842
SK26	545076	4306376	926	18,2	1233	7,46	1633	0,8	437	SK70	544245	4306732	923	19,2	1901	7,55	2520	1,2	554
SK27	545679	4303052	922	17,0	4264	7,07	5040	2,7	1066	SS1	545413	4299232	1030	18,7	513	7,68	682	0,1	225
SK29	547397	4308090	926	17,4	1638	7,17	2180	1,0	736	SS2	551281	4300070	914	17,5	480	7,75	646	0,1	304
SK30	547229	4307350	924	17,5	6470	7,10	6550	4,2	1967	SS3	539287	4302738	922	18,2	716	7,81	945	0,2	244
SK31	546515	4308151	927	15,6	816	7,52	1085	0,3	378	TG1	538279	4314347	904	16,3	333803	7,43	295000	>50	58258
SK32	545841	4308634	926	18,5	1360	7,11	1810	0,8	670	TG2	536723	4307857	904	18,3	322350	7,54	248000	>50	49801

R; Topoğrafik yükselti, T: Sıcaklık, TDS: Toplam çözünmüş katı madde, TZ: Tuzluluk, EC: Elektriksel iletkenlik, S: Toplam sertlik

İnceleme alanındaki suların pH değerinin 6.2 - 8.3 aralığında değişmesi suların hafif çözücü hafif kabuklaştırıcı bazik özelliğe sahip olduklarını göstermektedir. Sular pH özelliği açısından kıta içi su kaynaklarının sınıflamasına göre I. kalite su sınıfına sahiptir. Eylül 2012 örnekleme dönemine ait pH değerleri kullanılarak inceleme alanına ait pH değişim haritası çizilmiştir (Şekil 6.2.).

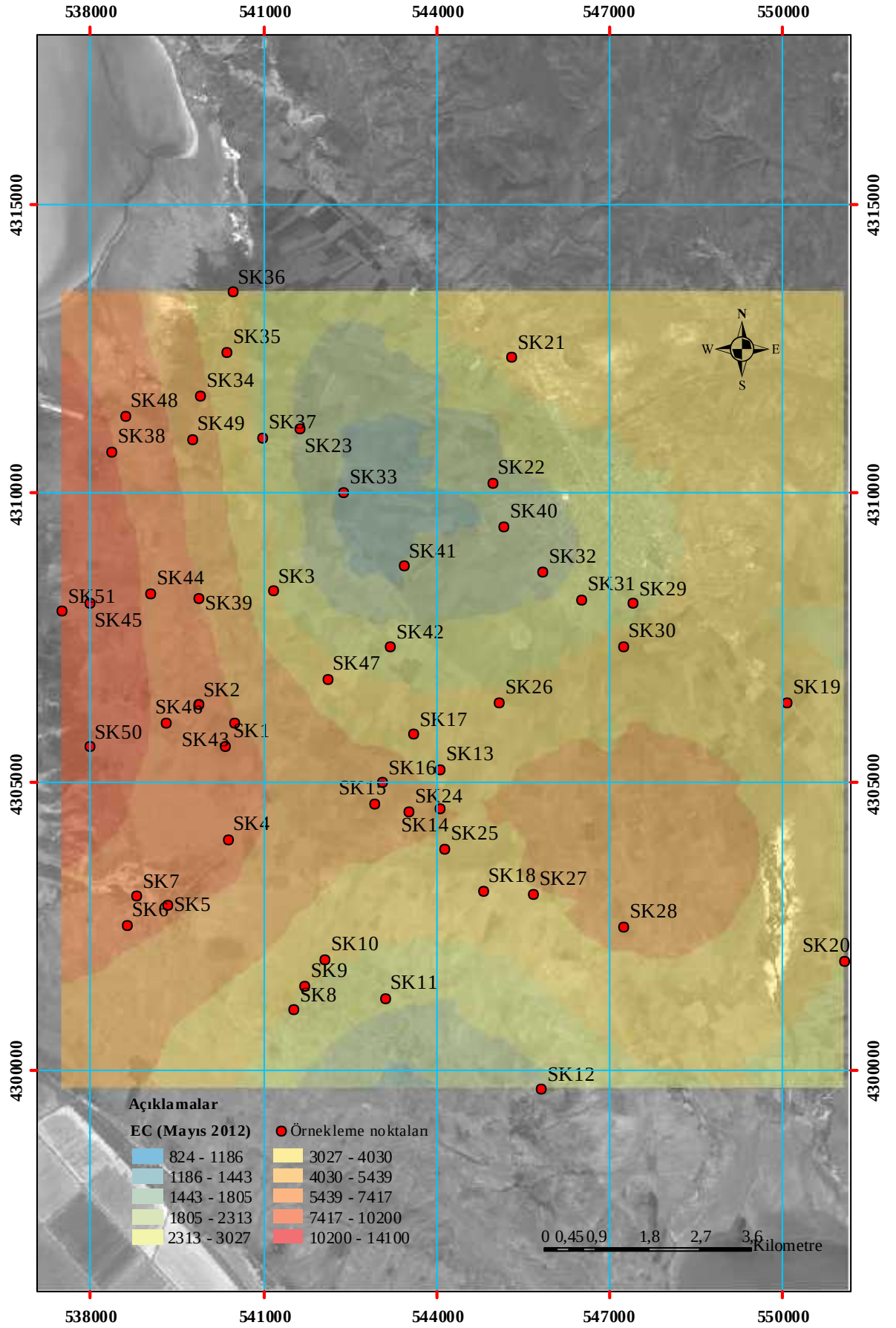


Şekil 6.2. İnceleme alanında suların pH değişim haritası (Eylül 2012)

ArcGIS yazılımının ArcMAP uygulaması kullanılarak çizilen tematik harita çizilirken kriging interpolasyon yöntemi uygulanmıştır. Uygulanan yöntemle oluşturulan tematik haritanın regresyon katsayısı 0.93'tür. Tematik haritada Kaldırım tuzlası - Şereflikoçhisar - Çavuşköy arasında kalan bölgenin pH değerlerinin 6.2 - 7.1 aralığında değiştiği ve bu bölgede yer alan suların daha asidik hafif çözücü özelliğe sahip olduğu söylenebilir. İnceleme alanının kuzeybatı ve güneydoğusunda ise suların pH değerleri yükselmiştir. Bu bölgedeki sulara karbonat ve bikarbonat iyonlarının artması pH değerlerini yükseltebilir. Bu bölgedeki sular daha bazik hafif kabuklaştırıcı özelliğe sahiptir.

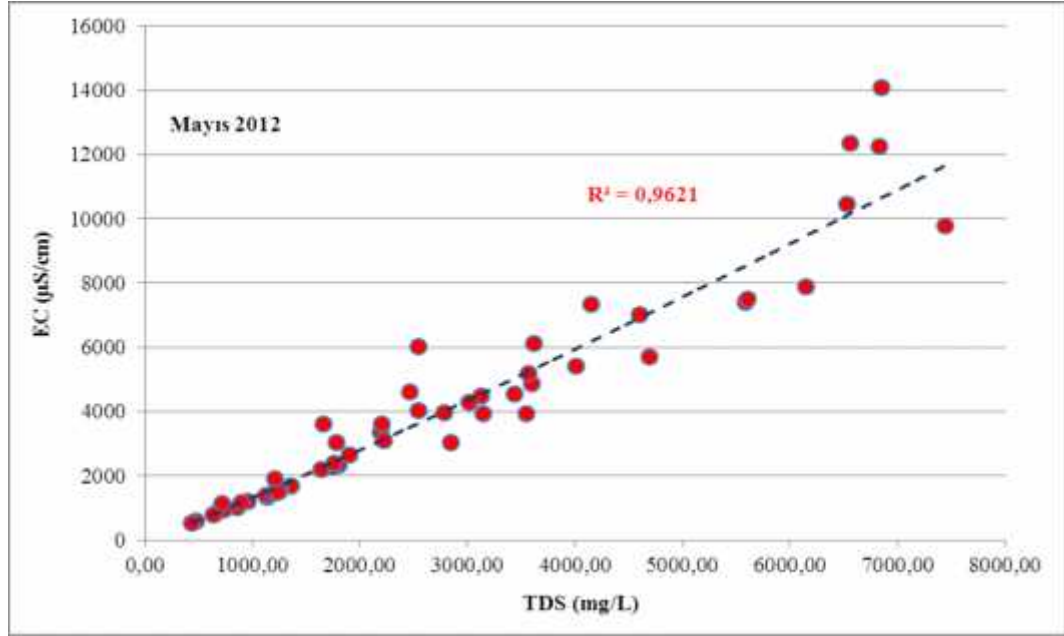
İnceleme alanında örneklenen suların EC değerleri 516 - 295000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmektedir (Şekil 6.3.). Bu aralığın bu kadar geniş olmasının nedeni suların su - kayaç temas sürelerinin farklı olması veya suların izlediği yol boyunca çözünürlükleri ve iyon içerikleri farklı kayalarla temas etmesidir. Fiziksel parametreleri ölçülen suların çoğunda yağış miktarının artması ile EC değerleri düşmüştür. En düşük EC değerleri su kayaç etkileşimi en kısa olan ve mevsimsel yağışlardan daha çok beslenen soğuk su kaynaklarında en yüksek EC değerleri ise Tuz Gölü'ne yakın yeraltı sularında görülmektedir. Su örneklerinin yağışlı dönemde daha yüksek EC değerleri içermesi daha tuzlu sularla karışımın bir nedeni veya yağışlardan gecikmeli beslenimin bir sonucu olabilir.

Sularda EC ile tuzluluk arasında güçlü bir ilişki vardır. Sudaki tuz miktarı arttıkça, suyun elektriksel iletkenliği de doğru orantılı olarak artar. Kriging interpolasyon yöntemi kullanılarak oluşturulan Mayıs 2012 örnekleme dönemine ait EC değişim haritasında Tuz Gölü'nden doğuya doğru uzaklaştıkça EC değerleri sistematik olarak azalmıştır. Tuz Gölü kıyı sınır çizgisi ve yayılım alanı çevresinde yer alan kuyularda ölçülen EC değerleri kıta içi su kaynaklarının kullanım sınırlarının oldukça üzerindedir. EC değerlerine göre inceleme kapsamında ki suların büyük bölümü şüpheli - kullanılamaz olarak değerlendirilebilir. EC değişim haritası incelendiğinde Koçhisar ovasının kuzeyinde EC değerlerinin güneydeki sahadan çok daha düşük olduğu görülmektedir. Hidrojeoloji bölümünde ovayı oluşturan alüvyonun kuzey ve güneyindeki sahanın hidrojeolojik özelliklerinin farklı olduğu ve iki bölgenin tektonik olarak ayrıldığı belirtilmişti. EC değerlerinde görülen bu farklılığın nedeni de kırık sistemler boyunca yüzeye doğru girişim yapan daha tuzlu yeraltı suları olduğu düşünülmektedir.



Şekil 6.3. İnceleme alanında suların EC değişim haritası (Mayıs 2012)

Suyun EC değeri sudaki çözünmüş toplam madde (TDS) miktarı ile doğru orantılıdır (Şekil 6.4.). TDS suların yeraltı dolaşım sistemine, kayaç - su etkileşimine ve bölgedeki yağış koşullarına bağlıdır. Söz konusu sular, TDS özelliği açısından kıta içi su kaynaklarının sınıflamasına göre III. ve IV. sınıf su kalitesi özelliğine sahiptir.



Şekil 6.4. EC - TDS arasındaki doğrusal ilişki

6.1.1. Suların iyon dağılımları

Yeraltı suları hidrolik çevrim süresince temas ettikleri kayalardan negatif ve pozitif yüklü iyonları çözer. Toplam çözülmüş iyon miktarı ve bu iyonların su içerisindeki oranları suyun hidrojeolojik özelliklerini belirler. Hidrolik çevrim içerisinde sürekli hareket halinde olan suların kimyasal özellikleri de zamansal olarak farklılıklar gösterebilir. Bu farklılığın önemli nedenlerinden biri de iyon değişimidir. Sular sınıflandırılırken çözülmüş iyon miktarları dikkate alınır. Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (AIH) Sınıflaması (1979)'a göre oranı %20 meq/L'den fazla olan iyonlar en büyük orana sahip olandan en küçük orana sahip olana doğru sıralanarak sınıflamaya katılır. Sıralamada öncelik katyonlardadır daha sonra anyonlar gelir. Ana katyonlar Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ ve K^+ , ana anyonlar ise HCO_3^- , SO_4^- , Cl^- ve CO_3^- dir. Suların kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, tarımdan endüstriye kadar günümüzde karşılaşılan birçok sorunun çözümünde yardımcı olur. İnceleme alanındaki suların farklı dönemlerde gerçekleştirilen kimyasal analiz sonuçları Çizelge 6.6., Çizelge 6.7. ve Çizelge 6.8.'de verilmiştir.

Çizelge 6.6. İnceleme alanındaki suların Eylül 2011örnekleme dönemine ait kimyasal analiz sonuçları

Örnek No	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SAR	ESR	% Na	Örnek No	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SAR	ESR	% Na
(mg/L)											(mg/L)										
SK4	236,7	403,5	1368,7	10,5	2258,9	498,7	1016,3	12,5	1,3	57,0	SK41	91,4	46,2	110,2	3,8	92,1	155,8	453,8	2,3	0,6	36,8
SK5	630,5	865,0	2147,1	31,1	5325,4	1294,2	687,5	13,0	0,9	47,8	SK42	86,9	73,0	225,4	5,5	261,5	233,3	406,3	4,3	1,0	49,0
SK6	62,2	45,8	302,6	2,1	363,7	88,6	439,2	7,1	1,9	65,8	SK49	385,4	454,7	1064,4	10,7	2243,0	1040,3	574,0	8,7	0,8	45,1
SK7	88,6	221,7	1063,8	5,1	1655,0	300,5	542,9	13,8	2,0	67,2	SK52	97,3	76,8	155,5	6,4	245,9	351,1	349,5	2,9	0,6	38,2
SK8	146,6	60,9	251,4	2,8	319,1	213,8	420,9	4,4	0,9	47,1	SK53	151,7	47,9	134,5	2,2	223,6	213,4	417,9	2,4	0,5	33,9
SK9	339,9	228,3	258,1	7,4	352,7	406,4	1661,6	2,7	0,3	24,2	SK54	210,8	65,5	156,8	3,3	206,5	421,2	418,5	2,4	0,4	30,2
SK10	149,1	156,4	198,9	4,5	178,0	463,2	722,9	2,7	0,4	30,1	SK55	145,5	100,6	201,2	6,4	319,9	280,6	484,3	3,1	0,6	36,4
SK11	91,0	27,3	100,2	1,6	69,0	71,2	440,4	2,4	0,6	39,3	SK56	101,8	98,9	196,9	5,6	220,4	315,9	480,7	3,3	0,7	39,7
SK12	46,9	38,2	193,8	2,8	106,9	189,1	523,4	5,1	1,5	60,8	SK57	169,5	120,3	254,2	8,6	385,6	354,3	517,3	3,7	0,6	38,0
SK20	270,2	100,9	236,1	3,3	133,3	914,3	282,4	3,1	0,5	32,2	SK58	140,4	138,5	265,8	17,2	328,4	515,1	553,9	3,8	0,6	39,4
SK21	454,5	428,0	737,2	7,2	2615,8	387,0	347,7	6,0	0,6	35,7	SK59	514,0	508,2	790,8	5,8	2599,2	816,5	410,5	5,9	0,5	33,8
SK22	108,0	91,1	135,0	6,8	145,9	205,3	652,7	2,3	0,5	31,9	SK60	164,7	131,8	301,1	13,8	413,1	511,2	483,1	4,2	0,7	41,3
SK23	111,9	87,7	206,7	6,5	195,4	352,8	500,2	3,6	0,7	41,7	SK61	64,5	72,4	337,7	1,6	378,2	101,3	548,4	6,9	1,6	61,6
SK29	140,3	101,7	211,5	7,4	276,2	311,4	489,8	3,3	0,6	37,9	SK62	91,4	96,3	457,0	2,7	730,5	99,3	480,1	8,0	1,6	61,5
SK30	487,1	341,4	1324,8	13,2	3081,9	335,3	404,4	11,3	1,1	52,5	SK63	142,3	87,6	855,1	3,9	1462,0	123,0	435,5	13,9	2,6	72,2
SK31	92,7	63,8	102,1	5,4	114,3	165,6	406,3	2,0	0,5	31,6	SK64	79,1	54,1	136,9	4,1	94,2	193,4	463,6	2,9	0,7	41,9
SK32	182,3	106,3	171,6	8,1	201,9	281,2	696,0	2,5	0,4	30,0	SK65	15,1	9,5	25,1	7,8	18,7	77,8	39,8	1,2	0,7	45,6
SK33	98,1	75,6	160,3	5,3	139,8	238,4	520,9	3,0	0,6	39,0	SK66	155,6	100,7	170,6	6,8	265,7	333,6	430,7	2,6	0,5	32,1
SK35	130,0	93,9	193,4	5,7	233,2	327,9	521,6	3,2	0,6	37,6	SK67	142,5	99,0	180,0	6,8	234,5	337,4	478,2	2,8	0,5	34,4
SK36	120,3	91,2	182,6	18,5	203,1	354,4	478,2	3,1	0,6	38,4	SK68	361,2	275,6	806,8	12,5	2211,8	207,6	249,5	7,8	0,9	46,5
SK37	210,8	200,5	430,1	8,2	857,4	445,3	536,8	5,1	0,7	41,2	SS1	47,9	27,6	69,1	2,0	47,0	67,7	319,6	2,0	0,7	39,6
SK38	248,4	379,9	1017,3	33,8	2140,6	626,4	566,1	9,5	1,0	50,8	SS2	59,6	39,7	30,1	1,2	16,5	41,9	433,7	0,7	0,2	17,7
SK40	98,3	66,4	111,0	6,3	114,2	157,4	490,4	2,1	0,5	32,4	SS3	51,9	31,2	119,1	6,0	122,8	66,5	322,1	3,2	1,0	50,8

HCO₃⁻: Bikarbonat, SO₄²⁻: Sülfat, Cl⁻: Klorür, Ca²⁺: Kalsiyum, Na⁺: Sodyum, Mg²⁺: Magnezyum, K⁺: Potasyum,
SAR: Sodyum absorbsiyon oranı, ESR: Değişebilir sodyum oranı, % Na: Sodyum yüzdesi

Çizelge 6.7. İnceleme alanındaki suların Mayıs 2012 örnekleme dönemine ait kimyasal analiz sonuçları

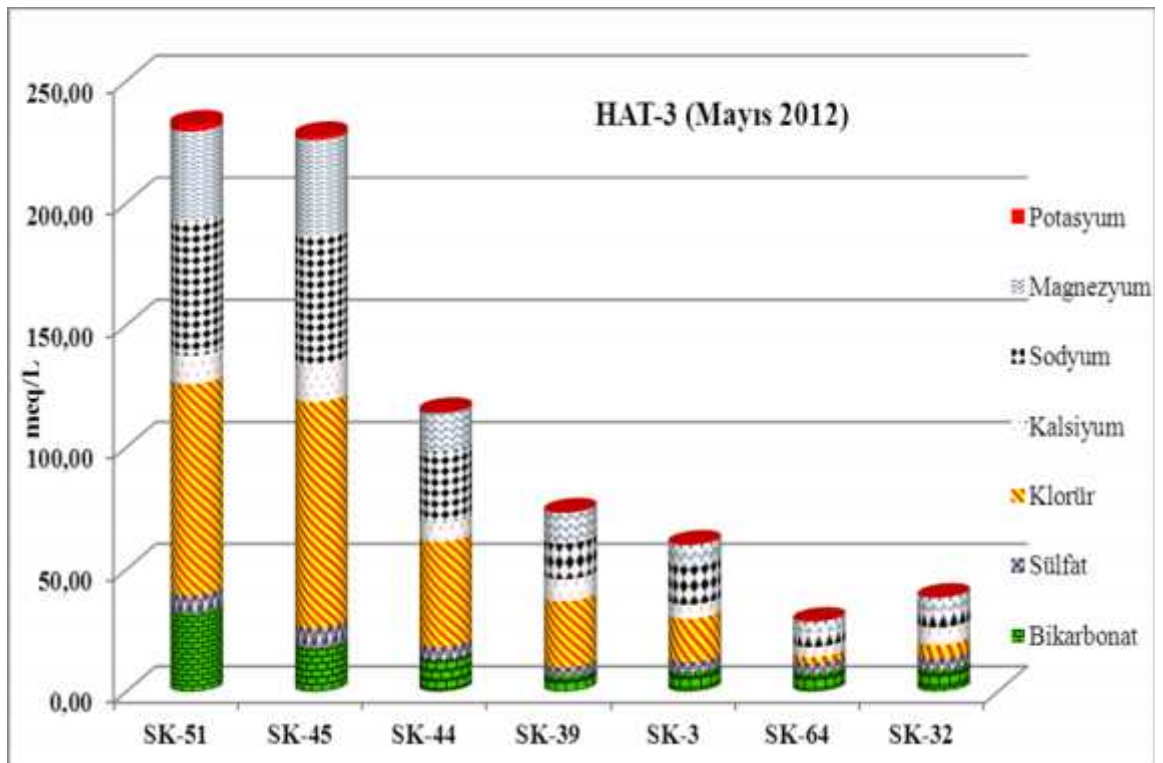
Örnek	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SAR	ESR	%	Örnek	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SAR	ESR	%
No	(mg/L)										No	(mg/L)									
SK1	424,1	224,1	390,1	7,0	910,8	220,0	1674,5	3,8	0,4	30,2	SK30	382,8	283,9	1135,5	7,0	2838,7	644,5	317,0	10,7	1,2	53,8
SK2	201,2	255,5	546,7	7,4	871,1	226,7	1015,7	6,0	0,8	43,5	SK31	144,3	2,7	88,1	4,3	91,8	138,3	375,8	2,0	0,5	34,6
SK3	115,0	107,5	357,3	12,1	632,1	196,4	486,2	5,8	1,1	52,1	SK32	144,3	67,6	152,2	5,5	195,0	220,9	546,0	2,6	0,5	34,6
SK4	178,4	382,6	1345,4	5,9	2867,1	549,9	814,4	13,0	1,5	59,2	SK33	119,4	66,9	126,5	5,5	188,3	247,3	470,4	2,3	0,5	32,9
SK5	215,2	371,9	1419,4	4,7	2920,3	1285,2	309,9	13,6	1,5	59,9	SK34	122,2	66,9	283,9	4,3	408,1	288,7	403,3	5,1	1,1	51,7
SK6	77,0	65,6	389,9	2,0	620,1	128,2	441,7	7,9	1,8	64,8	SK35	100,2	125,2	225,3	4,3	328,7	487,0	473,0	3,5	0,6	39,3
SK7	81,8	201,3	947,7	2,4	1511,0	324,2	525,9	12,8	2,0	66,6	SK36	114,2	77,6	144,4	11,0	202,1	342,9	378,0	2,6	0,5	35,2
SK8	127,1	50,6	227,8	2,4	253,8	193,1	445,4	4,3	0,9	48,7	SK37	215,2	107,9	320,3	3,1	681,1	456,3	438,0	4,5	0,7	41,6
SK9	432,1	122,3	304,4	50,1	577,5	971,6	686,3	3,3	0,4	31,4	SK38	227,7	352,5	704,6	8,2	2154,5	625,3	530,0	6,8	0,8	43,3
SK10	164,3	181,8	121,4	3,9	221,6	656,1	727,8	1,6	0,2	18,8	SK39	181,6	151,5	336,3	11,3	961,8	169,5	389,5	4,5	0,7	40,9
SK11	87,0	20,7	68,3	1,2	88,6	57,2	378,3	1,7	0,5	33,1	SK40	93,8	61,5	82,3	3,9	126,6	159,0	442,3	1,6	0,4	27,4
SK12	77,0	23,1	162,8	2,7	117,0	174,3	477,1	4,2	1,2	55,4	SK41	91,0	32,1	77,0	2,4	81,2	140,2	322,5	1,8	0,5	32,2
SK13	192,8	150,2	273,4	5,5	1202,6	143,6	226,3	3,6	0,5	35,3	SK42	87,4	59,3	162,8	4,3	282,6	208,9	271,5	3,3	0,8	43,7
SK14	376,0	203,7	485,8	7,0	1553,6	217,1	1169,5	5,0	0,6	37,5	SK43	89,4	68,1	661,7	3,9	1105,1	174,3	361,5	12,8	2,9	74,1
SK15	252,5	138,6	362,8	3,1	1224,2	309,8	252,0	4,6	0,7	39,7	SK44	157,1	188,7	672,7	24,2	1532,3	251,2	791,5	8,6	1,3	56,1
SK16	205,6	168,5	373,8	5,9	1182,4	182,5	430,0	4,7	0,7	40,5	SK45	298,6	477,2	1219,4	67,3	3289,0	391,0	1090,0	10,2	1,0	50,2
SK17	190,0	310,2	495,9	5,9	1844,3	159,9	566,0	5,2	0,6	38,3	SK46	243,3	397,7	526,7	10,6	2168,7	322,3	486,0	4,8	0,5	34,0
SK18	290,6	53,2	121,4	1,6	329,4	139,3	817,5	1,7	0,3	21,9	SK47	368,3	112,3	400,7	5,5	754,4	180,1	1195,8	4,7	0,6	38,8
SK19	277,0	298,5	268,3	2,7	186,1	1759,3	129,3	2,7	0,3	23,4	SK48	129,1	364,7	1688,2	33,2	3480,4	824,6	335,0	17,2	2,0	67,1
SK20	240,9	82,2	203,2	2,0	147,8	869,8	281,3	2,9	0,5	32,1	SK49	124,3	143,4	263,5	3,1	411,3	475,5	499,1	3,8	0,6	39,0
SK21	459,3	397,0	455,9	3,9	2332,2	743,5	302,0	3,8	0,4	26,4	SK50	164,7	440,9	1396,0	115,6	2981,6	334,6	2557,0	12,9	1,4	58,8
SK22	115,0	88,0	69,4	4,7	143,6	185,4	647,9	1,2	0,2	19,5	SK51	231,8	445,3	1267,9	114,4	3071,8	344,7	1967,0	11,2	1,1	54,6
SK23	101,8	50,6	63,7	3,1	94,7	178,2	398,4	1,3	0,3	23,5	SS1	66,9	31,1	28,5	1,2	14,9	49,2	363,6	0,7	0,2	17,7
SK24	224,5	223,9	496,4	5,1	1069,6	286,7	1136,0	5,6	0,7	42,3	SS2	56,1	20,7	57,7	1,6	51,1	68,2	281,3	1,7	0,6	36,1
SK25	42,1	104,3	693,6	3,5	479,0	372,7	1070,1	13,1	2,8	73,9	SS3	55,7	23,1	100,5	4,3	123,4	52,8	291,0	2,9	0,9	48,9
SK26	95,4	52,3	84,6	77,0	187,9	293,9	317,0	1,7	0,4	38,4	TG1	483,0	12760,0	103670,0	5430,0	178680,0	29470,0	964,0	194,6	4,2	81,2
SK27	153,9	150,7	672,7	3,5	1088,1	290,1	923,7	9,2	1,5	59,3	TG2	578,0	10840,0	97650,0	4680,0	165850,0	27270,0	842,0	198,0	4,6	82,6
SK28	349,1	360,5	1033,6	8,2	3030,2	614,8	189,5	9,3	1,0	48,9	TG3	830,0	12460,0	96670,0	4950,0	171750,0	30145,0	935,0	182,1	3,9	80,2
SK29	144,3	76,8	144,4	3,9	183,3	340,0	463,1	2,4	0,5	32,0											

Çizelge 6.8. İnceleme alanındaki suların Eylül 2012 örnekleme dönemine ait kimyasal analiz sonuçları

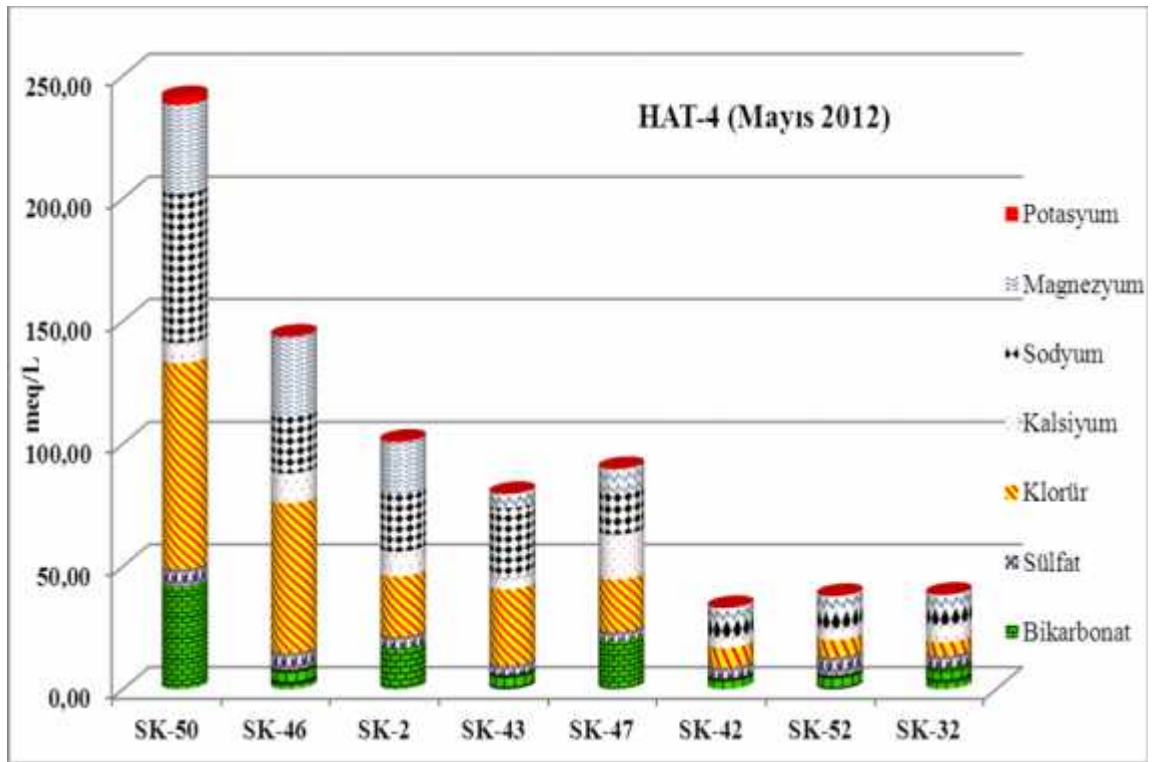
Örnek	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SAR	ESR	% Na	Örnek	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SAR	ESR	% Na		
No	(mg/L)											No	(mg/L)										
SK2	219,6	250,0	673,0	8,0	1376,3	47,8	1556,9	7,4	0,9	48,7	SK33	78,4	65,9	154,0	4,4	114,0	222,0	575,3	3,1	0,7	42,6		
SK3	286,4	171,5	476,0	10,8	1156,2	289,9	759,8	5,5	0,7	42,8	SK35	102,0	121,8	338,0	5,0	320,2	466,7	715,9	5,4	1,0	50,0		
SK4	171,2	381,3	1474,0	6,5	2576,2	526,7	1021,8	14,4	1,6	62,2	SK36	106,8	78,6	180,4	18,8	200,6	330,4	580,5	3,2	0,7	41,7		
SK5	309,2	494,4	2904,0	5,0	6032,4	1132,6	411,5	23,9	2,3	69,7	SK37	149,6	145,0	486,0	5,3	552,7	634,6	779,9	6,8	1,1	52,7		
SK6	51,6	43,8	406,0	2,0	417,1	90,5	500,1	10,1	2,9	74,4	SK38	220,0	375,0	1114,0	27,9	2197,1	681,1	776,2	10,6	1,2	54,5		
SK8	133,6	71,5	300,0	2,6	400,1	197,3	437,6	5,2	1,0	51,4	SK39	232,4	158,8	456,0	11,6	1069,6	190,7	762,8	5,7	0,8	45,3		
SK9	390,0	270,9	412,0	9,5	480,3	581,0	2126,2	3,9	0,4	30,6	SK40	88,8	69,3	124,0	5,7	74,9	175,4	592,4	2,4	0,5	35,7		
SK10	147,6	176,3	281,0	4,4	227,9	625,7	942,2	3,7	0,6	36,5	SK42	118,0	112,6	812,0	12,1	1241,4	222,5	401,1	12,8	2,3	70,5		
SK11	72,4	35,0	91,4	1,6	76,0	74,9	533,6	2,2	0,6	38,5	SK43	326,8	124,0	656,0	7,1	1670,5	146,6	504,0	7,8	1,1	52,2		
SK12	66,8	46,9	258,5	3,1	121,1	190,1	689,9	5,9	1,6	61,5	SK44	250,4	208,7	880,0	36,8	1729,9	224,2	1258,4	9,9	1,3	57,3		
SK13	200,4	154,4	506,0	6,6	1223,7	130,0	323,0	6,5	1,0	49,8	SK45	373,2	528,5	1582,0	76,3	3479,4	332,4	1816,6	12,4	1,1	53,7		
SK15	278,0	160,0	600,0	3,6	1312,4	285,7	567,8	7,1	1,0	49,5	SK46	249,6	390,8	656,0	12,4	2119,0	195,3	849,1	6,0	0,6	39,7		
SK19	608,0	97,3	300,0	3,7	190,6	1842,8	150,3	3,0	0,3	25,6	SK47	479,2	106,8	394,0	6,4	904,2	120,0	1726,5	4,2	0,5	34,7		
SK20	259,6	88,0	247,3	4,3	157,3	959,8	271,1	3,4	0,5	35,2	SK48	181,2	453,8	2564,0	40,4	3946,5	1352,4	667,5	23,2	2,4	71,3		
SK21	512,7	375,5	423,8	2,7	2468,5	578,4	322,6	3,5	0,3	24,9	SK49	132,8	182,4	396,0	4,8	537,8	614,4	784,4	5,2	0,8	45,0		
SK22	114,8	95,8	159,5	5,3	161,2	216,7	791,8	2,7	0,5	34,5	SK50	174,0	711,6	1604,0	152,6	3193,9	347,6	3366,8	12,0	1,0	52,9		
SK23	116,4	83,4	300,0	5,3	274,1	370,8	634,8	5,2	1,0	51,3	SK51	235,2	533,1	1302,0	70,8	2554,9	1287,4	931,7	10,7	1,0	51,8		
SK24	452,0	221,3	812,0	7,3	1420,4	243,4	1670,0	7,8	0,9	46,8	SK52	97,6	62,3	143,0	4,4	167,9	259,2	486,7	2,8	0,6	39,1		
SK25	72,0	103,3	726,0	4,0	531,4	377,8	1318,0	12,8	2,6	72,8	SK69	440,8	180,5	618,0	7,9	1996,9	211,1	230,0	6,3	0,7	42,6		
SK26	82,0	56,4	351,8	6,5	386,4	107,5	572,2	7,3	1,8	64,2	SK70	89,2	80,5	406,0	8,4	531,4	258,2	332,7	7,5	1,6	62,1		
SK27	89,2	205,0	932,0	6,3	1205,9	263,0	1236,1	12,4	1,9	66,1	SS1	45,6	27,0	72,6	2,1	49,0	68,9	351,3	2,1	0,7	42,0		
SK29	124,8	103,1	204,0	5,8	332,6	306,8	609,5	3,3	0,6	38,4	SS2	59,6	37,7	33,8	1,3	15,3	43,7	455,5	0,8	0,2	20,0		
SK30	374,4	251,0	1074,0	4,8	2441,3	262,8	470,3	10,5	1,2	54,7	SS3	44,8	32,1	126,0	5,2	118,6	69,1	345,3	3,5	1,1	53,9		
SK31	67,2	51,1	93,6	4,4	92,7	126,8	480,0	2,1	0,5	36,0	TG1	680,0	13750,0	104670,0	4480,0	182640,0	26560,0	1023,0	188,6	3,9	80,4		
SK32	150,8	71,5	188,5	5,6	194,9	233,2	743,5	3,2	0,6	38,6	TG2	720,0	11670,0	98560,0	4630,0	177450,0	28650,0	670,0	192,1	4,3	82,0		

Kısaltmalar Çizelge 6.6.' daki gibidir.

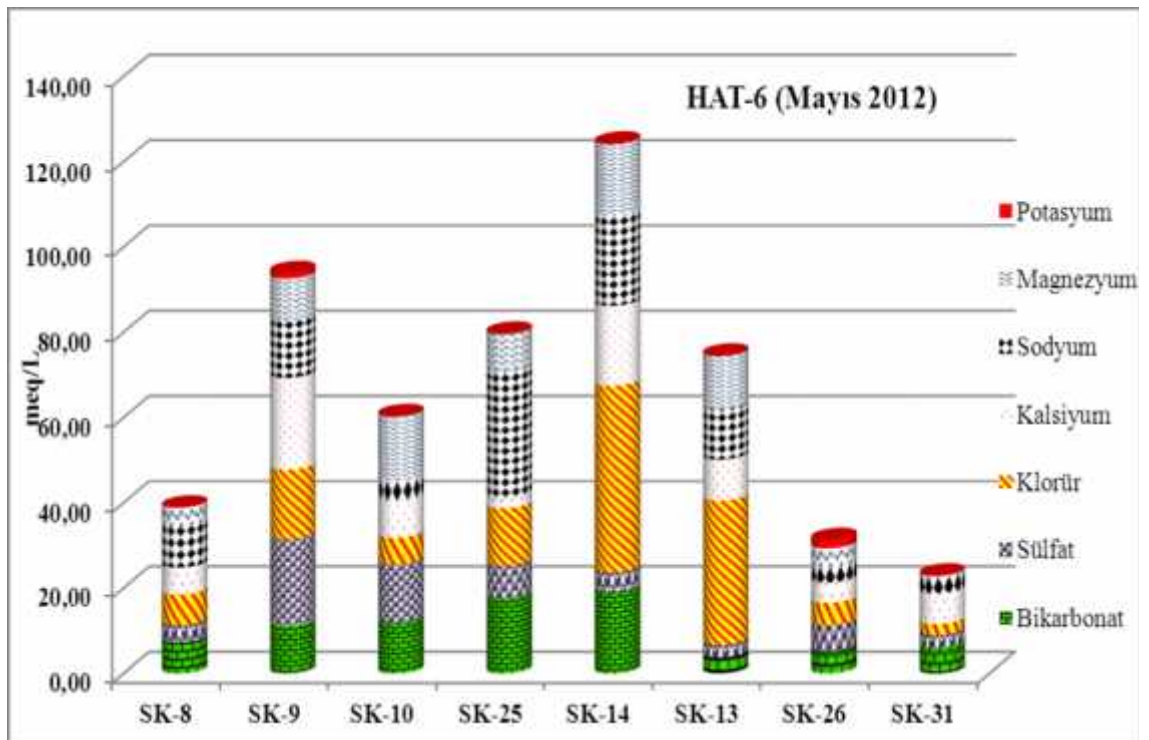
Hidrokimyasal açıdan sular NaCl , NaHCO_3 , CaHCO_3 , CaSO_4 , MgCl , MgHCO_3 ve MgSO_4 su fasiyesi özelliğindedir. Tuz Gölü'ne yakın kuyulardan alınan su örneklerinin su kimyası fasiyesleri NaCl türünde gelişirken gölden uzaklaştıkça sırasıyla NaHCO_3 - CaHCO_3 şeklinde değişmiştir (Şekil 6.5., Şekil 6.6., Şekil 6.7.). NaCl ve CaHCO_3 tipli suların farklı oranlarda karışmaları sonucu bölgede farklı tipte birçok su fasiyesi açığa çıkmıştır. Karışım oranlarının iç ve dış süreçlerden etkilenme potansiyeline göre suların kimyasal özellikleri örnekleme dönemleri boyunca değişimlere uğramıştır. 4-5-6-7-11-20-25-27-37-38-39-42-44-45-48-49-50 numaralı örnekleme noktalarından alınan suların su kimyası fasiyesleri bütün örnekleme dönemleri boyunca aynı kalmıştır. Diğer örnekleme noktalarından alınan suların fasiyeslerinde ise genelde katyon sıralamasında değişimler görülür. Yağışlı dönemde Ca^{+2} , Mg^{+2} ve SO_4^{-2} iyonları daha fazla çözünmüş ve baskın konuma geçmişlerdir. Ca^{+2} ve HCO_3^- konsantrasyonlarının birbirlerine zıt eğilim göstermeleri CaHCO_3 mineralinin çökeline işaret etmektedir (Garrels ve Mackenzie, 1976; Hardie ve Eugster, 1970). En dikkat çekici değişim 35 ve 36 numaralı kuyularda gözlemlenmiştir. Bu kuyularda kurak dönemde NaHCO_3 tipli fasiyes baskınken yağışlı dönemde bu kuyularda ki su fasiyes tipi MgSO_4 şekline dönüşmüştür.



Şekil 6.5. İnceleme alanındaki 3.Hatta bulunan suların iyon dağılımı (Mayıs 2012)



Şekil 6.6. İnceleme alanındaki 4.Hatta bulunan suların iyon dağılımı (Mayıs 2012)



Şekil 6.7. İnceleme alanındaki 6.Hatta bulunan suların iyon dağılımı (Mayıs 2012)

İyon bolluk dizilimleri 2-3-4-6-7-13-16-24-26-27-30-39-42-43-44-45-49-50-51-55-57-61-62-63-70 numaralı örnekleme noktaları için $(Na^+ + K^+) > Mg^{+2} > Ca^{+2} / Cl^- > HCO_3^- > SO_4^{-2}$, 1-11-18-23-29-32-33-41-47-53 numaralı örnekleme noktaları için $Ca^{+2} > (Na^+ + K^+) > Mg^{+2} / HCO_3^- > Cl^- > SO_4^{-2}$, 9-22-31-40 numaralı örnekleme noktaları için $Mg^{+2} > Ca^{+2} > (Na^+ + K^+) / HCO_3^- > Cl^- > SO_4^{-2}$, 10-19 numaralı örnekleme noktaları için $Mg^{+2} > Ca^{+2} > (Na^+ + K^+) / SO_4^{-2} > HCO_3^- > Cl^-$ ve 21-17-46-59-67 numaralı örnekleme noktaları için $Mg^{+2} > (Na^+ + K^+) > Ca^{+2} / Cl^- > SO_4^{-2} > HCO_3^-$ şeklinde gelişmiştir (Çizelge 6.9.).

İyon bolluk dizilimleri çoğu örnekte örnekleme dönemleri boyunca aynı kalmakla birlikte bazı örneklerde iyon dizilimleri değişikliklere uğramıştır. Ancak genel olarak örnekleme dönemlerinde su tiplerinde bir değişiklik olmamıştır. 23-29-33-41 numaralı kuyularda yağışlı dönemde $CaHCO_3^-$ şeklinde gözlemlenen su tipi kurak dönemde $NaHCO_3^-$ su tipine, 35-36 numaralı kuyularda yağışlı dönemde $MgSO_4^{-2}$ şeklinde gözlemlenen su tipi kurak dönemde $NaHCO_3^-$ su tipine dönüşmüştür. 9-10-35-36 numaralı kuyularda yağışlı dönemde baskın anyon SO_4^{-2} iyonu iken kurak dönemde baskın anyon HCO_3^- iyonuna dönüşmüştür. 13-23-26-29-33-35-36-41 ve 49 numaralı kuyularda yağışlı dönemde baskın katyon Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları iken kurak dönemde baskın katyon Na^+ iyonu olmuştur. Sularda yağışlı dönemde Ca^{+2} , Mg^{+2} ve SO_4^{-2} iyonları kurak dönemde ise daha çok Na^+ ve HCO_3^- iyonları baskındır.

İyon diziliminde gözlemlenen değişimin nedeni mevsimsel gelişen yağışlar, yeraltı sularının dolaşım süresinin uzaması veya suların zengin sodyum içeren kayalarla teması sonucu iyon değişimidir. Hidrolik sistemdeki farklı akiferlerin sularının birbirleriyle olan etkileşimi de zamansal iyon değişimini açıklayan diğer bir faktör olabilir.

Alkali metaller grubundan olan sodyum iyonu yeraltı sularında yaygın olarak bulunur. Yeraltı sularının doğal sodyum içeriği 6 - 130 mg/L arasında değişmektedir. Evaporitler Magmatik kayalar, kil mineralleri, feldispatlar, Na^+ içeren başlıca kayaç ve minerallerdir (Şahinci, 1991).

Çizelge 6.9. Örneklemeye dönemlerine ait sularda bulunan iyonların dizilimleri ve su tipleri

İyon dizilimi (meq/L)		Su tipi	Eylül 2011		Mayıs 2012	Eylül 2012
(Na ⁺ +K ⁺)>Ca ⁺² >Mg ⁺²	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻²	Na-Cl-HCO ₃	8		14-34	3-8-15-24-43-69
(Na ⁺ +K ⁺)>Ca ⁺² >Mg ⁺²	HCO ₃ ⁻ >Cl ⁻ >SO ₄ ⁻²	Na-Ca-HCO ₃	SS3		8-SS3	11-32-SS1
(Na ⁺ +K ⁺)>Ca ⁺² >Mg ⁺²	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻	Na-Cl- SO ₄			15-37	
(Na ⁺ +K ⁺)>Ca ⁺² >Mg ⁺²	HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻² >Cl ⁻	Na-Ca-HCO ₃	41-SS1		12	
(Na ⁺ +K ⁺)>Mg ⁺² >Ca ⁺²	HCO ₃ ⁻ >Cl ⁻ >SO ₄ ⁻²	Na-Mg-HCO ₃	29-56		25	2-23-25-29-SS3
(Na ⁺ +K ⁺)>Mg ⁺² >Ca ⁺²	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻²	Na-Mg-Cl	4-6-7-42-55-57-61-62-63		2-3-4-6-7-16-24-27-39 42-43-44-45-50-51	4-6-13-26-27-30-39-42 44-45-49-50-70
(Na ⁺ +K ⁺)>Mg ⁺² >Ca ⁺²	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻	Na-Mg-Cl	5-30-37-38-49-52-58-60-68	5-28-30-38-48- TG1-TG2-TG3		5-37-38-48-51-TG1-TG2
(Na ⁺ +K ⁺)>Mg ⁺² >Ca ⁺²	HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻² >Cl ⁻	Na-Mg-HCO ₃	12-23-33-35-36-64-65			12-33-35-36-52
Ca ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)>Mg ⁺²	SO ₄ ⁻² >Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻	Ca-SO ₄	20-54		9-20	19-20
Ca ⁺² >Mg ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)	SO ₄ ⁻² >Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻	Ca-SO ₄			26	
Ca ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)>Mg ⁺²	HCO ₃ ⁻ >Cl ⁻ >SO ₄ ⁻²	Ca-HCO ₃	11-53		11-18-32-33-47	47
Ca ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)>Mg ⁺²	HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻² >Cl ⁻	Ca-HCO ₃			31-41-SS2	
Ca ⁺² >Mg ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)	HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻² >Cl ⁻	Ca-HCO ₃	32		23-29-SS1	
Ca ⁺² >Mg ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)	HCO ₃ ⁻ >Cl ⁻ >SO ₄ ⁻²	Ca-HCO ₃			1	
Mg ⁺² >Ca ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)	HCO ₃ ⁻ >Cl ⁻ >SO ₄ ⁻²	Ca-HCO ₃	9-31-40-SS2		22-40	9-SS2
Mg ⁺² >Ca ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻²	Mg-Cl	66			
Mg ⁺² >Ca ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)	SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻ >Cl ⁻	Mg-Ca-SO ₄			10	
Mg ⁺² >Ca ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)	SO ₄ ⁻² > Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻	Mg-Ca-SO ₄			19	
Mg ⁺² >Ca ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)	Cl ⁻ >SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻	Mg-Cl			21	21
Mg ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)>Ca ⁺²	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻²	Mg-Na-Cl			13-17-46	46
Mg ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)>Ca ⁺²	Cl ⁻ > SO ₄ ⁻² >HCO ₃ ⁻	Mg-Cl	21-59		49	
Mg ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)>Ca ⁺²	HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ⁻² >Cl ⁻	Mg-HCO ₃	10-22-67			10-22-31-40
Mg ⁺² >(Na ⁺ +K ⁺)>Ca ⁺²	SO ₄ ⁻² > Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻	Mg-SO ₄			35-36	

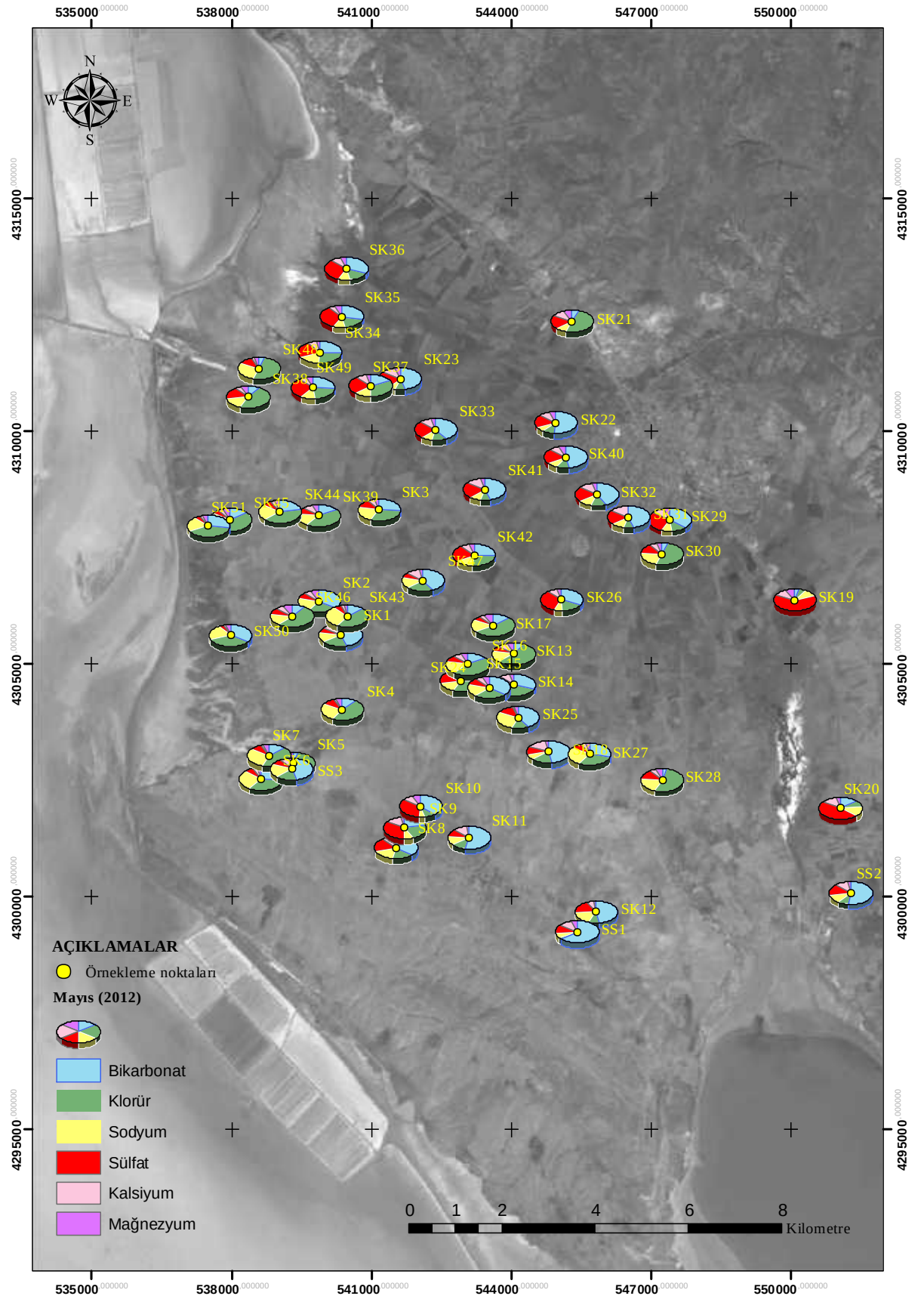
İnceleme alanındaki yeraltı sularının Na^+ iyonu değerleri 64 - 2904 mg/L arasında değişim göstermiştir (Şekil 6.8., Şekil 6.9.). Yeraltı sularının Na^+ iyonu değerlerinin fazla olmasının nedeni, inceleme alanında yer alan evaporitik kayaçların çözünürlüğünün artması veya yeraltı sularının hidrolik akım yolu çevresinde bulunan granit, tüf, kil ve kumtaşlarıyla temas sırasında Na^+ ile Ca^{+2} arasında gerçekleşen iyon değişimi olabilir (Afşin vd. 2007).

Yeraltı sularında Cl^- iyonu derişiminin zamana bağılı değişiminden yeraltı suyunun beslenme alanına olan uzaklığı hakkında bilgi edinmek mümkündür (Doğan, 1981). Su yeraltındaki dolaşımı sırasında Cl^- iyonunu çökeltemediği için beslenme alanından uzaklaştıkça dolaşım süresinin artmasıyla doğru orantılı olarak Cl^- değerleri artış gösterebilir (Doğan, 1981).

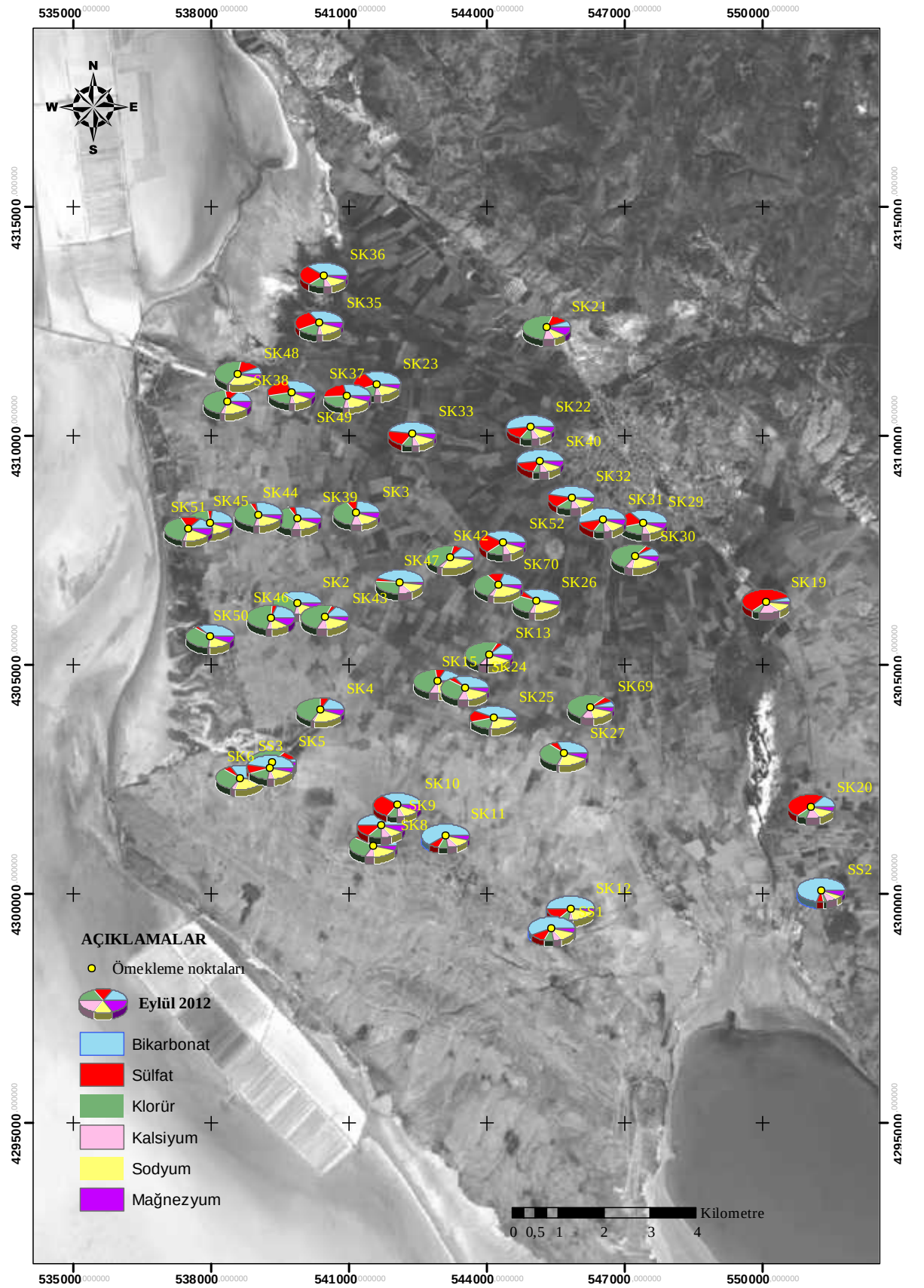
İnceleme alanındaki yeraltı sularının Cl^- iyonu değerleri 69 - 6032 mg/L arasında değişim göstermiştir. 4-6-7-9-11-30-33-35-36-37-40-41-51-52 numaralı kuyularda Cl^- iyonu değeri Eylül 2012 örnekleme döneminde daha önceki örnekleme dönemlerinden daha düşük değerler almıştır. Yeraltı suyunun zamansal iyon diziliminde saptanan bu farklılık mevsimsel yağışların neden olduğu daha genç bir suyun akifere karışmasına bağılı seyrelme ile açıklanabilir. Yeraltı sularında Cl^- iyonu evaporitik kayaçların özellikle halitin çözünmesine bağılı olarak artış gösterebilir. İnceleme alanında bulunan ince taneli kırıntılı sedimanter kayaçların alterasyonu sonucunda da Cl^- iyonu derişimi artabilir.

İnceleme alanındaki yeraltı sularının SO_4^{-2} iyon derişimleri 48 - 1842 mg/L aralığında değişmiştir. SO_4^{-2} iyonu genelde anyon diziliminde üçüncü sırada yer almasına karşılık 10-15-19-20-26-35-36-37 numaralı kuyularda bazı örnekleme dönemlerinde hakim anyon konumundadır. SO_4^{-2} iyonu değerleri en düşük SK-11'de gözlemlenirken, SK-19'un SO_4^{-2} iyonu değerleri ise en yüksektir.

Yeraltı sularının SO_4^{-2} içeriği havzanın doğusunda yer alan Yassıpur formasyonunun üst seviyelerinde gözlenen beyaz - gri renkli jipsli ve anhidritli seviyeler ile uzun süreli gerçekleşen su - kayaç etkileşimine bağlanabilir.



Şekil 6.8. İnceleme alanında kuyularda belirlenen iyon bolluk oranları (Mayıs 2012)



Şekil 6.9. İnceleme alanında kuyularda belirlenen iyon bolluk oranları (Eylül 2012)

Yeraltı sularının SO_4^{-2} içeriği inceleme alanı ve çevresinde yer alan kömürlü seviyelerin sedimanter ortam içerisinde oksijenin etkisiyle bozunumu sonrası açığa çıkan SO_2 gazının kimyasal yolla oksitleşmesi sonucu da oluşmuş olabilir. Evaporitik kayaların bölgede geniş alanlar kaplamasına rağmen kimyasal analiz sonuçlarında SO_4^{-2} iyon derişimlerinin diğer iyonlardan daha düşük olmasının nedeni, söz konusu sulardaki sülfat indirgenmesi olabilir.

İnceleme alanındaki HCO_3^- iyonu derişimleri 129 - 3367 mg/L aralığındadır. HCO_3^- iyonu değerleri topoğrafik olarak yüksek kotlu su kuyularından alınan örneklerde daha yüksek değerdedir. Yeraltı sularının dolaşım sistemi içerisindeki hareketine bağlı olarak HCO_3^- iyonlarının kökeni olarak Bozçaldağ metamorfiteğine ait mermerlerle ve Çaldağ formasyonuna ait beyaz - sarımsı renkli masif görünümlü kireçtaşları ile olan su - kayaç etkileşimi gösterilebilir.

Ca^{+2} doğal sularda en bol bulunan katyonlardan biridir. İnceleme alanındaki yeraltı sularının içerdikleri Ca^{+2} iyon derişimi 42 - 630 mg/L arasında değişir. Yeraltı sularında gözlenen Ca^{+2} iyon derişimi bu suların Bozçaldağ metamorfiteğine ve Çaldağ formasyonuna ait karbonatlı kayalarla ayrıca Yassıpur formasyonuna ait jips ve anhidritlerle olan temasından ileri gelmektedir. Ca^{+2} iyonu değerlerinin düşük olmasının nedeni, bu sularda gelişen ortak iyon etkisine bağlanabilir.

İncelenen suların Mg^{+2} iyonu derişimleri 3 - 865 mg/L aralığında değişim gösterir. 10-21-22-46-59-66 numaralı kuyularda Mg^{+2} iyonu hakim katyon durumundadır. Yeraltı sularında bulunan Mg^{+2} iyonu, inceleme alanı ve çevresinde bulunan tuz çökellerinden, evaporitik birimlerden, metamorfik kayalara ait dolomit ve serpantinli seviyelerinden, veya temelde bulunan magmatik kaya minerallerinden (olivin, biyotit vb.) çözünmüş olabilir.

K^+ , feldispat, mika, feldispatoid ve kil minerallerinde bulunur. Bu minerallerin bozunuma uğraması sonucu potasyum açığa çıkar. Sodyumlu feldispatlara oranla, potasyumlu feldispatların suyun çözücü etkisine karşı direnci daha yüksek olduğundan sulardaki K^+ miktarı Na^+ 'a göre oldukça azdır (Doğan, 1981). İnceleme alanında yer alan suların K^+ değerleri 1.1 - 152 mg/L aralığında değişir.

6.2. Suların Kimyasal Özelliklerine Göre Sınıflandırılması

Sularda bulunan anyon ve katyonların çeşitliliği ve parametrelerin dönemsel olarak izlenme gereksinimi suların kimyasal analiz sonuçlarının yorumlanmasını çok fazla zaman alması açısından güçleştirmektedir. Kimyasal analiz sonuçlarının daha kolay değerlendirilebilmesi amacı ile birçok araştırmacı üçgen ve paralel grafikler kullanarak suların kimyasal özelliklerini gösterebilecekleri çok sayıda sınıflama sistemi geliştirmişlerdir.

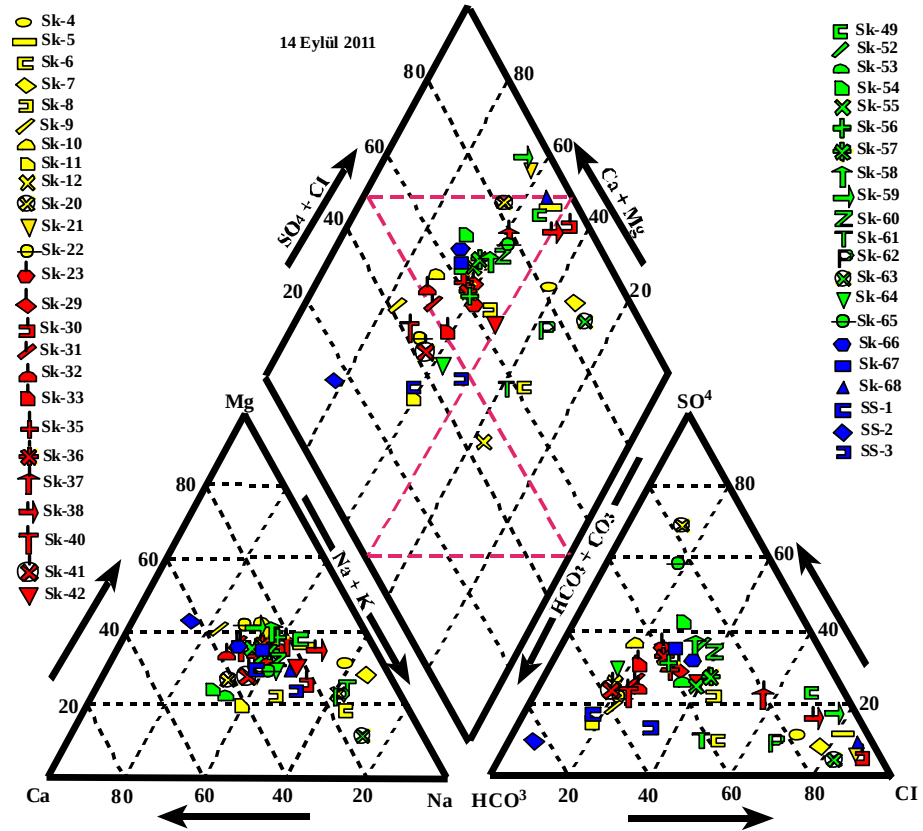
İnceleme kapsamındaki suların litolojik ilişkileri ve dolaşım sistemi boyunca meydana gelen hidrojeokimyasal değişimleri birden çok analizin aynı grafik üzerinde gösterilmesini sağlayan üçgen diyagram (Piper), yarı logaritmik (Schoeller) diyagram gibi grafikler aracılığı ile incelenmiştir.

Piper diyagramı, iki üçgen ve bir merkezi eşkenar dörtgenden oluşan şekilden meydana gelmiştir. Üçgenlerden birisi anyonları diğeri ise katyonları gösterir. Piper diyagramının en önemli avantajı; Piper diyagramı ile akiferlere farklı fasiyeste suların karışımı belirlenebilmektedir.

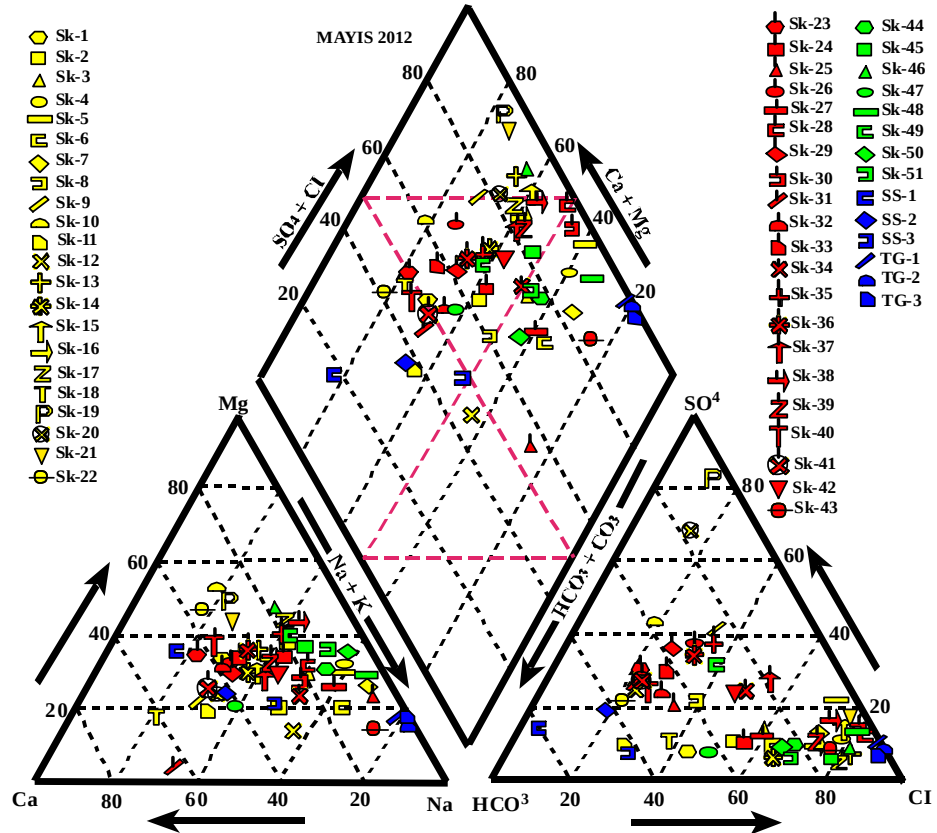
Eylül 2012 örnekleme dönemine ait suların kimyasal analiz sonuçları piper diyagramı üzerine yerleştirildiğinde 19-20-21 ve 69 numaralı suların diyagramın 8. Bölgesinde yer aldığı görülmektedir. Bu tür sular karbonat alkaliliği karbonat olmayan alkalilikten yüksek Cl iyon derişimi fazla CaSO_4 su fasiyesi özelliğine sahiptir (Şekil 6.10.).

9-11-22-31-32-33-40-47-SS1-SS2-SS3 numaralı sular ise diyagramın 5. Bölgesinde yer alırlar. Bu sular karbonat alkalinitesi karbonat olmayan alkaliniteden fazla karbonat sertliği yüksek CaHCO_3 tipli sulardır. Bu suların Ca-HCO_3 fasiyesi göstermeleri suların karbonat kökenli bir akiferden beslendiklerini göstermektedir.

Eylül 2012 örnekleme dönemine ait piper diyagramında 12 numaralı örnek 6. Bölgede yer alır. 6. Bölge karbonat olmayan sertliğin karbonat sertliğinden fazla olduğu genelde MgSO_4 tipli suların bulunduğu bölgedir.

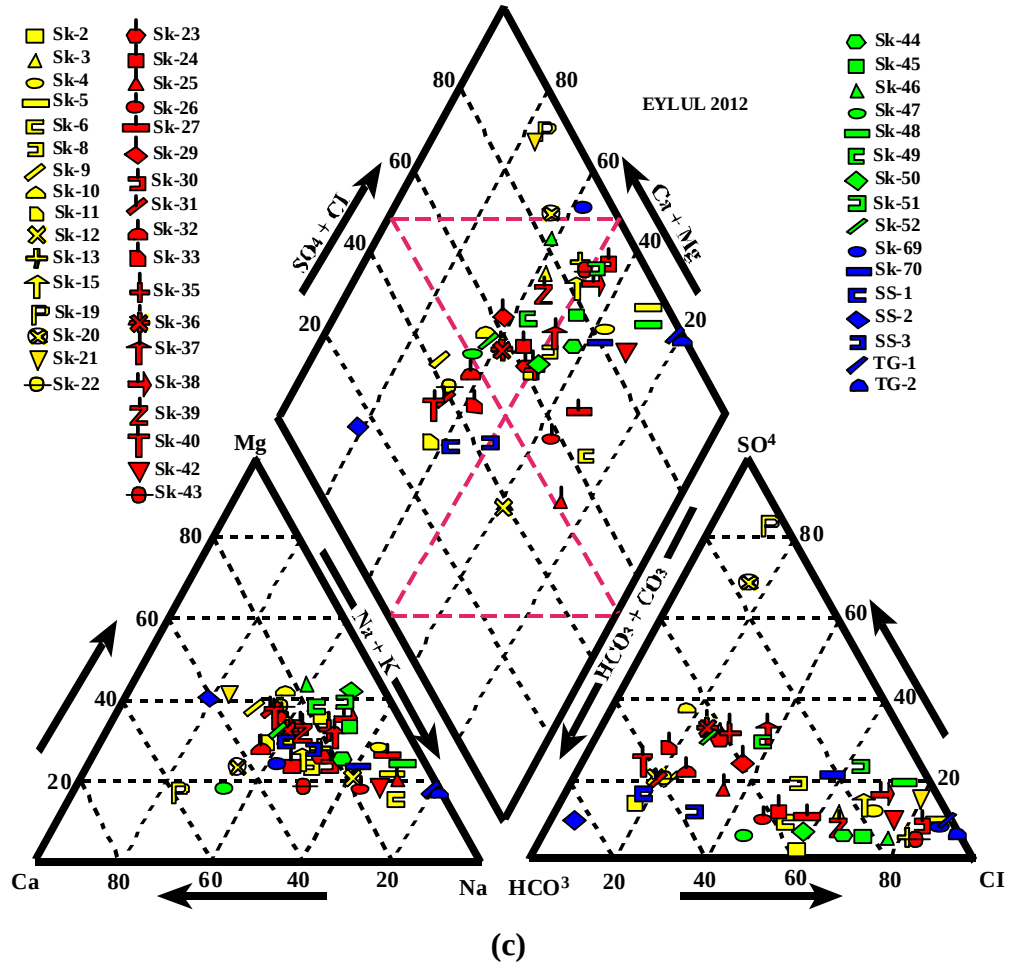


(a)



(b)

Şekil 6.10. İnceleme alanındaki suların Piper diyagramı (a; Eylül 2011, b; Mayıs 2012, c; Eylül 2012 örnekleme dönemleri)

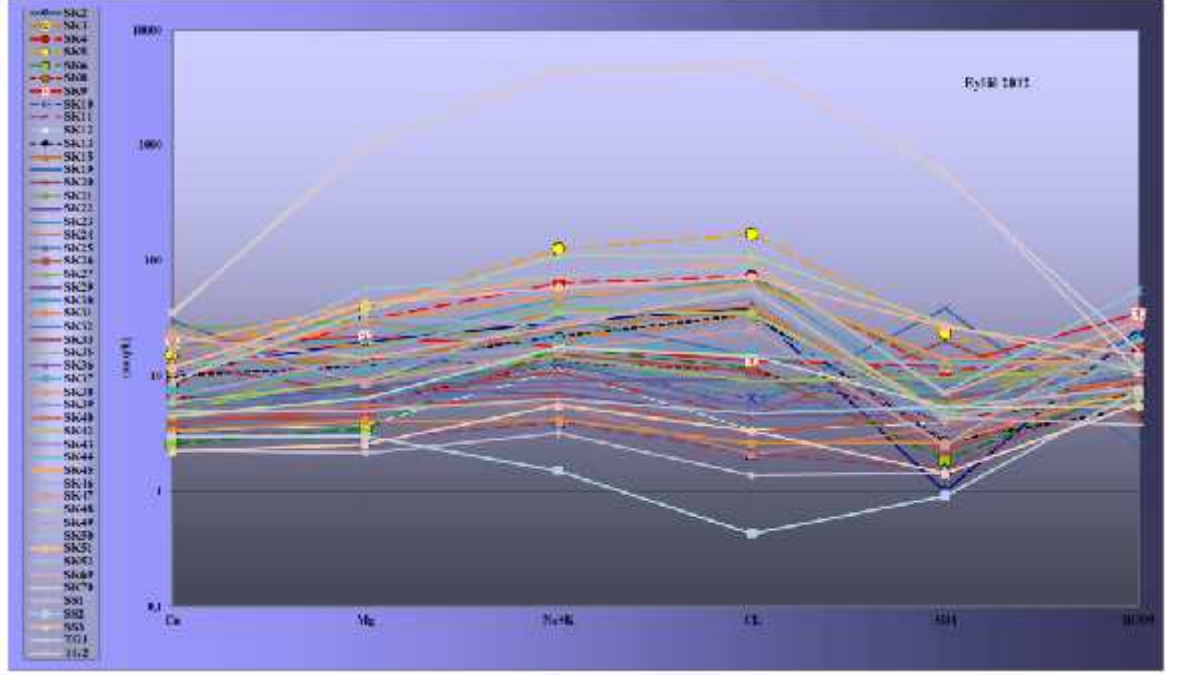


Şekil 6.10. İnceleme alanındaki suların Piper diyagramı (devam ediyor)

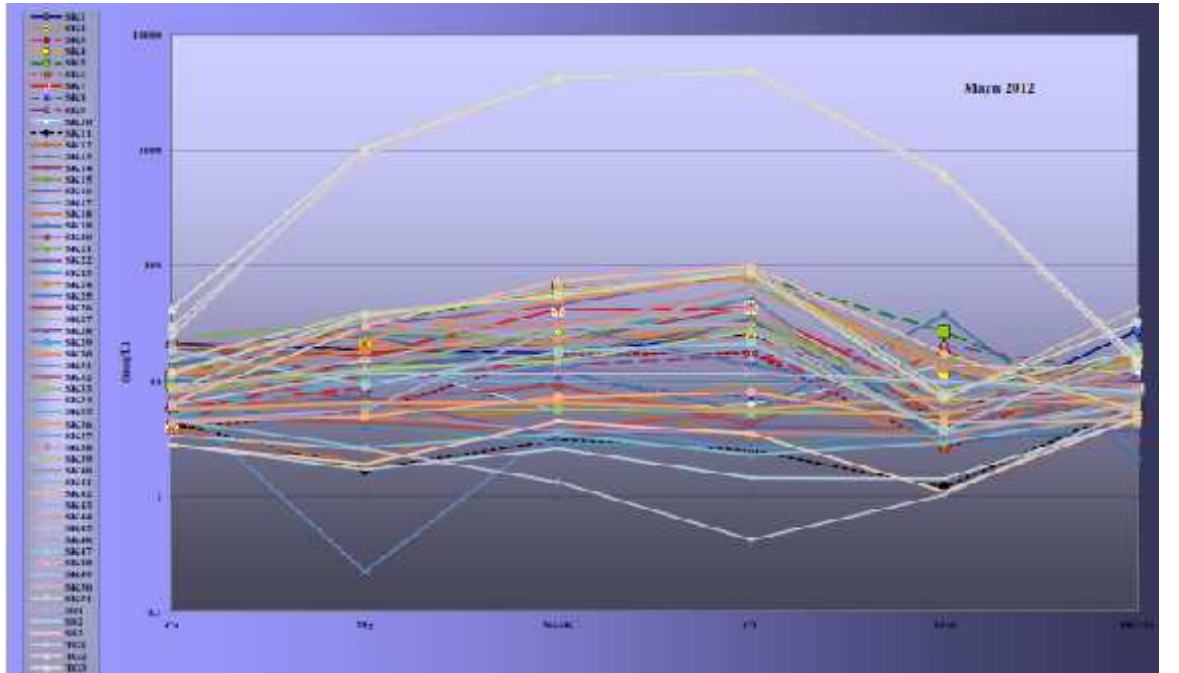
2-4-5-6-8-15-23-24-25-26-27-30-37-38-42-43-44-45-48-50-51 ve 70 numaralı sular ise diyagramda 7. Bölgede yer alırlar. Bu tür sular karbonat olmayan alkalinitesi % 50'den fazla olan NaCl ve NaSO₄ tipli sulardır. Bu tip sular bölgede yer alan tuz çökellerinden ve evaporitik kayalardan su kayaç etkileşimi sonucu yüksek miktarlarda Na⁺ ve Cl⁻ çözerek zenginleşmiş tuz içeriği yüksek sulardır. Diyagram üzerinde kalan diğer sular ise hiçbir iyonu % 50'yi geçmeyen karışım sularını niteleyen 9. Bölgede bulunurlar. Bu sular sodyum, kalsiyum, bikarbonatlı, klorürlü karışım sularıdır. Farklı tipte su fasiyeslerinin birbirleriyle karışması sonucu meydana gelen karışım suları, yağışların azalması, su - kayaç temas süresinin uzaması, iyon değişimi gibi etkenlerden dolayı diğer örnekleme dönemlerinde diyagramın farklı bölgelerinde yer alabilir.

Piper diyagramı üzerinde suların aynı bölgede kümeleşmeleri suların aynı kökenli bir akiferden beslendiklerine işaret edebilir. Yeraltı sularının yüksek Na⁺ ve Cl⁻ içermeleri ve toplam mineralizasyon değerlerinin fazla olması bu kaynakların derin ve uzun süreli dolaşım sistemine sahip olduklarının bir göstergesi olabilir.

İncelenen sulara ait yarı logaritmik Schoeller diyagramında (6-10-11-22-23-29-31-32-33-35-36-37-40-49-52), (2-13-15-21-46-47-69), (3-4-5-25-26-27-30-38-42-43-44-45-48-50-51) ve (19-20) numaralı suların benzer iyon dizilimlerine sahip olmaları ve genelde paralel bir dizilim göstermeleri, bu suların aynı havzadan beslenen aynı veya benzer kökenli yeraltı suları olabileceğini gösterir (Şekil 6.11. ve Şekil 6.12.).



(a)

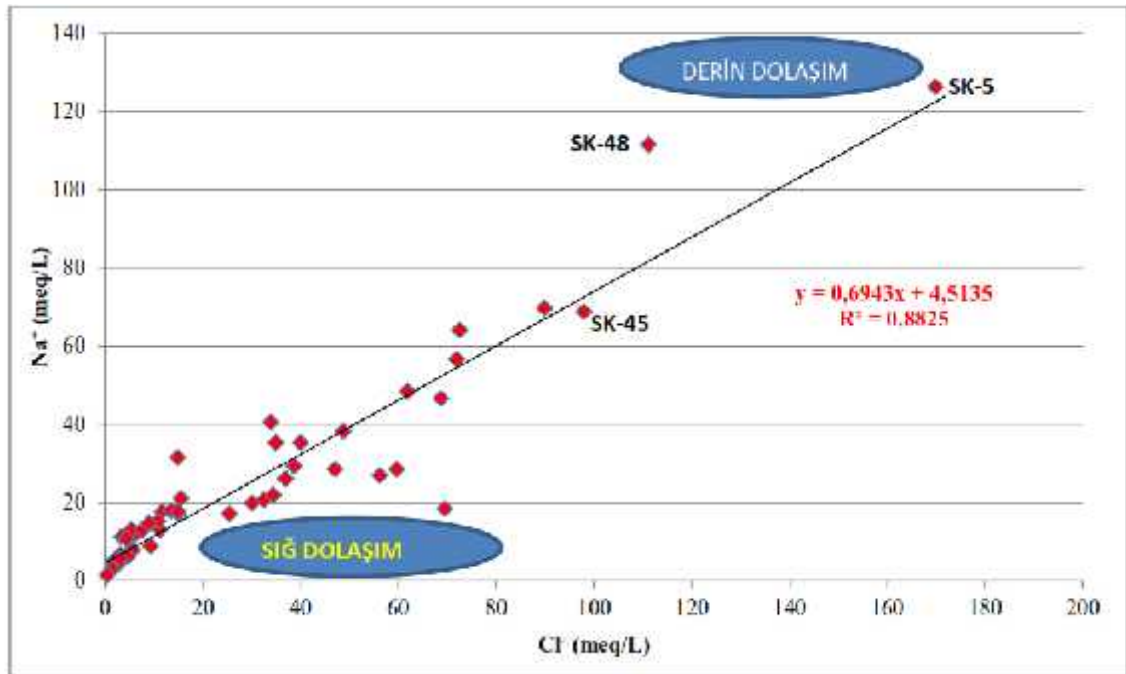


(b)

Şekil 6.11. Yeraltı sularının yarı logaritmik Schoeller diyagramları (a; Eylül 2012 b; Mayıs 2012 örnekleme dönemleri)

Mayıs 2012 ve Eylül 2012 örnekleme dönemlerine ait Schoeller diyagramlarında 4-5-38-43-44-45-48-50-51 ve 69 numaralı suların grafiğin üst kısmında yer alması bu suların diğer sulara oranla daha uzun dolaşım sistemine dolayısıyla daha uzun süreli su kayaç etkileşimine sahip olduklarını gösterir. SS1-SS2 ve SS3' ün yarı logaritmik diyagramın alt kısmında yer alması bu suların yeraltı sularına oranla daha genç, beslenme alanına daha yakın ve sık dolaşıma sahip olduğunu ifade eder. 2 ve 47 numaralı suların SO_4^{-2} iyon değerlerinin diğer iyonlardan düşük olması bu suların sülfat indirgenmesine uğramış olmalarından kaynaklanabilir. 12-19-20-21-25-40-46-69-SS2 ve SS3 numaralı suların Na^+ ve Cl^- iyonları arasındaki farkın fazla olmasının nedeni bu sularda yeraltı dolaşım süreleri boyunca kilerle uzun süre temas etmelerine bağlı baz değişimi olabilir. Na^+ ve Cl^- değerleri dolaşım süresi ile orantılı olarak artmıştır.

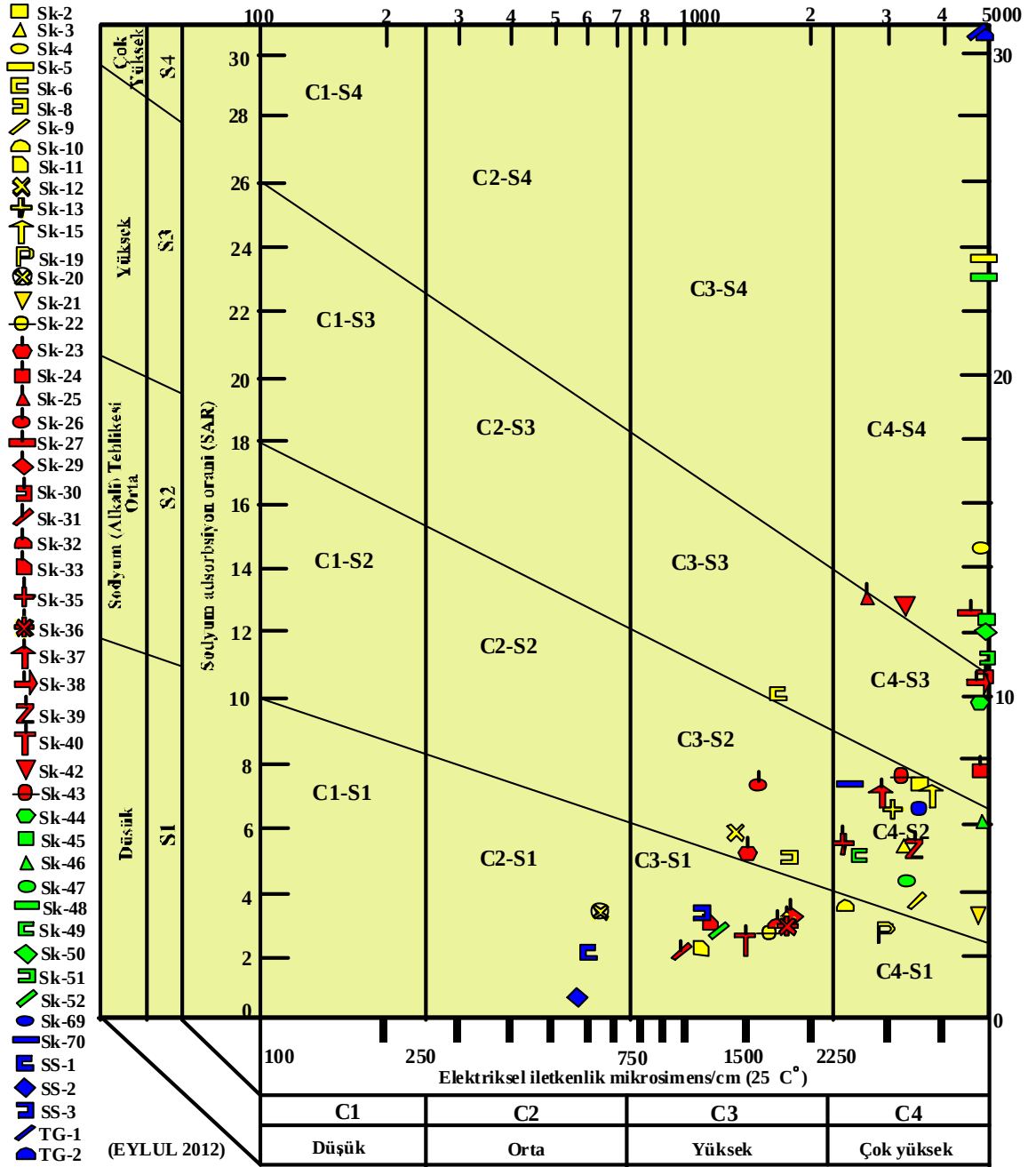
İnceleme alanındaki suların $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ grafiği çizildiğinde suların bir doğru üzerinde sıralandığı görülür (Şekil 6.12.). Bu doğru, orijini sıfır "0" noktasında kesmektedir. Bu durum karışımı sağlayan uç bileşenlerden tatlı olanının Na^+ içeriğinin ihmal edilecek derecede az olduğunu göstermektedir (Kurttaş, 2002). Sodyum ve klorür iyonları arasında regresyon katsayısı 0,88'dir. Tuz Gölü'ne yakın konumda bulunan kuyuların sodyum ve klorür değerleri daha yüksektir.



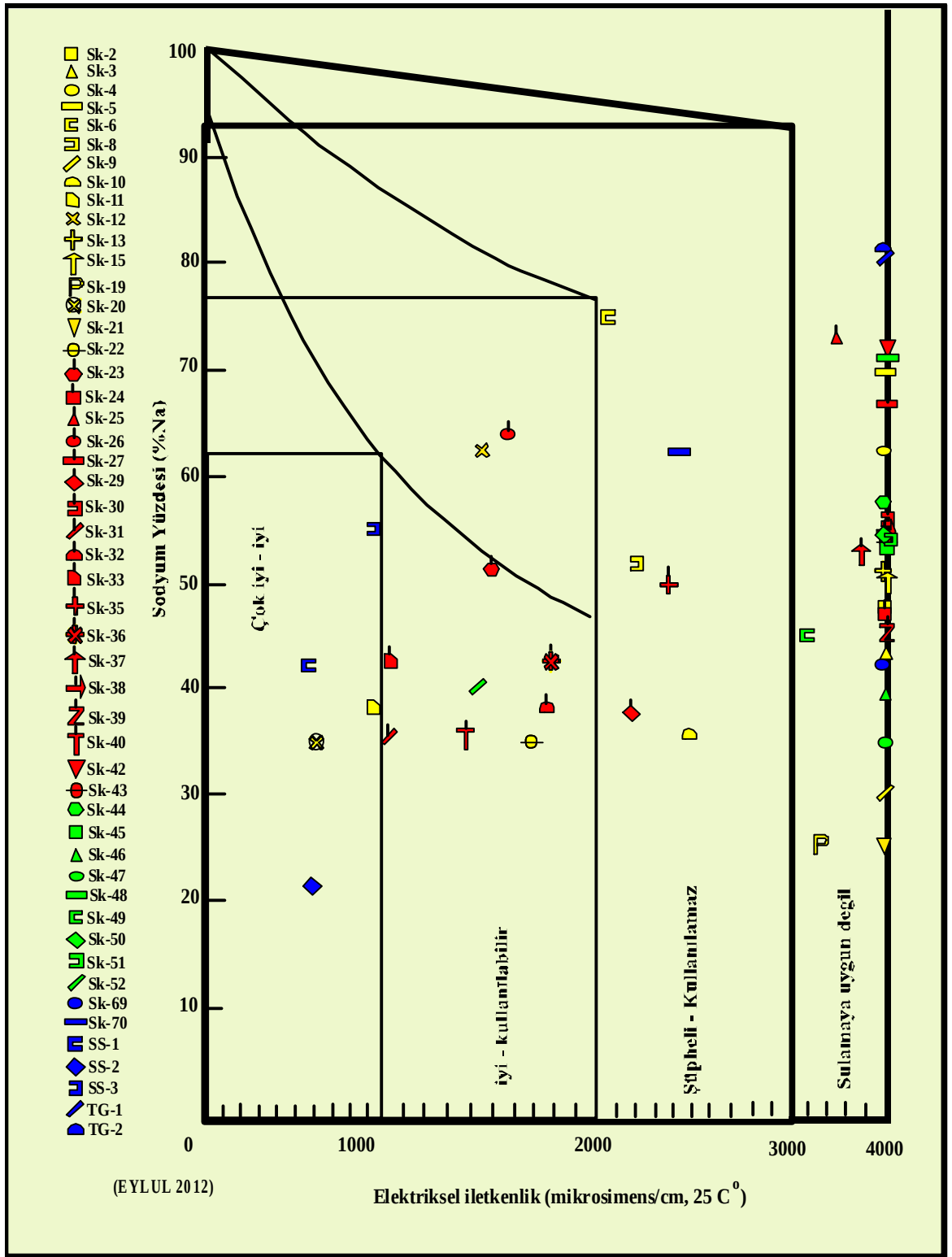
Şekil 6.12. İnceleme alanındaki suların $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ grafiği (Eylül 2012)

6.3. Suların Sulamada Kullanım Özelliklerine Göre Sınıflandırılması

Örnekleme çalışmaları yapılan su kuyularının büyük çoğunluğu bölgede tarımsal amaçlı sulama suyu ihtiyacının karşılanması için kullanılmaktadır. Tarım inceleme alanı ve çevresinde yaşayan insanlar için en önemli ekonomik parametredir. Söz konusu suların sulama amaçlı kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde ABD Tuzluluk Laboratuvarı ve Wilcox diyagramları kullanılmıştır (Şekil 6.13., Şekil 6.14.).



Şekil 6.13. İnceleme alanındaki suların ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı (Eylül 2012)



Şekil 6.14. İnceleme alanındaki suların Wilcox diyagramı (Eylül 2012)

İnceleme kapsamında bulunan suların ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramına göre sınıf türleri Çizelge 6.10.' da verilmiştir.

Çizelge 6.10. İnceleme alanındaki suların ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramına göre sınıflaması

Sınıf	Örnek no	Açıklama
C ₄ S ₄	4-5-27-42-45-48-50-51	Çok fazla tuzlu çok fazla sodyumlu su
C ₄ S ₃	24-25-30-38-44	Çok fazla tuzlu fazla sodyumlu su
C ₄ S ₂	2-3-9-13-15-21-35-37-39-43-46-47-49-69-70	Çok fazla tuzlu orta derecede sodyumlu su
C ₄ S ₁	10-19	Çok fazla tuzlu az sodyumlu su
C ₃ S ₃	6	Fazla tuzlu fazla sodyumlu su
C ₃ S ₂	8-12-23-26	Fazla tuzlu orta derecede sodyumlu su
C ₃ S ₁	SS3-11-22-29-31-32-33-36-40-52	Fazla tuzlu az sodyumlu su
C ₂ S ₁	SS1-SS2-20	Orta tuzlu az sodyumlu su

Suların sodyum yüzdesi ve elektriksel iletkenlik değerlerine göre sulama sularının sınıflandırılmasını sağlayan diğer bir diyagram Wilcox diyagramıdır. Wilcox diyagramı suyun 25 °C'deki elektriksel iletkenliğine ve sodyum yüzdesi değerine göre düzenlenmiştir. Diyagramda sular çok iyi - iyi, iyi - kullanılabilir, şüpheli - kullanılabilir, şüpheli - kullanılamaz, sulamaya uygun değil şeklinde sınıflandırılabilir.

İnceleme kapsamında bulunan suların Wilcox diyagramı kullanılarak sulama suyu değerlendirmesi Çizelge 6.11.' de verilmiştir.

Çizelge 6.11. İnceleme alanındaki suların Wilcox diyagramına göre sınıflaması

Örnek no	Açıklama
2-3-4-5-9-13-15-19-21-24-25-27-30-37-38	Sulamaya uygun değil
39-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-69	
6-8-10-29-35-70	Şüpheli kullanılamaz
12-26	Şüpheli kullanılabilir
22-23-31-32-33-36-40-52	İyi kullanılabilir
SS1-SS2- SS3-11-20	Çok iyi - iyi

Wilcox diyagramına göre inceleme alanında bulunan suların büyük çoğunluğu yüksek tuzluluk ve sodyum içeriğinden dolayı sulama için uygun değildir.

6.4. Doygunluk İndisleri

Yeraltı dolaşım sistemi kapsamında, temasta bulundukları kayaçlarla girdikleri kimyasal tepkimeleri yorumlayabilmek amacı ile yeraltı sularının çeşitli minerallere doymunluk durumlarının belirlenmesi gerekmektedir.

İnceleme kapsamındaki suların doymunluk indisi hesaplamaları için PhreeqC (Parkhurst ve Appelo 1999) bilgisayar programı kullanılmıştır (Çizelge 6.12. ve Çizelge 6.13.). Suların anhidrit, aragonit, kalsit, dolomit, halit ve jips gibi çökelme ortamlarında bulunabilecek başlıca minerallerin doymunluk oranları grafiksel olarak değerlendirilmiştir.

Söz konusu sular 4 ve 5 numaralı suların haricinde bütün örnekleme dönemleri boyunca jips, halit ve anhidrite doymun olmayıp, bunları çözebilme özelliklerine sahiptir. 4 ve 5 numaralı sular Eylül 2012 örnekleme döneminde sadece halite doymun olmayıp, haliti çözebilme jips, anhidrit, kalsit, dolomit ve aragonite doymun olup, bunları çökeltebilme özelliğine sahiptir.

Mayıs 2012 örnekleme döneminde 3-4-11-15-16-17-30-32-42-43-45-47 ve 50 numaralı sular aragonite doymun olmayıp, bu minerali çözme özelliğine sahiptir. Aynı örnekleme döneminde 3-11-15-17-50 numaralı sular kalsite doymun olmayıp, kalsiti çözebilme diğer sular ise doymun olup çökeltebilme özelliğine sahiptir. 11-15-17-18-31-47 numaralı sular dolomite doymun olmayıp bu minerali çözebilme, diğer sular ise doymun olup çökeltebilme özelliğine sahiptir.

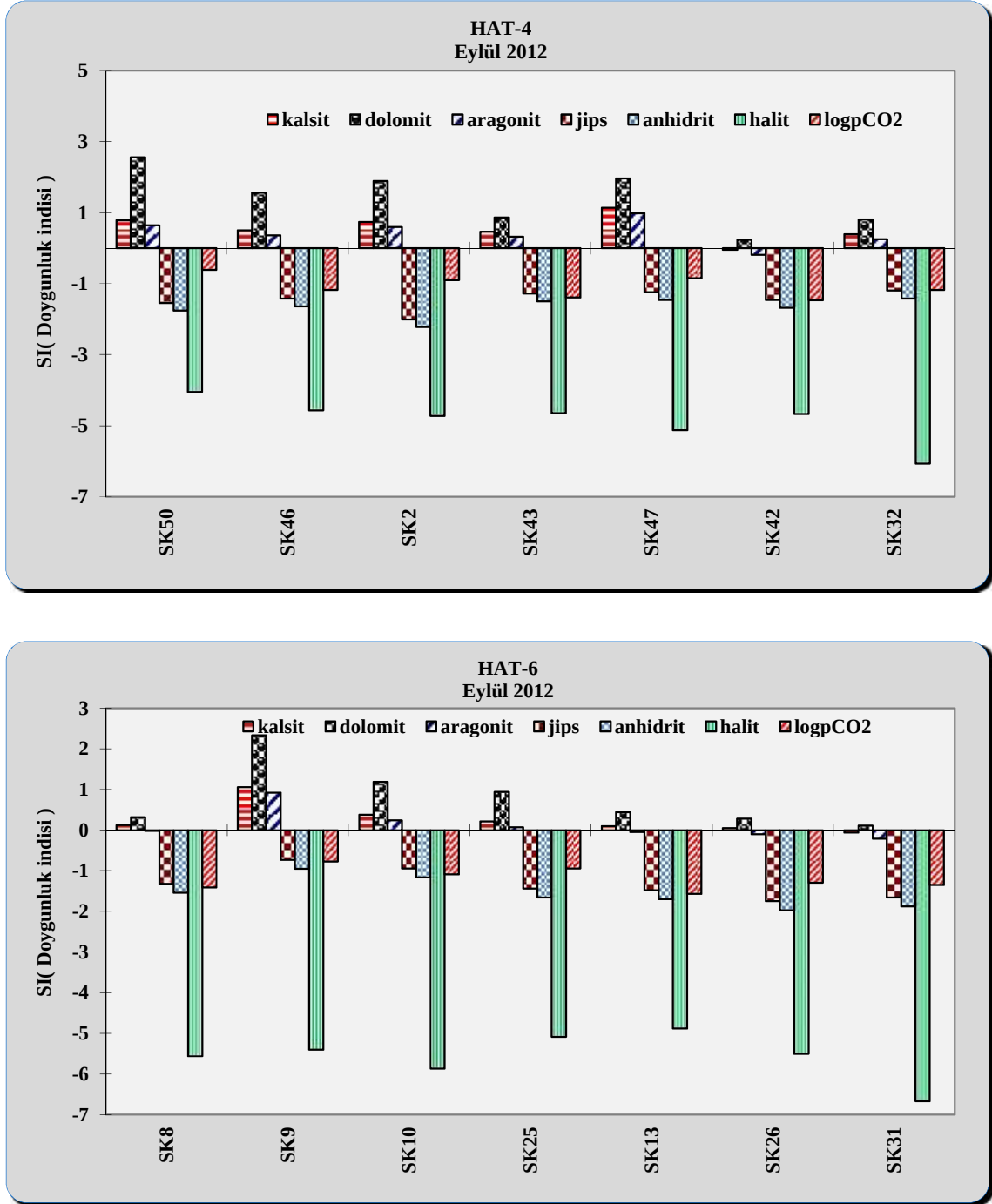
Çizelge 6.12. Mayıs 2012 örnekleme dönemine ait doygunluk indisi sonuçları

Örnek No	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	CO ₂	Dolomit	Jips	Halit	Örnek No	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	CO ₂	Dolomit	Jips	Halit
SK1	-1,28	0,07	0,22	-0,23	0,38	-1,04	-5,12	SK30	-0,96	-0,02	0,13	-1,66	0,39	-0,72	-4,2
SK2	-1,54	0,27	0,42	-1,13	1,17	-1,29	-4,98	SK31	-1,51	0,41	0,56	-2	-0,37	-1,26	-6,68
SK3	-1,66	-0,17	-0,02	-1,41	0,19	-1,42	-5,28	SK32	-1,43	-0,02	0,13	-1,36	0,17	-1,19	-6,13
SK4	-1,37	-0,1	0,15	-1,26	0,86	-1,12	-4,12	SK33	-1,45	0,45	0,6	-2,02	1,2	-1,21	-6,23
SK5	-0,96	0,23	0,38	-2,28	1,23	-0,71	-4,09	SK34	-1,42	0,35	0,5	-2,1	0,96	-1,17	-5,55
SK6	-1,95	0,18	0,33	-1,99	0,85	-1,7	-5,24	SK35	-1,34	0,06	0,2	-1,71	0,79	-1,11	-5,76
SK7	-1,75	0,27	0,42	-2,13	1,46	-1,5	-4,51	SK36	-1,35	0,97	1,12	-2,85	2,3	-1,1	-6,24
SK8	-1,53	0,21	0,36	-1,8	0,56	-1,28	-5,84	SK37	-1,1	0,03	0,18	-1,46	0,35	-0,86	-5,31
SK9	-0,6	-	0,15	-0,89	-	-0,36	-5,42	SK38	-1,16	0,03	0,17	-1,41	0,83	-0,93	-4,52
SK10	-1,08	0,09	0,24	-1,24	0,77	-0,84	-6,21	SK39	-1,6	0,07	0,22	-1,65	0,66	-1,36	-5,14
SK11	-2,05	-0,24	-0,09	-1,48	-0,55	-1,81	-6,8	SK40	-1,69	0,29	0,44	-1,93	0,97	-1,45	-6,58
SK12	-1,69	0,22	0,37	-1,9	0,46	-1,45	-6,31	SK41	-1,69	0,16	0,31	-2,07	0,41	-1,45	-6,79
SK13	-1,64	0,09	0,24	-2,17	0,63	-1,4	-5,13	SK42	-1,62	-0,01	0,14	-2,16	0,34	-1,37	-5,93
SK14	-1,34	0,13	0,28	-0,56	0,58	-1,1	-4,81	SK43	-1,83	-0,002	0,13	-1,94	0,4	-1,58	-4,78
SK15	-1,23	-0,16	-0,01	-1,71	-0,01	-0,99	-5,01	SK44	-1,58	0,08	0,23	-1,23	0,79	-1,34	-4,66
SK16	-1,55	-0,02	0,12	-1,49	0,42	-1,3	-5,01	SK45	-1,35	-0,09	0,06	-0,67	0,59	-1,11	-4,12
SK17	-1,75	-1,01	-0,86	-0,39	-1,27	-1,5	-4,71	SK46	-1,41	0,07	0,22	-1,39	0,9	-1,17	-4,63
SK18	-1,41	0,08	0,22	-0,78	-0,02	-1,17	-6,02	SK47	-1,34	-0,09	0,06	-0,29	-0,11	-1,1	-5,18
SK19	-	0,04	0,19	-2,47	0,66	-	-5,94	SK48	-1,35	0,08	0,23	-2,24	1,18	-1,11	-3,95
SK20	-0,77	0,53	0,67	-2,36	1,14	-0,53	-6,16	SK49	-1,29	0,04	0,19	-1,63	0,68	-1,04	-5,6
SK21	-0,83	0,02	0,17	-1,69	0,53	-0,59	-4,67	SK50	-1,68	-0,25	-0,1	-0,06	0,48	-1,43	-4,1
SK22	-1,59	0,24	0,39	-1,6	0,86	-1,34	-6,6	SK51	-1,51	0,48	0,63	-0,88	1,78	-1,26	-4,12
SK23	-1,59	0,24	0,39	-1,99	0,7	-1,34	-6,8	SS1	-2,2	0,2	0,35	-2,12	0,6	-1,95	-7,93
SK24	-1,4	0,1	0,25	-0,77	0,77	-1,16	-4,95	SS2	-2,11	0,1	0,25	-2,33	0,29	-1,87	-7,09
SK25	-1,88	0,62	0,77	-2,09	2,17	-1,63	-5,12	SS3	-2,25	0,06	0,21	-2,24	0,29	-2,01	-6,48
SK26	-1,44	0,18	0,33	-2,19	0,63	-1,19	-6,39	TG1	0,45	1,21	1,35	-1,94	4,69	0,43	0,25
SK27	-1,49	0,11	0,26	-1,17	0,74	-1,24	-4,79	TG2	0,46	1,03	1,18	-1,85	4,15	0,47	0,09
SK28	-1,03	0,07	0,22	-2,3	0,69	-0,79	-4,21	TG3	0,65	1,45	1,6	-2,08	4,91	0,65	0,14
SK29	-1,27	0,31	0,46	-1,83	0,88	-1,03	-6,19								

Çizelge 6.13. Eylül 2012 örnekleme dönemine ait doygunluk indisi sonuçları

Örnek No	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	CO ₂	Dolomit	Jips	Halit	Örnek No	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	CO ₂	Dolomit	Jips	Halit
SK2	-2,2	0,6	0,7	-0,9	1,9	-2,0	-4,7	SK33	-1,7	-0,1	0,0	-1,3	0,3	-1,4	-6,4
SK3	-1,3	0,4	0,6	-1,2	1,3	-1,1	-4,9	SK35	-1,4	0,0	0,1	-1,2	0,7	-1,2	-5,6
SK4	0,9	2,7	2,8	0,3	6,3	1,0	-1,4	SK36	-1,4	0,0	0,1	-1,3	0,5	-1,2	-6,1
SK5	1,7	2,7	2,9	-0,2	6,3	1,8	-0,5	SK37	-1,2	0,2	0,3	-1,2	0,9	-0,9	-5,2
SK6	-2,2	-0,3	-0,2	-1,3	-0,1	-2,0	-5,4	SK38	-1,2	0,2	0,4	-1,2	1,3	-1,0	-4,3
SK8	-1,5	0,0	0,1	-1,4	0,3	-1,3	-5,6	SK39	-1,5	0,4	0,5	-1,2	1,2	-1,3	-5,0
SK9	-1,0	0,9	1,1	-0,8	2,3	-0,7	-5,4	SK40	-1,7	0,0	0,1	-1,3	0,5	-1,5	-6,7
SK10	-1,2	0,2	0,4	-1,1	1,2	-0,9	-5,9	SK42	-1,7	-0,2	-0,1	-1,5	0,2	-1,5	-4,7
SK11	-2,1	-0,1	0,0	-1,3	0,1	-1,8	-6,8	SK43	-1,5	0,3	0,5	-1,4	0,9	-1,3	-4,7
SK12	-1,8	-0,1	0,0	-1,2	0,3	-1,6	-6,1	SK44	-1,5	0,5	0,7	-1,0	1,7	-1,3	-4,5
SK13	-1,7	-0,1	0,1	-1,6	0,4	-1,5	-4,9	SK45	-1,4	0,8	0,9	-0,9	2,3	-1,2	-4,0
SK15	-1,3	0,3	0,4	-1,3	1,0	-1,1	-4,8	SK46	-1,6	0,4	0,5	-1,2	1,6	-1,4	-4,6
SK19	-0,2	-0,1	0,1	-1,9	-0,3	0,0	-5,9	SK47	-1,5	1,0	1,1	-0,9	2,0	-1,2	-5,1
SK20	-0,7	-0,1	0,1	-1,6	0,0	-0,5	-6,1	SK48	-1,1	0,0	0,1	-1,3	1,0	-0,9	-3,8
SK21	-0,9	0,2	0,4	-1,6	1,0	-0,7	-4,7	SK49	-1,2	0,1	0,3	-1,2	1,0	-1,0	-5,3
SK22	-1,6	0,2	0,3	-1,2	0,9	-1,4	-6,2	SK50	-1,8	0,6	0,8	-0,6	2,6	-1,6	-4,1
SK23	-1,4	0,0	0,2	-1,3	0,6	-1,1	-5,7	SK51	-1,0	0,3	0,4	-1,2	1,5	-0,8	-4,2
SK24	-1,3	0,9	1,0	-0,9	2,1	-1,1	-4,7	SK52	-1,5	-0,1	0,1	-1,4	0,3	-1,3	-6,2
SK25	-1,7	0,1	0,2	-0,9	0,9	-1,4	-5,1	SK69	-1,3	0,1	0,2	-1,7	0,4	-1,1	-4,6
SK26	-2,0	-0,1	0,1	-1,3	0,3	-1,8	-5,5	SK70	-1,6	-0,3	-0,2	-1,5	-0,1	-1,4	-5,3
SK27	-1,8	0,1	0,3	-1,0	1,2	-1,6	-4,6	SS1	-2,2	-0,5	-0,3	-1,5	-0,5	-2,0	-7,0
SK29	-1,4	0,1	0,2	-1,3	0,7	-1,2	-5,8	SS2	-2,3	-0,2	-0,1	-1,4	0,0	-2,1	-7,9
SK30	-1,3	0,3	0,4	-1,4	1,0	-1,1	-4,3	SS3	-2,3	-0,5	-0,3	-1,5	-0,5	-2,0	-6,4
SK31	-1,9	-0,2	-0,1	-1,4	0,1	-1,7	-6,7	TG1	0,5	1,1	1,3	-1,6	4,5	0,5	0,3
SK32	-1,4	0,3	0,4	-1,2	0,8	-1,2	-6,1	TG2	0,6	1,0	1,1	-1,7	4,0	0,6	0,2

Eylül 2012 örnekleme döneminde 6-31-42-70-SS1-SS2ve SS3 numaralı sular kalsitçe doymun olmayıp kalsiti çözebilme diğer sular ise doymun olup, çökeltebilme özelliğine sahiptir. 6-19-70-SS1-SS2ve SS3 numaralı sular dolomitçe doymun olmayıp, dolomiti çözebilme diğer sular ise doymun olup çökeltebilme özelliğine sahiptir. 6-8-11-12-13-19-20-26-31-33-36-40-42-48-52-70-SS1-SS2 ve SS3 numaralı sular aragonitçe doymun olmayıp aragoniti çözebilme diğer sular ise doymun olup çökeltebilme özelliğine sahiptir (Şekil 6.15.).



Şekil 6.15. Hat 4 ve Hat 6 ya ait suların doymunluk indisi değerleri (Eylül 2012)

Örnekleme dönemlerinde mevsimsel yağış sularına bağlı olarak yeraltı suyu seviyelerindeki değişim ve bunun sonucunda da suların kayalarla olan etkileşim ve temas süreleri de göz önüne alındığında, söz konusu suların doygunluk indislerinde farklılıklar görülebilir. Yağış sularının yeraltına süzülürken temasta bulundukları kayalardan çözdükleri mineraller sularda görülen bu değişimin nedeni olabilir.

6.5. Ağır Metal İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Ağır metal, metalik özellikler gösteren elementlerden oluşan, açık ve tam bir tanımlaması yapılmamış olan grupta bulunan elementlere verilen addır. Bazıları yoğunluk, bazıları atomik sayı ya da atomik ağırlık, bazıları da kimyasal özellikler ya da toksisite üzerine dayanan birçok tanımlama önerilmiştir (Duffus, 2002).

Su kaynaklarına endüstriyel atık sular, madencilik faaliyetleri, asit yağmurlarının kayaların yapısında bulunan ağır metalleri çözmesi gibi unsurların etkisi ile önemli miktarlarda ağır metal katılabilir. Suyun hidrolik dolaşımı sırasında temasta bulunduğu litolojik birimlerin yapısı da, sulardaki ağır metal içeriğinin kaynaklarından birini oluşturmaktadır (Türker, 2006).

İnceleme kapsamındaki suların potansiyelinin korunması ve en iyi bir biçimde kullanımının sağlanabilmesi için, sularda ana iyonların dışında eser miktarlarda bulunan bazı elementler (Al, As, B, Ba, Co, Cr, Cu, Mn, Fe, Mo, Ni, Pb, Hg, Se V, Zn) TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standartı'nda yer alan suların sınıflandırılmasında ki sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Ayrıca inceleme alanında evaporitik kayalardan ve kumtaşlarından alınan kayaç örnekleri üzerinde de jeokimyasal analizler gerçekleştirilmiş ve ağır metal içerikleri belirlenmiştir.

Mayıs 2012 örnekleme dönemine ait analiz sonuçlarına göre sularda Ba, Co, Cu, Mo, Ti ve Zn sınır değerlerin altındadır (Çizelge 6.14., Çizelge 6.15.).

Yerkabuğunda bol miktarda bulunmasına rağmen serbest halde nadir bulunan Al yüksek konsantrasyonlara maruz kaldığında sağlık sorunlarına neden olabilmektedir.; Al 1-14-26-38-45-51 numaralı sularda sınır değerlerin (200 µg Al/L) üzerinde saptanmıştır.

Çizelge 6.14. İnceleme alanındaki suların ağır metal analiz sonuçları (Eylül 2011)

Örnek	Al	As	B	Ba	Co	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Ti	V	Zn	Örnek	Al	As	B	Ba	Co	Cu	Ag	Mn	Ni	Se	V	Zn
No	(mg/L)														No	(mg/L)											
SK4	b	0,00	0,14	0,05	0,00	0,00	0,56	0,01	0,02	b	0,02	0,00	0,01	0,02	SK41	0,00	0,01	0,33	0,07	b	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,01
SK5	0,02	0,00	0,16	0,11	0,03	0,19	0,60	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	b	SK42	0,01	0,02	0,49	0,04	b	b	b	0,00	b	0,00	0,01	b
SK6	b	0,00	0,27	0,11	b	b	0,00	0,00	b	b	0,00	b	0,01	b	SK49	b	0,02	1,40	0,05	0,00	0,00	b	0,27	0,01	0,01	0,00	0,00
SK7	0,00	0,00	0,56	0,09	0,00	b	0,00	0,01	0,00	b	0,01	0,00	0,04	0,01	SK52	0,00	0,02	0,54	0,03	0,00	b	b	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01
SK8	b	0,00	0,11	0,04	0,00	b	0,02	0,00	0,02	b	0,00	b	0,00	b	SK53	b	0,00	0,82	0,03	0,00	b	b	0,02	0,01	0,00	0,00	b
SK9	b	0,00	0,14	0,05	0,01	b	0,18	0,00	0,07	b	0,00	0,00	0,02	0,01	SK54	b	0,00	0,94	0,02	0,00	b	b	0,10	0,02	0,01	0,00	b
SK10	b	0,00	1,06	0,02	b	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	SK55	b	0,01	b	0,07	0,00	b	0,01	0,08	0,00	0,01	0,01	b
SK11	b	0,00	0,54	0,05	b	b	0,00	0,00	0,00	b	0,00	b	0,00	b	SK56	0,01	0,00	0,68	0,05	0,00	b	b	0,08	0,00	0,01	0,01	b
SK12	b	0,00	2,29	0,02	b	b	0,00	0,00	0,00	b	0,00	b	0,00	b	SK57	0,00	0,01	0,68	0,04	0,00	b	b	0,02	0,00	0,01	0,01	b
SK20	0,00	0,00	1,12	0,01	b	b	0,00	0,00	0,00	b	0,01	b	0,00	b	SK58	b	0,01	0,79	0,03	0,00	b	b	0,09	0,00	0,00	0,01	b
SK21	b	0,00	0,62	0,01	0,00	b	0,01	0,00	0,00	b	0,04	b	0,00	0,02	SK59	b	0,00	1,30	0,03	0,00	0,00	b	0,05	0,01	0,01	0,00	0,01
SK22	b	0,01	0,52	0,11	b	b	0,00	0,00	0,00	b	0,00	b	0,01	b	SK60	0,23	0,00	0,85	0,00	0,00	b	b	0,02	0,00	0,01	0,01	b
SK23	b	0,01	0,81	0,03	b	b	b	0,00	0,00	b	0,01	b	0,01	b	SK61	b	0,00	0,07	0,08	b	b	b	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
SK29	0,00	0,00	0,70	0,03	b	b	0,00	0,00	0,00	b	0,00	b	0,01	b	SK62	0,01	0,00	0,18	0,07	b	b	b	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05
SK30	b	0,00	0,74	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	b	0,01	b	0,01	0,01	SK63	b	0,00	0,94	0,06	0,00	b	b	0,00	0,00	0,00	0,00	b
SK31	b	0,01	0,35	0,04	b	b	b	0,00	b	b	0,00	b	0,01	b	SK64	b	0,01	0,50	0,04	b	b	b	0,03	b	0,00	0,01	b
SK32	b	0,01	0,63	0,07	b	b	b	0,00	0,00	b	0,00	b	0,02	0,01	SK65	b	0,00	0,60	0,04	0,00	b	b	0,00	0,00	0,00	0,01	b
SK33	0,01	0,01	0,63	0,05	b	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	SK66	b	0,00	0,49	0,03	b	b	b	b	0,00	0,00	0,01	b
SK35	b	0,01	0,59	0,04	0,00	b	0,13	0,00	0,00	b	0,00	b	0,01	0,01	SK67	b	0,00	0,60	0,03	b	b	b	b	0,00	0,00	0,01	b
SK36	0,01	0,01	0,60	0,04	0,00	b	0,39	0,00	0,00	b	0,00	b	0,01	b	SK68	0,02	0,01	0,33	0,06	0,00	0,01	0,02	0,13	0,00	0,01	0,01	0,02
SK37	b	0,01	1,15	0,06	b	b	0,00	0,00	0,00	b	0,01	b	0,02	0,02	SS1	b	b	0,37	0,04	b	b	b	b	b	0,00	0,00	b
SK38	b	0,01	2,21	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	b	0,01	0,00	0,01	0,02	SS2	b	0,00	0,00	0,02	b	b	b	b	b	0,00	0,00	b
SK40	b	0,01	0,34	0,07	b	b	0,00	0,00	0,00	b	0,00	b	0,01	b	SS3	b	0,00	0,62	0,04	b	b	b	b	b	0,00	0,00	b

b; değer tespit edilemedi

Çizelge 6.15. İnceleme alanındaki suların ağır metal analiz sonuçları (Mayıs 2012)

Örnek	Al	As	B	Ba	Co	Cr	Cu	Mn	Fe	Mo	Ni	Pb	Se	V	Zn	Örnek	Al	As	B	Ba	Co	Cr	Cu	Mn	Fe	Mo	Ni	Pb	Se	Ti	V	Zn
No	(mg/L)															No	(mg/L)															
SK1	0,01	0,02	b	0,09	0,01	0,11	0,00	2,97	0,20	0,01	0,11	0,00	0,02	0,03	1,09	SK30	b	0,01	b	0,04	0,00	0,02	b	0,01	0,11	0,00	0,01	b	0,01	0,00	0,01	b
SK2	0,01	0,01	0,01	0,05	0,00	0,03	0,00	0,04	0,12	0,00	0,01	b	0,02	0,01	0,51	SK31	0,00	0,01	0,03	0,02	b	0,01	b	0,00	0,03	0,00	0,00	b	0,00	0,00	0,01	b
SK3	0,00	0,01	b	0,04	0,00	0,02	b	0,00	0,14	0,00	0,01	b	0,02	0,02	b	SK32	b	0,00	0,03	0,02	b	0,00	b	b	b	b	0,00	b	0,00	0,00	0,01	b
SK4	0,00	0,01	0,02	0,04	0,00	0,02	0,01	0,19	0,14	0,02	0,02	b	0,05	0,02	0,01	SK33	0,02	0,01	0,03	0,03	b	0,01	b	0,00	0,03	0,00	0,00	b	0,01	0,00	0,01	0,01
SK5	0,15	0,01	0,01	0,06	0,00	0,01	0,01	0,01	0,27	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,06	SK34	0,05	0,01	0,02	0,03	0,00	b	b	0,04	0,70	b	0,00	b	0,00	0,00	0,00	0,01
SK6	0,00	0,00	0,20	0,09	0,00	0,02	b	0,00	0,04	0,01	0,00	b	0,01	0,01	b	SK35	0,01	0,01	b	0,03	b	0,01	b	0,00	b	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,85
SK7	0,24	0,00	0,03	0,05	0,00	0,02	0,00	0,01	0,28	0,01	0,01	b	0,01	0,03	0,01	SK36	0,06	0,01	0,02	0,03	0,00	0,00	b	0,73	0,04	0,00	0,00	b	0,00	0,00	0,01	0,01
SK8	0,01	0,00	0,07	0,06	0,00	0,01	b	0,04	0,09	0,00	0,02	b	0,00	0,00	b	SK37	b	0,01	0,02	0,03	0,00	0,01	b	0,01	0,05	0,00	0,00	b	0,02	0,00	0,02	0,01
SK9	0,01	0,00	0,02	0,02	0,00	0,02	0,01	0,14	0,01	0,00	0,05	b	0,01	0,01	0,03	SK38	b	0,02	b	0,03	0,00	0,01	0,00	0,03	0,12	0,00	0,01	b	0,02	0,00	0,02	0,01
SK10	b	0,00	0,04	0,02	0,00	0,02	b	0,16	0,22	b	0,01	b	0,00	0,01	0,01	SK39	0,01	0,01	b	0,04	0,00	0,02	b	0,01	0,20	0,00	0,00	b	0,01	0,00	0,02	0,09
SK11	b	0,00	0,07	0,05	b	0,01	0,00	0,00	b	0,00	0,00	b	0,01	0,00	0,01	SK40	0,03	0,01	0,02	0,04	b	0,01	b	0,01	0,06	0,00	0,01	b	0,00	0,00	0,02	b
SK12	0,00	0,00	0,08	0,02	b	0,01	b	0,00	0,08	0,00	0,00	b	0,00	0,00	b	SK41	0,01	0,01	0,03	0,03	b	b	0,00	0,08	0,03	0,00	0,00	b	0,00	0,00	0,01	b
SK13	b	0,01	b	0,05	0,00	0,02	b	0,00	0,09	0,00	0,00	b	0,01	0,02	0,00	SK42	0,02	0,02	0,01	0,23	b	0,01	b	0,01	0,05	0,00	0,00	b	0,01	0,00	0,02	b
SK14	b	0,02	b	0,06	0,00	0,05	0,00	0,04	0,15	0,00	0,02	b	0,02	0,04	0,02	SK43	0,15	0,00	0,03	0,05	0,00	0,00	0,03	0,43	0,37	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
SK15	0,10	0,00	0,02	0,06	0,00	0,02	0,00	0,02	0,74	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,21	SK44	b	0,01	b	0,06	0,00	0,03	b	0,49	0,06	0,09	0,02	b	0,01	0,00	0,01	0,01
SK16	0,01	0,01	b	0,06	0,00	0,01	b	0,06	0,07	0,00	0,01	b	0,01	0,02	b	SK45	0,00	0,02	b	0,05	0,01	0,02	0,00	0,33	0,18	0,00	0,03	b	0,01	0,01	0,03	0,44
SK17	0,18	0,01	b	0,07	0,01	0,04	0,02	0,87	2,07	0,00	0,04	0,00	0,01	0,02	0,03	SK46	0,20	0,01	b	0,07	0,00	0,01	0,01	0,23	0,99	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,02	0,27
SK18	0,01	0,00	0,07	0,06	0,00	0,06	b	0,01	0,05	0,00	0,01	b	0,01	0,02	b	SK47	b	0,01	b	0,05	0,00	0,03	b	0,72	0,07	0,00	0,04	b	0,01	0,00	0,02	b
SK19	0,02	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	b	0,02	0,16	0,01	0,01	b	0,07	0,01	b	SK48	0,14	0,01	b	0,04	0,00	0,01	0,01	0,25	1,30	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,23
SK20	0,04	0,00	0,05	0,01	0,00	0,01	b	0,01	0,17	0,00	0,01	b	0,01	0,01	0,01	SK49	0,70	0,01	0,02	0,05	0,00	0,01	0,01	0,58	2,69	0,01	0,03	0,01	0,00	0,01	0,02	0,12
SK21	0,03	0,01	0,03	0,01	0,00	0,03	0,00	0,04	0,09	0,00	0,01	b	0,06	0,00	0,03	SK50	0,15	0,01	0,01	0,07	0,00	0,04	0,01	0,01	0,57	0,02	0,01	0,05	0,01	0,00	0,08	0,07
SK22	0,09	0,01	0,03	0,06	0,00	0,02	0,00	0,03	0,22	b	0,00	b	0,00	0,01	b	SK51	0,35	0,02	0,03	0,08	b	0,09	b	0,05	0,13	0,06	0,36	0,08	0,06	0,00	0,00	0,08
SK23	0,00	0,01	0,03	0,04	0,00	0,01	b	0,14	0,02	0,00	0,00	b	0,00	0,01	b	SS1	b	0,00	0,02	0,01	b	0,00	b	0,00	b	b	0,00	b	0,00	0,00	0,00	b
SK24	0,03	0,01	0,02	0,05	0,00	0,03	0,00	0,09	0,12	0,00	0,02	b	0,02	0,03	0,01	SS2	b	0,00	0,07	0,03	b	0,00	b	0,00	b	0,00	0,00	b	0,00	0,00	0,00	b
SK25	0,00	0,01	0,03	0,01	b	0,02	b	0,00	0,01	0,00	0,00	b	0,01	0,02	0,04	SS3	0,00	0,00	0,00	0,03	b	0,00	b	0,00	b	0,00	0,00	b	0,00	0,00	0,01	b
SK26	0,03	0,02	0,02	0,02	b	0,01	b	0,01	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	TG1	136	28	7316	46	0,8	19	2,2	47	1347	13	0,6	1,2	b	b	120	509
SK27	b	0,00	0,03	0,02	b	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	b	0,01	0,01	0,01	TG2	162	57	6734	83	0,4	24	7,5	39	894	16	0,7	3,9	b	b	113	735
SK28	b	0,01	b	0,01	b	0,00	b	0,00	0,03	b	0,00	b	0,01	0,01	b	TG3	119	34	6779	67	0,6	15	3,3	66	3785	23	0,8	7,9	b	b	225	235
SK29	0,01	0,00	0,03	0,02	0,00	0,01	b	0,01	0,27	0,00	0,00	b	0,00	0,01	0,07																	

As, Eylül 2011 örnekleme döneminde 22-23-31-32-33-35-36-37-38-40-41-42-49-52-55-57-58-64 ve 68 numaralı sularda, Mayıs 2012 örnekleme döneminde ise 1-14-26-38-45-51 numaralı sularda sınır değerleri (10 µg As/L) aşmış, diğer su kaynaklarında ise altında kalmıştır. As'nin kökeni suların hidrolik dolaşimleri esnasında yeraltında bulunan arseniğin kükürtlü bileşikleriyle olan uzun süreli teması olabilir.

B, Eylül 2011 örnekleme döneminde 10-12-20-37-38-49-59 numaralı sularda sınır değerlerin (1000 µg B/L) üzerinde, Mayıs 2012 örnekleme döneminde ise bütün sularda sınır değerlerin altındadır. Elementel bor doğada bulunmaz. Doğada rastlanan bileşiklerinin (borat minerallerinin) suda çözünürlüğü nedeniyle belli yerlerde yüksek yoğunlukta bulunabilir. Türkiye'de borat yatakları genellikle volkanizmanın etkili olduğu kurak bölgelerdeki kapalı havzalarda oluşur (Helvacı, 2003). İnceleme alanının geçmiş jeolojik devirlerde Hasandağı Volkanizması'ndan etkilenmiş olması, kapalı kurak bir havza özelliği taşıması veya bölgede tarımsal amaçlı boraks ve boraks pentahidrat içeren karışık gübrelerin kullanımı gibi etkenler bor değerlerinin yüksek olmasıyla ilişkili olabilir. Mayıs 2012 örnekleme döneminde söz konusu suların B içeriğinin sınır değerlerin altında kalması bu dönemde gübre kullanımının olmamasına bağlanabilir.

Cr metalik bir element olup, kromit zenginleşmeleri genellikle erken magmatik evre ürünleri olarak dunit ve harzburjit türü kayalara bağlı olarak ortaya çıkar. Ergime sıcaklığı yüksek olduğundan dolayı yeraltı sularının hidrolik dolaşimleri esnasında krom çözme yetenekleri yok denecek kadar azdır. Cr genellikle yeraltı sularına endüstriyel atık sular sayesinde geçer. İnceleme alanında Cr değerleri Eylül 2011 örnekleme döneminde bütün sularda sınır değerlerin altında, Mayıs 2012 örnekleme döneminde ise 1-14-18-51 numaralı sularda sınır değerlerin (50 µg Cr/L) üzerindedir.

Mn, Mangan doğada öteki elementlerle oluşturduğu bileşikler halinde bulunur aynı zamanda modern tarım sektöründe önemli bir gübre içeriğidir. Mangan mağmanın kristallenmesi sırasında Fe^{+2} iyonu ile birlikte mafik minerallerin bünyesine girmekte ve özellikle amfibol ve biyotit minerallerinde zenginleşmektedir. Sulu ortamlarda mangan iyonlarının hareketlilikleri, demir iyonlarına göre yüksek olup bozulma sırasında mangan demire göre daha erken çözeltiye geçer. Mangan mineralleri demir minerallerine göre daha bazik ve daha oksidan koşullarda çökelebildiklerinden dolayı derin koşullarda demir ve mangan iyonları bir arada bulunurken yüzeysel koşullarda

birbirinden ayrılır ve mangan daha çok zenginleşir (Gökçe, 2000). Eylül 2011 örnekleme döneminde 4-5-8-9-35-36-38-41-49-52-53-54-55-56-57-58-59-60-64-68, Mayıs 2012 örnekleme döneminde ise 1-4-9-10-17-23-24-36-41-43-44-45-46-47-48-49-51 numaralı sularda ise sınır değerlerin (50 µg Mn/L) üzerindedir. İnceleme alanında gözlenen yüksek Mn içeriğinin bölgede bulunan ince tabakalı kömür damarlarından ve radyolarit içeriklerinden dolayı kireçtaşlarından kaynaklandığı söylenebilir.

Fe, yer kabuğunda Al'dan sonra en bol bulunan metalik elementtir. Demir jeokimyasal davranışları bakımından siderofil grubuna adını veren element olup, özellikle yerkürenin çekirdeğinde ana bileşen olarak bulunmaktadır. Diğer yandan demir, silikatlı ve sülfürlü minerallerin yapısına girmesi nedeniyle litofil ve kalkofil karakterde göstermektedir. Bu özellik yer kabuğunda zenginleştiğini gösterir (Gökçe, 2000). Fe, özellikle ultramafik magmatik kayalarla ve marn türü sedimanter kayalarda bulunur (Krauskopf, 1979). Mayıs 2012 örnekleme döneminde 1-5-7-10-15-17-22-29-34-39-43-46-48-49-50 numaralı sularda sınır değerlerin (50 µg Fe/L) üzerinde gözlemlenmiştir. Aynı zamanda kumtaşı ve marnlar üzerinde gerçekleştirilen jeokimyasal analiz sonuçlarında Fe-Oksit değerlerinin yüksek çıkması suların bölgede yer alan marn ve kumtaşları ile ilişkili olduğunu göstermektedir (Çizelge 6.16).

Ni, majör elementlerden magnezyuma yakın özellikler göstermekte ve kayaç oluşturan mafik minerallerin yapısına bu elementin yerini alarak geçebilir. Kayaç oluşturan minerallerden özellikle magnezyumca zengin olivin ve piroksenler Ni' ce zengindir. Yüzeysel koşullarda Ni' in hareketliliği demire göre biraz daha yüksek, Mg' a göre ise daha düşüktür. Sulu ortamlarda Eh ve pH koşullarına bağlı olarak Ni asitik ve nötr pH koşullarında Ni^{+2} iyonu şeklinde su içerisinde çözülür olarak bulunur. Bazı pH koşullarında ise (pH > 9) $Ni(OH)_2$ ve NiO_2H gibi yarı kararlı bileşikler halinde çökelediği gözlemlenir (Gökçe, 2000). Eylül 2011 örnekleme döneminde 4-8-9-54, Mayıs 2012 örnekleme döneminde ise 4-8-9-14-17-24-45-46-47-48-49-51 numaralı sularda sınır değerlerin (20 µg Ni/L) üzerinde ölçülmüştür. Söz konusu su kaynaklarında gözlenen yüksek Ni içeriğinin temelde yer aldığı düşünülen mafik ve ultramafik kayalardan kaynaklandığı söylenebilir.

Pb, yer kabuğunda nadir bulunabilen elementler içerisinde yer alır. Kurşun, hava, su ve toprak yoluyla biyolojik sistemlere giren son derece zehirleyici özelliklere sahip bir metaldir.

Çizelge 6.16. İnceleme alanındaki kayaçların jeokimyasal analiz sonuçları

Element	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	V ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	LOI	TOPLAM
Birim	%															
Karapınaryaylası Kumtaşı (Çvş)	1,07	0,95	6,56	75,13	0,04	0,32	0,01	2,88	0,29	0,11	0,01	0,09	0,07	2,42	9,35	99,31
Karapınaryaylası Kumtaşı (Hmz)	0,42	3,36	7,44	38,15	0,04	0,27	0,03	1,32	15,77	0,50	0,02	0,04	0,08	3,26	28,42	99,11
Koçhisar jips	0,26	0,55	0,12	0,58	0,12	43,23	0,01	0,01	32,59	0,15	0,00	0,00	0,00	0,05	22,18	99,86
Yassıpur jips	0,80	0,16	0,14	0,73	0,13	45,30	0,00	0,01	33,43	0,17	0,00	0,00	0,00	0,04	18,58	99,50
Tuz Gölü halit	41,97	2,44	0,27	1,42	0,01	0,75	39,61	0,25	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	12,92	99,91
Karapınaryaylası marn	0,08	7,47	9,59	37,55	0,10	0,23	0,01	1,98	14,83	0,68	0,03	0,05	0,10	6,91	19,66	99,28

Element	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Se	Br	Rb	Sr	Y	Zr	Nb
Birim	µg/g												
Karapınaryaylası Kumtaşı (Çvş)	24,2	43,4	5,7	21,6	5,8	5	0,7	0,5	79,6	45,8	4,9	34,2	< 2,7
Karapınaryaylası Kumtaşı (Hmz)	29,3	27,7	13,7	27	9,3	5,1	< 0,5	0,4	46,8	192,2	14,7	126,4	< 3,4
Koçhisar jips	< 3,8	< 1,8	1,3	< 0,8	< 0,9	< 0,5	0,5	< 0,4	1,5	1213	< 0,7	< 12	< 3,3
Yassıpur jips	3,5	3,5	2,2	< 0,8	1,2	< 0,5	< 0,4	0,7	1,3	1323	< 0,7	< 12	2,5
Tuz Gölü halit	6,1	1,1	< 1,2	< 0,6	2,3	< 0,5	0,5	39,4	1,3	9,2	< 0,5	< 4,4	< 3,1
Karapınaryaylası marn	47,2	316,5	70,8	64	13,6	14,6	< 0,5	1,6	72,8	361,1	14,5	114,7	11,1

Element	Sb	Cs	Ba	La	Ce	Hf	Ta	Hg	Th	U	Mo	Cd	Sn
Birim	µg/g												
Karapınaryaylası Kumtaşı (Çvş)	< 0,9	6,9	396,1	15	14,1	< 2,9	4,4	< 3,1	1,6	< 6,8	6,5	0,5	< 0,9
Karapınaryaylası Kumtaşı (Hmz)	1	4,3	189,9	12,7	27,1	< 3,9	< 4,4	< 1,9	4,5	< 7,9	< 3,6	1,2	< 1,1
Koçhisar jips	1,2	< 3,7	18,6	< 7,6	< 10	< 3,8	< 3,6	< 1,1	< 1,0	9,5	< 3,0	< 0,9	0,9
Yassıpur jips	< 1,0	< 3,7	< 5,3	< 7,5	10,6	3	< 3,6	< 1,1	< 1,0	11,6	< 3,3	< 0,9	1,1
Tuz Gölü halit	< 0,9	3,9	< 5,5	< 7,8	18,8	< 3,1	2,1	< 1,1	2,6	< 8,0	6,2	< 0,9	0,4
Karapınaryaylası marn	< 1,0	10,2	151,1	32,2	43,1	< 7,0	< 9,1	< 1,4	3,8	15,9	< 3,6	0,5	1,4

Pb Eylül 2011 örnekleme döneminde 5, Mayıs 2012 örnekleme döneminde ise 5-50-51 numaralı sularda sınır değerlerin (10 µg Pb/L) üzerinde ölçülmüştür. Pb'de artışın gözlemlendiği sular Pb içerebilen mafik ve ultramafik kayalarla ilişkili olabilir.

V, elementi doğada 65 farklı mineralde bileşik halinde bulunur. Beyaz - gri renkli çok sert ve katıdır (URL 6.1). En çok mafik kayalarda, granitik kayalarda, şeyllerde, kireçtaşı ve kumtaşlarında bulunur (Krauskopf, 1979). Vanadyum siderofil bir element olup, mağmanın kristalizasyonu sırasında kayaç oluşturan mafik minerallerin yapısına girer (Gökçe, 2000). Hidrotermal süreçlerle vanadyum zenginleşmeleri çok enderdir. İndirgen koşulların geliştiği bitümlü şeyller ve kumtaşları içerisindeki uranyum ve fosfatlarla birlikte indirgenerek vanadatlar (V_2O_5) şeklinde çökelmektedir. Kumtaşları ve marnlar üzerinde gerçekleştirilen jeokimyasal analiz sonuçlarında V_2O_5 değerlerinin yüksek çıkması söz konusu suların vanadyum içeriğinin bölgede yer alan marn ve kumtaşları ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Eylül 2011 örnekleme döneminde 7-9-32-37-52, Mayıs 2012 örnekleme döneminde ise 1-3-4-5-7-13-14-16-17-18-24-25-37-38-39-40-42-45-46-47-49-50 numaralı sularda sınır değerlerin üzerindedir.

Se, kalkofil elementtir. Kükürt içeriği az düşük sıcaklığa bağlı çözeltilerde yaygın gözlemlenebilir. Sedimenter ortamlarda V ile birlikte zenginleşebilmektedir (Gökçe, 2000). Eylül 2011 örnekleme döneminde 4-5-21, Mayıs 2012 örnekleme döneminde ise 1-2-3-4-14-15-19-21-24-37-38-51 numaralı sularda sınır değerlerin üzerinde ölçülmüştür.

Ba, Eylül 2011 örnekleme döneminde sadece 5-6 ve 22 numaralı sularda sınır değerinin üzerinde gözlemlenmiştir. Jeokimyasal analiz sonuçların da Karapınaryaylası kumtaşları ve marnlar içerisinde 151 - 396 µg/g oranında Ba içeriğine rastlanılmıştır. Sularda gözlemlenen Ba içeriğinin bu formasyonlardan kaynaklandığı söylenebilir.

İnceleme kapsamında alınan kayaç örnekleri üzerinde gerçekleştirilen XRF analiz sonuçlarına göre Karapınaryaylası formasyonuna ait kumtaşı ve marnların 24.2 - 47.2 µg/g Co, 27.7 - 316.5 µg/g Ni, 192 - 361.1 µg/g Sr ve 151.1 - 396.1 µg/g Ba elementleri içerdikleri gözlemlenmiştir. Ayrıca Koçhisar ve Yassıpur formasyonlarına ait jipslerinde 1213 - 1323 µg/g oranlarında Sr elementi içerdiği tespit edilmiştir. Karapınaryaylası formasyonu içerisinde Co ve Ni değerlerinin yüksek olması bu kayaların kökensel olarak mafik veya ultramafik kaynak kayasına sahip olduklarını göstermektedir. Karapınaryaylası marn seviyelerinin yüksek element içeriğine sahip olması bu birimin

killi seviyelerinin elementleri absorbe etme özelliğinin kuvvetli olmasından kaynaklanıyor olabilir. Kayaç analizlerinde özellikle Koçhisar ve Yassıpur formasyonlarına ait jipsler içerisinde Sr değerlerinin yüksek olması, Ca ve Sr elementlerinin atomik yarıçaplarının aynı olması ve bu elementlerin yer değiştirmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Ekonomik olan tüm selestit yatakları Üst Eosen ve Alt Miyosen yaşlı evaporitik çökeller içerisinde katmansı veya mercekler şeklinde, genelde jipslerle birlikte gözlenmektedir (URL-6.2).

Koçhisar ve Yassıpur formasyonlarına ait jipsler SO_3 (% 54.3) ve CaO (% 33.43)'ce Tuz Gölü'ne ait halit Na_2O (% 41.97) ve Cl (% 39.61)'ca, kumtaşları ise SiO_2 (% 75.13) ve CaO (% 15.77)'ce zengindir. İnceleme kapsamındaki yeraltı suları dahil oldukları hidrolik dolaşım sistemi içerisindeki hareketleri esnasında bu kayaçlardan bol miktarda Na, Cl, SO_4 ve Ca iyonları çözerek NaCl, NaSO_4 , CaSO_4 gibi su fasiyesi özellikleri kazanmışlardır. İnceleme alanında geniş bir alanda gözlemlenen Neojen yaşlı karbonatça zengin akiferleri oluşturan kayaçların çözünürlüklerinin yüksek olması söz konusu sulara CaHCO_3 fasiyesi özelliğinin gelişmesine neden olmuştur. Suların kayaçlarla olan temaslarında temas süresinin oranına göre çözünmüş iyon içerikleri değişiklik gösterir. Sülfat içeriği yüksek yeraltı suları daha çok jipsli kil litolojilerine bağlı olarak gelişmiştir. Yeraltı sularında gözlemlenen ağır metal içerikleri, karbonatlı kayaçların çözünmesi sonucu serbest hale geçerek yeraltı sularına karışmış olabilecekleri gibi kristallenme sıcaklıkları yüksek minerallerin hızlı alterasyon özelliği göstermesi sonucu da yeraltı sularını zenginleştirmiş olabilir.

Mayıs 2012 örnekleme dönemine ait ağır metal içerikleri arasındaki doğrusal ilişkileri belirlemek ve varsa bu ilişkilerin derecesini ölçmek amacı ile analiz sonuçlarına uygulanan Pearson korelasyon analizinde Al; Fe ve Ti, As; Cr ve V, Ba; Cr, Co; Cu, Mn, Fe ve Ti, Cr; As, Ba, Mn ve Ni, Cu; Co ve Fe, Mn; Co, Cr ve Zn, Fe; Al, Co, Cu ve Ti, Ni; Cr ve Pb, Pb; Ni, Ti; Al ve Fe, V; As, Zn; Mn ile pozitif korelasyon ilişkisi tespit edilmiştir (Çizelge 6.17.).

Ağır metal değerleri arasındaki korelasyon ilişkilerinin çok sayıda ve değişkenli olmasından dolayı elde edilen ilişkileri anlamlı ve birbirinden bağımsız faktörler haline getirebilmek için veriler çok değişkenli faktör analizi uygulanarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 6.17. Ağır metal analiz sonuçlarının Pearson korelasyon katsayıları

	Al	As	B	Ba	Co	Cr	Cu	Mn	Fe	Mo	Ni	Pb	Se	Ti	V	Zn
Al	1	,17	-,08	,34	,30	,18	,39	,12	,77	,23	,37	,46	,10	,59	,16	,04
As	,17	1	-,46	,40	,30	,53	,04	,38	,11	,20	,44	,37	,28	,41	,51	,32
B	-,09	-,46	1	,08	-,27	-,11	-,15	-,20	-,17	-,10	-,05	-,03	-,07	-,30	-,29	-,24
Ba	,35	,41	,08	1	,40	,64	,21	,38	,27	,30	,43	,38	,06	,41	,44	,28
Co	,30	,31	-,27	,40	1	,43	,55	,68	,49	,27	,20	-,03	,02	,63	,29	,44
Cr	,19	,54	-,11	,64	,43	1	,09	,59	,08	,32	,69	,49	,38	,36	,41	,43
Cu	,39	,04	-,16	,21	,55	,09	1	,25	,51	,05	,04	,08	,03	,48	,13	,16
Mn	,13	,38	-,20	,38	,68	,59	,25	1	,23	,09	,27	-,03	,01	,41	,21	,62
Fe	,78	,11	-,17	,27	,49	,08	,51	,23	1	,03	,04	,09	-,03	,64	,16	,08
Mo	,23	,21	-,11	,30	,27	,32	,05	,09	,03	1	,46	,47	,29	,25	,05	,00
Ni	,38	,45	-,06	,43	,20	,69	,04	,27	,04	,46	1	,81	,47	,22	-,00	,20
Pb	,47	,37	-,03	,38	-,03	,49	,08	-,03	,09	,47	,81	1	,37	,13	,24	,01
Se	,11	,28	-,08	,06	,02	,38	,03	,01	-,03	,29	,47	,37	1	,27	-,01	,02
Ti	,59	,42	-,31	,41	,63	,36	,48	,41	,64	,25	,22	,13	,27	1	,29	,43
V	,16	,51	-,29	,44	,29	,41	,13	,21	,16	,05	-,00	,24	-,01	,29	1	,18
Zn	,04	,32	-,24	,28	,44	,43	,16	,62	,08	,04	,20	,01	,02	,43	,18	1

Faktör analizinde aralarında yüksek korelasyon ilişkisi bulunan değişkenler setinin bir araya getirilmesi suretiyle faktör adı verilen genel değişkenlerin oluşturulması söz konusudur. Faktör analiz yaygın olarak kullanılan çok değişkenli istatistik tekniklerinden birisidir (Kleimbaum vd., 1988).

Mayıs 2012 örnekleme dönemine ait ağır metal analiz değerleri için uygulanan faktör analizi sonuçları değerlendirildiğinde özdeğer istatistiği 1 den büyük olan anlamlı faktör sayısı 5 olarak bulunmuştur (Çizelge 6.18.). Birinci faktör toplam varyansın % 19'unu ikinci faktör % 18'ini, üçüncü faktör ise % 17'sini, dördüncü faktör ise % 12'sini, beşinci faktör ise % 9'unu açıklamıştır. Bütün faktörlerin toplamı toplam varyansın % 76'sını açıklamaktadır.

Faktör sayıları ve varyans yüzdeleri belirlendikten sonra yorumlanabilir, anlamlı faktörler elde edilebilmesi amacı ile faktör analiz döndürülmüş faktör matrisine çevrilmiştir (Çizelge 6.19.). Bu matris faktör analizinin son aşamasıdır. Matriste orijinal değişken ve faktörler arasındaki korelasyonlar görülebilmektedir. Bir değişken hangi faktör altında mutlak değer olarak büyük ağırlığa sahipse o değişken o faktör ile yakın ilişki içerisinde demektir (Kalaycı, 2006). Değerlendirme de 0,50 ve üzerindeki ağırlıklar oldukça iyi olarak kabul edilmiştir.

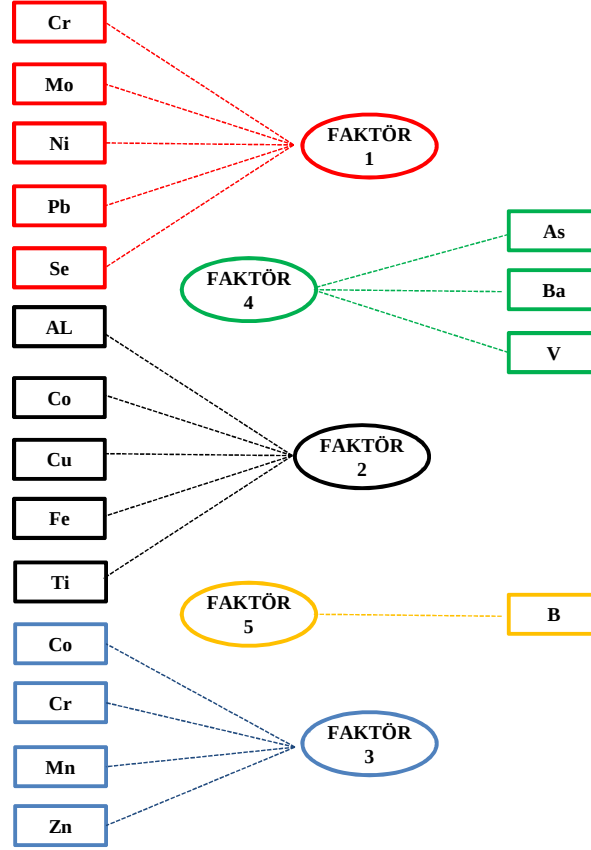
Çizelge 6.18. Özdeğer istatistiğine bağlı faktör sayısı ve açıklanan varyans yüzdesi

	Başlangıç özdeğerleri			Yük değerleri karesi rotasyon toplamaları		
	Toplam	Varyans %	Toplam %	Toplam	Varyans %	Toplam %
1	5,392	33,699	33,699	3,118	19,488	19,488
2	2,463	15,391	49,089	2,949	18,434	37,923
3	1,889	11,803	60,893	2,772	17,324	55,247
4	1,266	7,913	68,806	1,922	12,010	67,257
5	1,153	7,206	76,012	1,401	8,756	76,012
6	,797	4,981	80,993			
7	,716	4,473	85,466			
8	,610	3,816	89,282			
9	,483	3,021	92,303			
10	,365	2,280	94,583			
11	,286	1,785	96,368			
12	,191	1,195	97,563			
13	,153	,953	98,516			
14	,131	,816	99,332			
15	,087	,544	99,876			
16	,020	,124	100,000			

Çizelge 6.19. Döndürülmüş faktör matrisi

	Faktörler				
	1	2	3	4	5
Al	,328	,824	-,119	,180	-,068
As	,369	,009	,292	,556	,493
B	-,018	-,139	-,129	-,133	,877
Ba	,312	,254	,369	,625	-,344
Co	,034	,534	,694	,086	,113
Cr	,577	-,006	,579	,431	-,054
Cu	-,030	,711	,230	-,054	,044
Mn	,053	,155	,882	,129	,026
Fe	-,031	,914	,046	,105	,030
Mo	,645	,135	,059	,009	,023
Ni	,897	,045	,208	,127	-,082
Pb	,819	,122	-,182	,354	-,070
Se	,709	-,024	,040	-,202	,277
Ti	,202	,697	,394	,115	,271
V	-,054	,115	,109	,864	,254
Zn	,032	,035	,788	,088	,143

Çizelge 6.19. değerlendirildiğinde Ni birinci faktör altında, Fe ikinci faktör altında, Mn üçüncü faktör altında, V dördünü faktör altında, B ise beşinci faktör altında en yüksek ağırlığa sahiptir. Faktörler altında yüksek ağırlığa sahip değişkenleri grupladığımız zaman Cr, Mo, Ni, Pb ve Se değişkenlerinin birinci faktör altında, Al, Co, Cu, Fe ve Ti değişkenlerinin ise ikinci faktör altında, Co, Cr, Mn, ve Zn değişkenlerinin üçüncü faktör altında, As, Ba ve V'un dördüncü faktör altında gruplandıkları belirlenmiştir (Şekil 6. 16.). Beşinci faktör ise sadece B değişkeninden oluşmaktadır.



Şekil 6. 16. Değişkenlerin faktörler altında gruplanması

İkinci faktör kendi içerisinde değerlendirildiğinde bu faktörü oluşturan elementlerin genel olarak Al, Fe, Ti, Cu gibi immobil (hareketsiz) elementlerden oluştukları görülmüştür.

Faktörler genel olarak değerlendirildiğinde yeraltı sularının mafik - ultramafik kayalarla veya bu kayaların sedimanter prosesleri sonucu oluşmuş sedimanter birimlerle teması sonucu çözebileceği elementlerden (Co, Cu, Fe, Ti, Cr, Ni) oluştukları belirlenmiştir. Bu sonuca dayanılarak inceleme alanında bulunan sedimanter kayaların özellikle kumtaşlarının köken kayalarının ultramafik kayalar olduğu ve karasal bir ortamda çökdikleri söylenebilir.

7. İZOTOP HİDROLOJİSİ

7.1. Hidrolojide İzotopların Kullanımı

Bir elementin atom numarası aynı fakat farklı kütle numarasına sahip atomlarına “izotop” denir. İzotoplar, kararlı ve radyoaktif izotoplar olmak üzere olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Kararlı izotoplar kararlı bir çekirdek yapısına sahiptirler, kapalı bir sistemde kararlı izotopların atomik konsantrasyonlarında hiçbir değişiklik olmaz. Radyoaktif izotopların çekirdekleri ise kararsız bir yapıya sahiptir ve zamanla parçalanarak başka elementlerin izotoplarına dönüşürler (Çifter ve Sayın, 2002).

İzotoplar, yeraltı suyunun kökeninin belirlenmesi, bileşimini etkileyen fiziko - kimyasal süreçlerin ortaya konulması akışkanın yeraltı dolaşım hızı ve yaşının hesaplanması yeraltı ve yüzey suları ile olan etkileşim koşullarının açığa çıkarılması gibi konularda yardımcı olmaktadır.

Yüzey ve yeraltı sularının beslenimi yağışlarla olmaktadır. Bu nedenle yağışların izotopik içeriklerinin değişimi ve bunları etkileyen faktörlerin saptanması yeraltı suyu beslenme sisteminin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır (Afşin vd., 2007).

Hidrolojide genel olarak suyun yapısını oluşturan oksijen ve hidrojenin izotopları kullanılmaktadır. İzotoplar, radyoaktif ve duraylı (kararlı) izotoplar olarak kabaca iki gruba ayrılır. Duraylı oksijen-18 (^{18}O) ve döteryum (^2H) izotopları, yeraltı suyunun kökensel yorumu, beslenme sıcaklığı ve yükseltisinin, trityum (^3H) izotopu ise akışkanın yaşının belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Bu incelemede değerlendirilen su kaynaklarına ait izotop çalışmaları Mayıs 2012 örnekleme dönemine ait sonuçları kapsamaktadır. Su örneklerinin izotop analizleri (^{18}O , ^2H , ^3H), DSI Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi İzotop Laboratuvarında yapılmıştır (Çizelge 7.1.).

Bu bölümde, su kaynaklarının izotop içerikleri incelenerek, söz konusu su kaynaklarının kökenleri, akifer parametrelerini etkileyen süreçler, beslenme sıcaklığı ve yükseltisinin belirlenmesi gibi konular çalışılmıştır.

Çizelge 7.1. İnceleme alanındaki suların izotop analiz sonuçları (Mayıs 2012)

N	Koordinat		R	$\delta^{18}\text{O}$	B	$\delta^2\text{H}$	B	CL	EC	^3H	B	d	
	x	y	metre	δ (‰)	(±)	δ (‰)	(±)	(meq/L)	($\mu\text{S/cm}$)	(TU)	(±)		
SK-4	540375	4304008	914	-8.45	0.24	-62.56	0.95	80.87	7890	2.29	1.08	5.04	
SK-5	539333	4302859	920	-8.29	0.24	-61.04	0.85	82.37	10460	3.68	1.52	5.28	
SK-7	538798	4303018	909	-9.66	0.24	-59.5	0.85	42.62	4880	3.58	1.5	17.78	
SK-9	541707	4301475	961	-9.97	0.24	-69.25	1.2	16.29	3920	2.67	1.2	10.51	
SK-21	545302	4312354	941	-9.1	0.25	-65.71	1	20.97	5690	2.35	1.1	7.09	
SK-28	547239	4302495	914	-7.78	0.24	-59.9	0.83	85.47	7420	0.89	0.74	2.34	
SK-30	547229	4307350	924	-8.98	0.23	-65.52	0.91	80.07	7490	0.3	0.64	6.32	
SK-37	540983	4310975	915	-8.63	0.75	-63.56	0.94	19.21	3100	2.23	1.06	5.48	
SK-38	538355	4310728	911	-8.39	0.58	-62.6	1	60.77	7030	0.3	0.64	4.52	
Tuz gölü	536844	4307654	905	-2,12	b	-16.35	b	b	b	b	b	b	

N; örnek adı, R; deniz seviyesinden yükseklik, B; hata payı, CL; klorür iyon konsantrasyonu, $\delta^{18}\text{O}$; oksijen-18, $\delta^2\text{H}$; döteryum, ^3H ; trityum, d; döteryum fazlası, b; veri sağlanamadı

7.2. Oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) - Döteryum ($\delta^2\text{H}$) İlişkisi

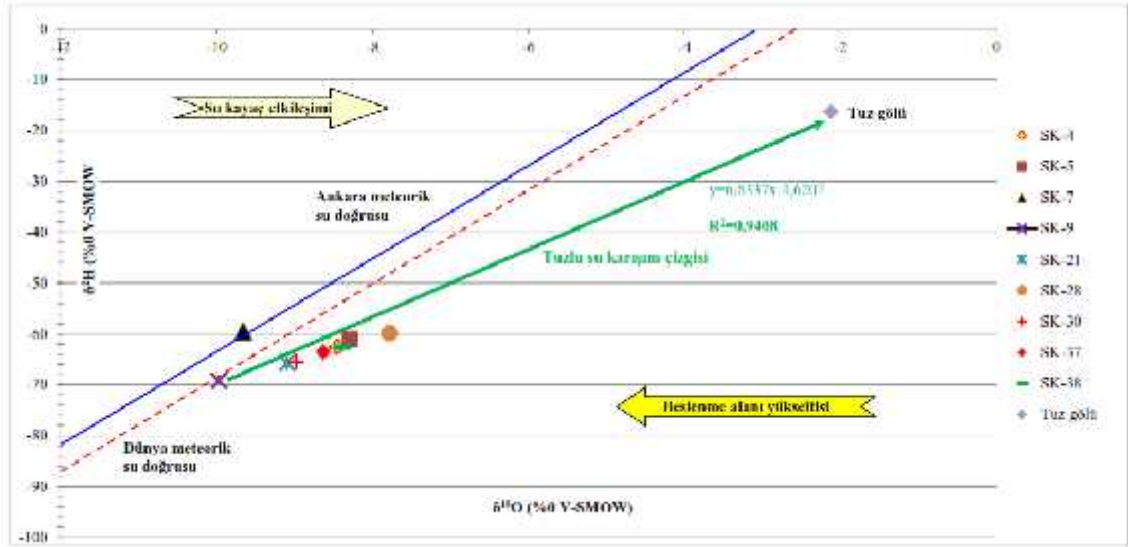
Uluslararası Atom Enerji Ajansı (IAEA) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) dünya üzerinde seçilmiş olan yağış istasyonlarından 60'lı yıllardan beri çevresel izotop içeriklerini belirlemek için örnekler toplamaktadır. Bu istasyonlardan elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucu oksijen -18 ve döteryum verileri arasındaki ilişki küresel ölçekte belirlenmiş ve $\delta D = 8\delta^{18}\text{O} + 10$ doğrusu Dünya Meteorik Su Doğrusu (DMSD) olarak verilmektedir. Ancak bu doğru küresel ölçekte yerel iklime ve topoğrafya koşullarına göre farklılıklar göstermektedir (Sayın ve Eyüpoğlu, 2005). Bu doğru buharlaşma etkisinde olmayan sular için geçerlidir. Çeşitli nedenlerle denklemde verilen döteryum fazlası sapmalar gösterir. Döteryum fazlalığı esasen okyanus ve deniz kenarındaki atmosferik neme yani klimatolojik faktörlere bağlıdır (Sayın ve Eyüpoğlu, 2005).

$\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ grafiğinde meteorik su doğrusu üzerine düşen su örneklerinin atmosferik sulardan kaynaklandığı ve diğer izotopik süreçlerden etkilenmediği varsayılır. Meteorik su doğrusundan sapmalar ise, başka izotopik süreçlerin etkili olduğunu gösterir. Bu süreçlerden en çok karşılaşılanlardan birisi buharlaşma, diğeri ise su ile kayaç mineralleri arasındaki izotopik değişimdir. Buharlaşma sonucunda suların izotop içerikleri meteorik su doğrusundan saparak bir buharlaşma doğrusu oluşturur. Bu buharlaşma doğrusu üzerindeki noktalar meteorik su doğrusundan uzaklaştıkça buharlaşmanın arttığına işaret etmektedir (Domenico ve Schwartz, 1990).

İnceleme alanından alınan su örneklerinin $\delta^{18}\text{O}$ içerikleri -9.97 ile -2.12, $\delta^2\text{H}$ içerikleri ise -16.35 ile -69.25 arasında değişen oranlarda zenginleşmiştir. Oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) - Döteryum ($\delta^2\text{H}$) ilişkisini gösteren grafikte suların Dünya Meteorik Su Doğrusu (DMSD) çevresinde yer aldıkları görülür (Şekil 7.1.). Bu da inceleme alanında yer alan su kaynaklarına ait akiferlerin meteorik kökenli yağışlardan beslendiklerini göstermektedir.

Suların Ankara ve Dünya meteorik su doğrularına göre konumlarında sapma gözlenmektedir. DMSD'den sapma görülmesi düşük kotlardan beslenimi, buharlaşma, su - kayaç etkileşimini veya dış kaynaklı kirlenme etkilerini ifade eder. Yükselti arttıkça izotopik seyrelme nedeni ile daha negatif değerler açığa çıkar (Afşin ve diğ., 2007). Grafiğin yatay eksen boyuncası sol tarafa gidildikçe beslenme alanı yükseltisi, sağ tarafa

gidildikçe su - kayaç etkileşim oranı artacaktır (Craig, 1961). Su ile kayaç mineralleri arasındaki izotopik etkileşim en fazla Tuz Gölü örneğinde en düşük ise SK-7 ve SK-9 örneklerinde görülmektedir. Grafiğin sol tarafında yer alan SK-7 ve SK-9 örneklem noktalarının beslenme alanı yükseltileri en fazla, Tuz Gölü örnekleme noktasının beslenme alanı yükseltisi ise en azdır.



Şekil 7.1. İncelenen suların $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ ilişkileri

Suların genel olarak benzer $\delta^{18}\text{O}$ izotop içeriğine sahip olmaları aynı veya yakın kotlardan beslendiklerini gösterir. İzotopların su içerisindeki miktarları hidrolojik çevrim içerisinde su kayaç etkileşim süresine bağlı olarak değişebilmektedir. Tuz Gölü örneği yüksek oranlarda buharlaşma etkisi altında kaldığından gerek $\delta^{18}\text{O}$ gerekse $\delta^2\text{H}$ açısından zenginleşmiştir. Buharlaşma doğrusunun eğimi nemlilik, sıcaklık, tuz konsantrasyonu gibi etkenlere bağlıdır ve meteorik doğru ile olan kesişme noktası ise yüzey sularının buharlaşmadan önce izotopik bileşimini gösterir (Gat, 1981). Tuz Gölü ve diğer su örneklerinin buharlaşmanın etkisiyle DMSD'den uzaklaşma mesafeleri arasındaki ilişki karşılaştırıldığında elde edilen regresyon denkleminin korelasyon katsayısı 0.94 olarak bulunmuştur. DMSD üzerinde yer alan SK-9 örneği ile Tuz Gölü örneği arasında çizilen tuzlu su karışım çizgisi incelendiğinde su örneklerinin tuzlanma oranlarının % 5 civarında olduğu söylenebilir. Regresyon denklemi dikkate alındığında x bağımsız değişkeni olan oksijen 18 verileri kullanılarak aşağıdaki eşitlikle y değişkenini temsil eden döteryum değerleri hesaplanabilir.

$$y = 6.63x - 4.62$$

Döteryum fazlasının yüksek değerler aldığı noktalarda denizel kökenli yağışların görülmesine karşılık düşük değerler daha çok karasal kökenli yağışları temsil etmektedir (Kehinde, 1993).

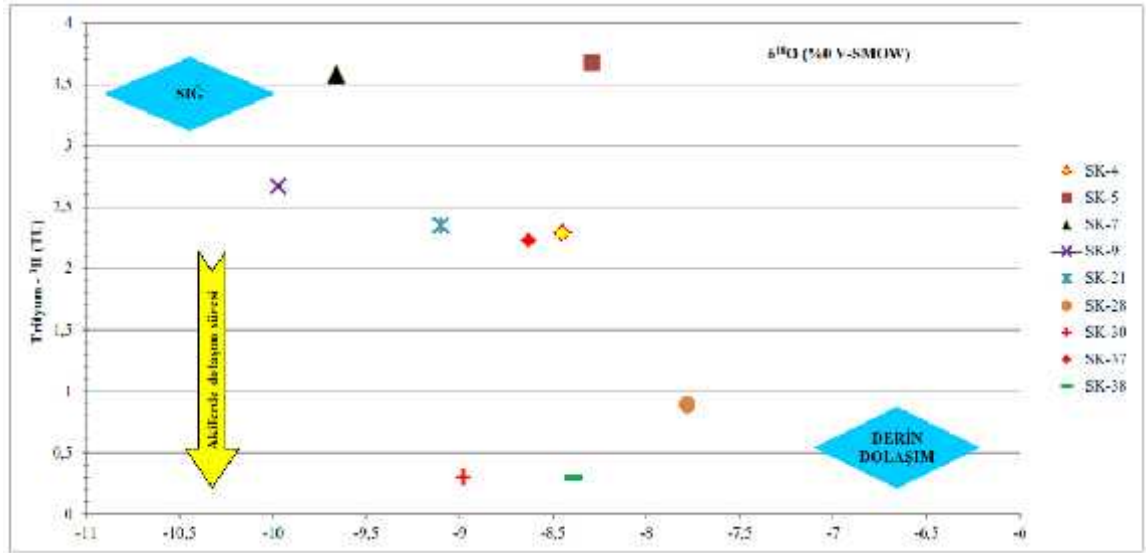
Döteryum fazlası (d) $\delta = \delta^2\text{H} - (8 \times \delta^{18}\text{O})$ formülünden hesaplanır. Dünya meteorik su doğrusundaki d değeri 10 olarak saptanmıştır (Craig, 1961; Dansgaard, 1964). Bu değer baz olarak alınırsa, hesaplanan d değerleri örnekleme döneminde sadece SK-7 ve SK-9'da 10'dan yüksek, diğer sulara ise 10'dan düşük olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar d değeri 10'dan yüksek suların bölgedeki yağışların yüksek hıza sahip buharlaşma etkisindeki atmosferik su buharından; d değeri 10'dan düşük suların ise, düşük hıza sahip buharlaşma etkisi altında kalan yağışlardan oluşmuş yeraltı suları olduklarını göstermektedir (Craig, 1961). İnceleme alanında d değerinin 10'dan düşük olması su kaynaklarının büyük çoğunluğunun düşük buharlaşma hızıyla oluşmuş karasal yağışlardan beslendiklerini göstermektedir.

7.3. Oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) - Tritiyum (^3H) İlişkisi

Tritiyum (^3H) izotopu radyoaktif olduğu için 12.43 yıl yarılanma ömrüne sahip bir hidrojen izotopudur. Tritiyum (^3H) yeraltı suyunun akiferde kalış süresine bağlı olarak radyoaktif bozunmaya uğramaktadır. Bu izotop, yeraltı sularının bağlı yaşının belirlenmesinde en önemli parametredir (Craig, 1961).

Beta bozunması veren tritiyum, atmosferin üst tabakalarındaki azot atomlarıyla kozmik nötronların etkileşmesinden doğal olarak oluştuğu gibi, termonükleer denemeler sonucunda da oluşmaktadır (Çifter ve Sayın, 2002).

$\delta^{18}\text{O}$ - ^3H grafiği suların akifer içinde kalış süreleri arasındaki ilişkiyi yansıtır (Şekil 7.2.). Grafiğin düşey eksenini (^3H) boyunca suların akifer içerisindeki kalış süreleri artmaktadır. SK-38, SK-30 ve SK-28 bölgede tektonizmaya bağlı olarak gelişen kırık sistemlerden oluşan hidrolik akım kanalları boyunca dolaşımda daha uzun süre kalmalarından dolayı daha düşük oranlarda ^3H içeriğine sahiptirler. Bu da söz konusu suların diğer sulara oranla daha derin ve daha uzun yeraltı dolaşım sistemine sahip olduklarını göstermektedir.

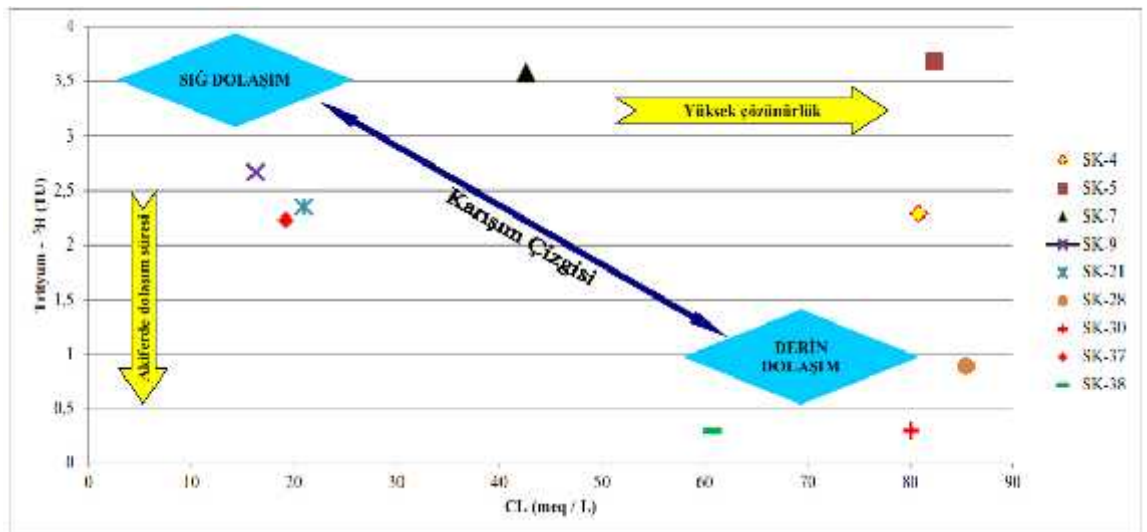


Şekil 7.2. İncelenen suların $\delta^{18}\text{O}$ - ^3H grafiği

7.4. Cl - Tritiyum (^3H) ve EC - Tritiyum (^3H) İlişkisi

Suların akifer sistemindeki dolaşım ilişkisini gösteren diyagramlardan birisi de tritiyum - klorür grafiğidir. Grafiğin sağ tarafı yüksek çözünürlük değerinin alt tarafı ise akiferde dolaşım süresinin arttığını gösterir.

İnceleme alanına ait ^3H - Cl^- diyagramında yer alan suların dolaşım sürelerine bağlı olarak iki farklı alanda kümeleştikleri görülmektedir. Yüksek tuz içeriğine sahip SK-38, SK-30 ve SK-28 yüksek Cl^- , düşük ^3H değerine sahiptirler ve derin yeraltı suyu dolaşımını temsil ederler (Şekil 7.3.).

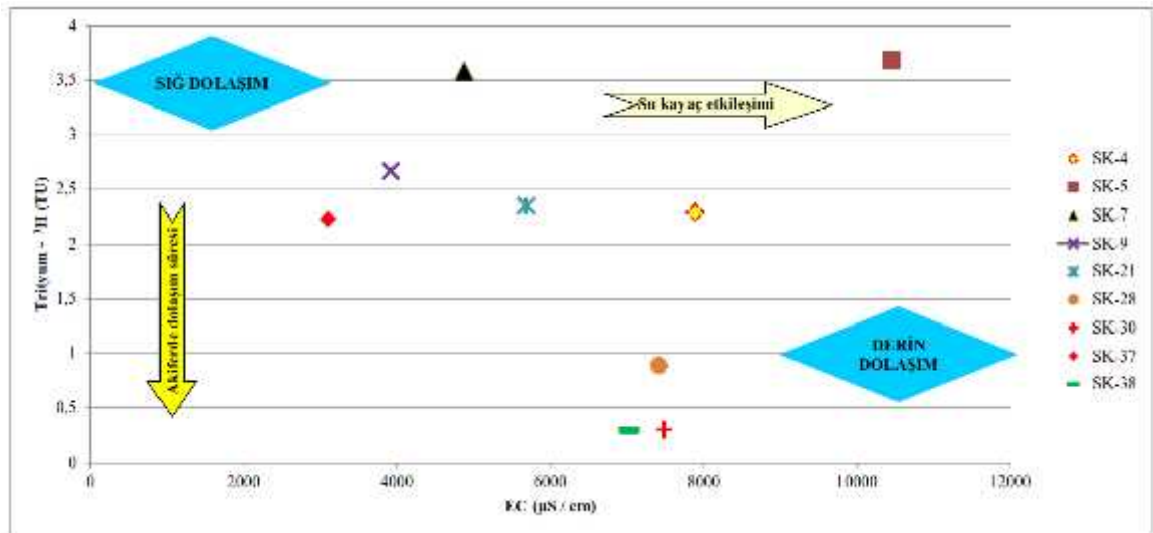


Şekil 7.3. İncelenen suların ^3H - Cl ilişkisi

Diğer su kaynakları ise yüksek ^3H içeriği ve düşük Cl^- değerleri içerir. Bu su kaynakları daha sık dolaşım ve su kayaç temas süreleri daha kısa genç suları temsil etmektedir.

Yüksek elektriksel iletkenliğe (EC) sahip yeraltı suları akifer ile daha uzun süre temas halinde kalmış olabilirler. Yüksek trityum - düşük EC değerleri geçiş süresinin kısa, düşük trityum - yüksek EC değerleri ise geçiş süresinin uzun olmasına işaret edebilir. Çünkü akiferle temas süresi arttıkça kayaç su arasındaki etkileşim sonucu iyon değişimi açığa çıkabilir (Afşin ve Ünsal, 1997).

Yüksek EC değerleri ve düşük ^3H değerleri içeren SK-38, SK-30 ve SK-28 akiferle temas süresi en uzun kaynaklardır. Düşük EC ve yüksek ^3H değerlerine sahip diğer su kaynaklarının akiferle temas süreleri ise kısadır (Şekil 7.4.).



Şekil 7.4. İncelenen suların ^3H -EC ilişkisi

7.5. Beslenim Sıcaklık ve Yükseltisinin Belirlenmesi

Yeraltı suyu sistemlerinde beslenim koşulları, arazi gözlemleri ve topoğrafik, jeolojik, hidrojeolojik, meteorolojik bilgilerin birleştirilmesi ile belirlenebilir. Yeraltı suyu beslenim yükseltisi akiferi oluşturan jeolojik birimin gözlemlendiği ortalama kota karşılık gelirken beslenim sıcaklığı ise yıl boyunca yağıştan itibaren beslenimin gerçekleştiği dönemin ortalama hava sıcaklığına eşittir. Güncel çalışmalar, akifer içerisinde doygun bölgenin kalınlığına bağlı olmakla birlikte beslenim suyu sıcaklığının yıllık ortalama hava sıcaklığının 2°C kadar altında olabileceğini göstermiştir (Özyurt, 2005).

Oksijenin duraylı izotopu olan $\delta^{18}\text{O}$ değerleri yağıştan boşalma değin izotopik farklılaşmaya neden olacak bir süreç gerçekleşmediği sürece beslenme anındaki değerini korumaktadır. Boşalım noktasında ölçülen $\delta^{18}\text{O}$ içeriğinden beslenimin gerçekleştiği dönemdeki hava sıcaklığının ve dolayısı ile yeraltı suyu beslenme sıcaklığının belirlenmesi mümkündür (Özyurt, 2005).

$\delta^{18}\text{O}$ içeriği değerleri kullanılarak söz konusu su kaynaklarının beslenme sıcaklığı açısından değerlendirilmesi için $\delta^{18}\text{O}$ - hava sıcaklığı ilişkisinin ortaya konulması gerekmektedir. Bu ilişki ile hesaplanan beslenme sıcaklıklarına karşılık gelen beslenme yükseltileri ise hava sıcaklığının kot ile değişiminden hareket ile belirlenir (Özyurt, 2005).

Beslenme sıcaklıklarının hesaplanması kapsamında inceleme alanı çevresinde yer alan meteorolojik ve izotopik veriler kullanılmıştır. Yağışın izotopik ve fiziksel özellikleri Ankara, Adana ve Antalya istasyonlarının 1963 - 2001 arasındaki gözlem dönemi için IAEA'nın GNIP veri tabanından derlenmiştir (Çizelge 7.2.).

Çizelge 7.2. 1963 - 2001 yılları için yağış ağırlıklı yıllık ortalama $\delta^{18}\text{O}$ değerleri (Temmuz, Ağustos, Eylül ayları hariç) ve yıllık ortalama hava sıcaklığı (Özyurt, 2005)

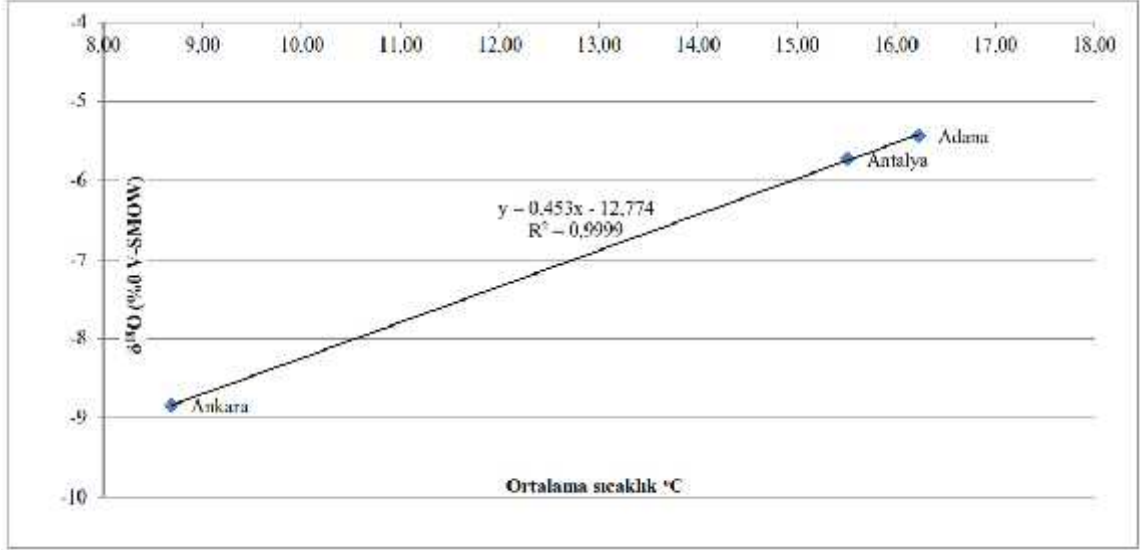
İstasyon	^{18}O (%)	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
Ankara	-8,84	8,68
Adana	-5,44	15,51
Antalya	-5,73	16,23

Ankara, Adana ve Antalya illerine ait yağış içeriğinin $\delta^{18}\text{O}$ değerleri ile yıllık ortalama hava sıcaklığı verileri arasındaki ilişki grafik üzerinde değerlendirildiğinde beslenme sıcaklığının tahmin edilmesine yönelik bir bağıntı elde edilir (Bağıntı 7.1, Şekil 7.5.) (Bayarı ve diğ., 2009).

$$\text{Beslenme sıcaklığı} = (^{18}\text{O} + 12,774) / 0,453 + 2 \quad (7.1)$$

Beslenme sıcaklığının tahminine yönelik bağıntının korelasyon katsayısı 0.99 olarak hesaplanmıştır. İnceleme alanındaki suların $\delta^{18}\text{O}$ değerleri bağıntı 7.1'de yerine

konularak beslenim sıcaklıkları tespit edilmiştir. İnceleme alanında beslenim sıcaklıkları 8.2 °C ile 13 °C arasında değişimler göstermektedir. $\delta^{18}\text{O}$ değerleri azaldıkça beslenim sıcaklığı değerleri de düşüş göstermektedir.

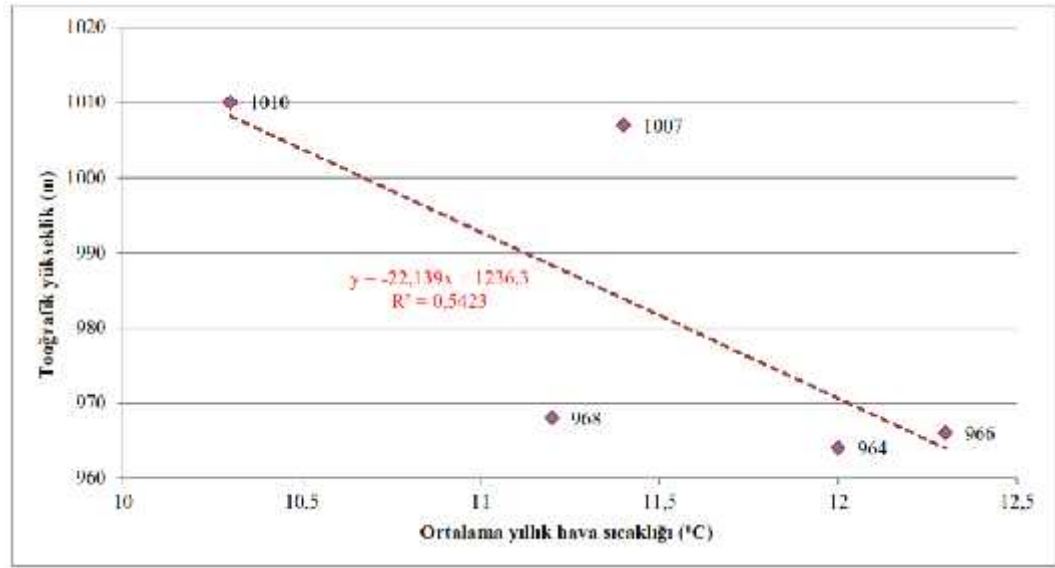


Şekil 7.5. $\delta^{18}\text{O}$ - Sıcaklık (°C) ilişkisini gösterir grafik

Beslenim sıcaklığının saptanmasından sonra beslenim sıcaklığına karşılık gelen yükseltinin belirlenebilmesi için sıcaklık - yükselti bağıntısının tespit edilmesi gerekmektedir. Kaynakların beslenme yükseltilerinin belirlenmesi korunma alanlarının tespit edilmesinde son derece önemlidir. Bu kapsamda incelenen su kaynaklarını içerisine alan Aksaray, Şereflikoçhisar, Kırşehir, Kulu ve Cihanbeyli meteoroloji istasyonlarının yıllık ortalama hava sıcaklığı ve istasyonların yükseklik kotları kullanılmıştır (Çizelge 4.3. Bkz.).

Yıllık ortalama hava sıcaklığı ve istasyonların topografik yükseklikleri arasındaki ilişkiyi gösterir grafik çizildiğinde inceleme alanında yer alan su kaynaklarına ait tahmini beslenim yükseltilerini belirleyebilecek bir bağıntı elde edilir (Şekil 7.6, bağıntı 7.2).

$$H \text{ (m)} = -22,139 * \text{Beslenim sıcaklığı (°C)} + 1236,3 \quad (7.2.)$$



Şekil 7.6. Topografik yükselti - sıcaklık (°C) ilişkisini gösterir grafik

Bağıntı 7.1. ve 7.2. kullanılarak söz konusu su kaynaklarına ait $\delta^{18}\text{O}$ ve beslenme sıcaklığı değerlerinden tahmini beslenme yükselteleri hesaplanmıştır (Çizelge 7.3.). Hesaplanan beslenme yükseltelerinin kaynaklara ait boşalım yükselteleri ile uyumlu olduğu gözlenmiştir. Hesaplanan beslenme sıcaklıklarından yola çıkarak söz konusu su kaynaklarının 948 - 1055 metre kotları arasında beslenme yükseltelerine sahip oldukları söylenebilir. İnceleme alanında günümüz topografyasına göre maksimum topografik yükseklik 1258 metredir. Beslenme sıcaklığı değerleri azaldıkça beslenme yükseltisi değerleri artmıştır.

Çizelge 7.3. Bazı su kaynakları için hesaplanan beslenme yüksekliği değerleri

N	Koordinat		R	$\delta^{18}\text{O}$	Beslenme sıcaklığı	Beslenme yükseltisi
	x	y			°C	metre
SK-4	540375	4304008	914	-8.45	11.5	980.7
SK-5	539333	4302859	920	-8.29	11.9	972.9
SK-7	538798	4303018	909	-9.66	8.9	1039.8
SK-9	541707	4301475	961	-9.97	8.2	1055.0
SK-21	545302	4312354	941	-9.1	10.1	1012.5
SK-28	547239	4302495	914	-7.78	13.0	947.9
SK-30	547229	4307350	924	-8.98	10.4	1006.6
SK-37	540983	4310975	915	-8.63	11.1	989.5
SK-38	538355	4310728	911	-8.39	11.7	977.8
Tuz gölü	536844	4307654	905	-2,12	b	b

Kısaltmalar Çizelge 7.1.'deki gibidir.

8. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS) ENTEGRASYONU İLE TUZLU SU GİRİŞİMİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

8.1. Tuz Gölü'nün Oluşum Mekanizması

Tuz insan sağlığı açısından günlük yaşantımızda önemli bir yere sahiptir. Beden içerisindeki sıvıları dengeleyici özelliğinin yanı sıra iyot eksikliğine bağlı birçok hastalığı da önleyicidir. Tuz aynı zamanda endüstriyel gelişimde çok geniş bir kullanım alanına da sahiptir. Tuzun birçok faydası olmasına rağmen doğada bulunabilecek en büyük doğal kirleticilerden de birisidir. Özellikle tatlı su kaynaklarına girişi sebebiyle dünyanın birçok alanında önemli sorunlara neden olabilmektedir.

Yüksek basınç altında plastik özellik gösteren tuzun sertliği 2 - 2,5 olup, özgül ağırlığı 2,1 - 2,55 g/cm³ arasında değişir. Erime noktası 800,8 °C, kaynama noktası ise 1412 °C dir (Yalçın ve Ertem, 1997). Molekül ağırlığı 58,454 g/mol olan tuzun ağırlık olarak % 39,34'ü sodyum, % 60,66'sı klorür içerir. Tuzun suda erime miktarı sıcaklık ile değişir. 0 °C'de 100 g suda 36 g tuz eriyerek doymuş tuzlu çözelti oluşturulduğu halde, 100 °C de bu miktar 40 g olmaktadır (Ersoy ve Yünsel, 2001).

Yerküre üzerinde en geniş doğal tuz çözeltisi havzaları okyanuslar ve denizlerdir (Baar, 1977). Dünyada bulunan tuz yatakları kökenlerine göre değerlendirilecek olursa, bu yatakların oluşumu iki ana grup altında toplanabilir. Birinci grup büyük çapta tuz yataklarını oluşturabilen denizel evaporitler, ikinci grup ise karasal evaporitlerdir. Kurak kuşakların dışı akımı olmayan bölgelerinde karasal tuzlar oluşabilir (MTA, 1976). Yeraltı ve yağmur suyunun kılcal özelliği ve buharlaşması ile çoğunlukla jips, kalsit, halit nadir olarak da magnezyum sülfatlar ve sodyum karbonatlar oluşabilir (MTA, 1976). Karasal buharlaşma ortamlarının bir ikinci oluşum türü de tuzlu bataklıklardır (MTA, 1976). Tuzlu bataklıklar ince taneli kırıntılı çökeller, tuz kabukları ve doymuş su içerikleri ile karakteristiktir (MTA, 1976). Üçüncü tip karasal buharlaşma ortamları tuzlu göllerdir. Kuzey Amerikada'ki Büyük Tuz Gölü (Great Salt Lake) ve Filistin'deki Lut Gölü bu tip göllerdir. Bu tip göller epirojenik hareketlerle oluşabildikleri gibi, eski göl ve deniz kalıntıları sonucunda da oluşabilmektedir. Ortak özellikleri hepsinin sığ oluşudur (MTA, 1976). Karasal evaporitlerin ana mineralleri

genellikle jips ve halit'tir. K ve Mg tuzları ise enderdir ve ancak denizel tuz yataklarının aşındırılmasına bağlı olarak gelişebilir (MTA, 1976).

Kıyı havzalarına yakın tatlı sulardaki tuz içeriği, denizsuyla saçınımı (seaspray) sonucunda yağış suyuna geçen Cl^- ile; deniz suyu saçılması sırasında su damlacıklarının buharlaşması sonucunda oluşan Cl^- içeriği yüksek toz partiküllerinin (aerosol), rüzgârla kara üstüne taşınarak yağmur ile yağması (dry fall out) ve toprak yüzeyi üzerinde biriken bu tozların yağış suyu ile eriyerek yeraltı suyuna karışması ile; Cl^- içeren minerallerin (NaCl , KCl evaporitler v.b. gibi volkanik kökenli) çözünmesi ile magmadan gelebilecek Cl^- miktarından ve deniz suyundan da kaynaklanıyor olabilir (Hem, 1985; Kesler, 1994; Barut ve Gürpınar, 2005).

Ülkemizin önemli kaynaklarından birisi olan Tuz Gölü karasal evaporitlerin ikinci ve üçüncü oluşum tipleri arasında bir geçiş tipini temsil etmektedir (MTA, 1976). Tuz Gölü Pleyistosen'den bu yana mevcuttur (Erol, 1969). Gölün tuzları büyük bir olasılıkla fosil tuz yataklarından ileri gelmektedir (MTA, 1976).

Tuz Gölü'ndeki tuzun kökeni için başlıca üç görüş ileri sürülebilir (MTA, 1976).

1-) Neojen'den günümüze kadar geçen zaman içerisinde kapalı havza durumunda olan gölde uzun zamanlarda iyonlarca bir zenginleşme gerçekleşmiştir. Dolayısı ile tuz olağan tatlı suların yüksek düzeyde buharlaşması sonucu oluşmaktadır (MTA, 1976).

2-) Tuz Gölü, çevredeki tuzlu birimlerden yüzey ve yeraltı su kaynakları tarafından beslenmektedir. İnceleme alanı ve çevresinde bulunan yüzey su kaynaklarının tuz içeriğinin düşük olması ve çevre birimlerde daha çok CaSO_4 içerikli birimlerin yer alması yeraltı sularının tuz taşıdığı ihtimalini güçlendirmektedir (MTA, 1976).

3-) Tuz Gölü yeraltında derinlerde bulunan tuzlu formasyonlardan kırıklar boyunca yükselen yoğun tuzlu sularla beslenmektedir. İnceleme alanı ve çevresinde tektonik açıdan önemli kırık zonlarının bulunması, göl tabanında göze olarak tabir edilen su çıkış noktalarının bulunması bu görüşü desteklemektedir (MTA, 1976).

Tuz Gölü'nde buharlaşma sonucu oluşan tuzun kimyasal yapısı % 90 Halit (NaCl) şeklindedir. Gölde az miktarlarda sülfat, potasyum ve magnezyum tuzları da çökelir.

Buharlaşma süreci devam ederken gl suyunda Na^+ iyon derişimi azalırken K^+ , Mg^{+2} ve Cl^- iyon derişimi sürekli olarak artış göstermektedir (Kılıç ve Kılıç, 2010).

Ana gl bölgesindeki tuz kabuğu (1-30 cm) halit, jips, aragonit ve kalsit minerallerinden oluşmaktadır. Tuz kabuğunun hemen altındaki sıkışmamış şamurlu şkellerde mineraloji, 25 cm kalınlığındaki jips, hantit ve manyezit seviyesi ile başlayıp gölün ortalarına doğru polihalit oluşumları ile devam eder. Polihalit seviyesi yaklaşık olarak 25 cm kalınlığındadır ve hemen altında jips, hantit, manyezit, illit ve montmorillonit içeren şkeller gözlenmiştir (Çamur ve Mutlu, 1995).

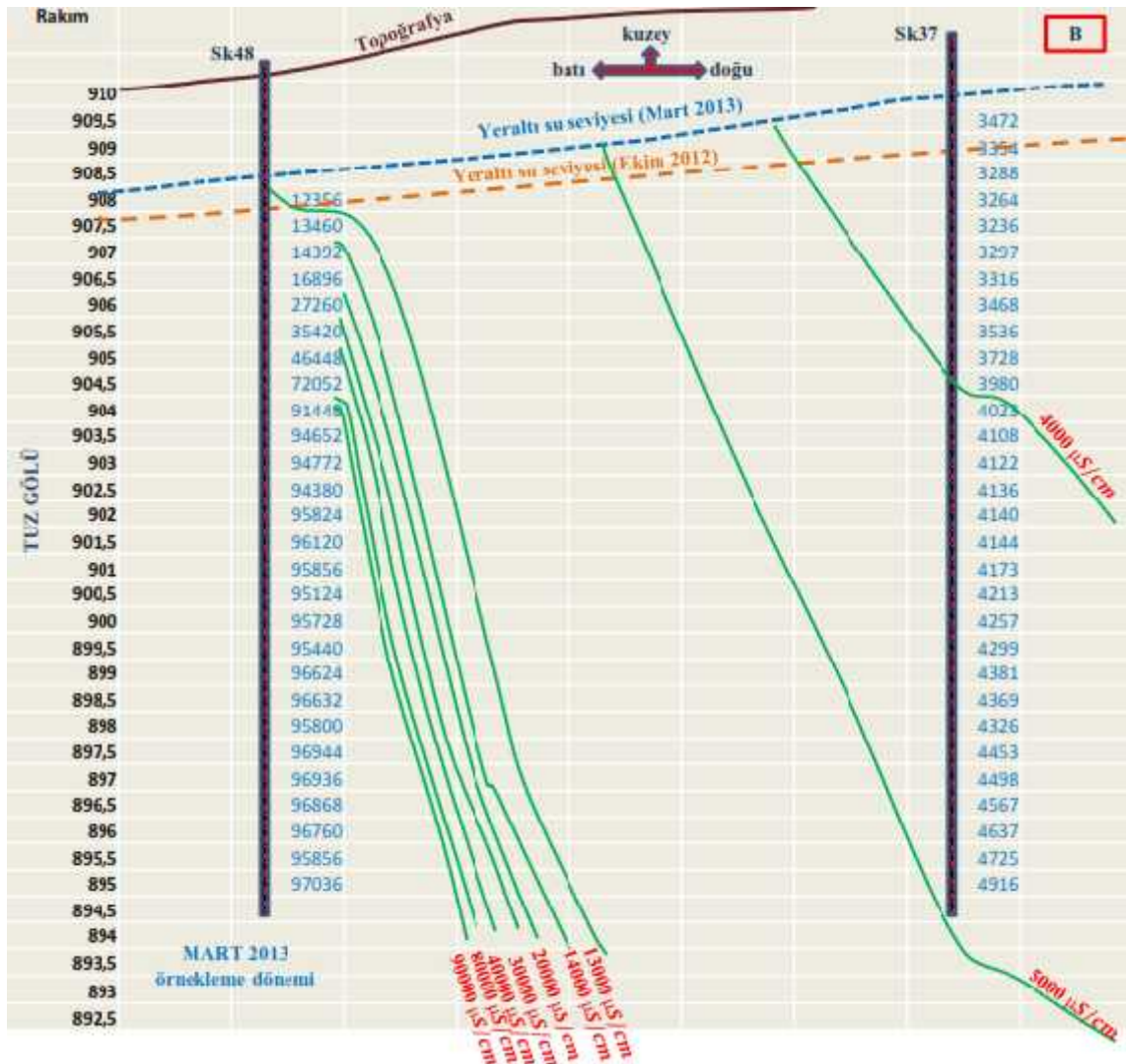
Derin bölge şkelleri, en üstte ince bir halit, jips ve aragonit tabakası (1-3 cm) ile başlayıp derinlere doğru Mg - kalsit ve dolomit oluşumlarıyla devam etmektedir (Çamur ve Mutlu, 1995). Kalsit ve aragonit minerallerinin tuz kabuğu altındaki ana bölge şkellerinde mevcut olmayışı, ya bu minerallerin tuz kabuğuna bağlı denge dışı fazlar olduğuna veya şkel içi sıvılar tarafından değişime uğratıldıklarına (alterasyona) işaret etmektedir (Çamur ve Mutlu, 1995).

8.2. Araştırma Kuyuları Verilerinin Değerlendirilmesi

şereflikoçhisar ilçe merkezi ile Tuz Gölü'nün doğusunda kalan incelemeye konu olan alan tarımsal üretim aşıısından önemli bir konuma sahiptir. İnceleme alanı geçmiş dönemlerden günümüze kadar uzanan süreçte artarak devam eden yeraltı sularının tuzlanması problemi ile karşı karşıya kalmıştır. Yüzey suları aşıısından fakir sayılabilen bölgede tarımsal faaliyetler içi etkin olarak yeraltı suları kullanılmaktadır. Tatlı yeraltı sularının tuzlanması, gerek tarıma elverişli sahaların kısıtlanması gerekse ürün kalitesine ve çeşidine yönelik olumsuz etkilere neden olmaktadır. Arazi kullanımındaki ve sulamada uygulanan yanlış yöntemlerde tarım arazilerinin verimini oldukça düşürmektedir.

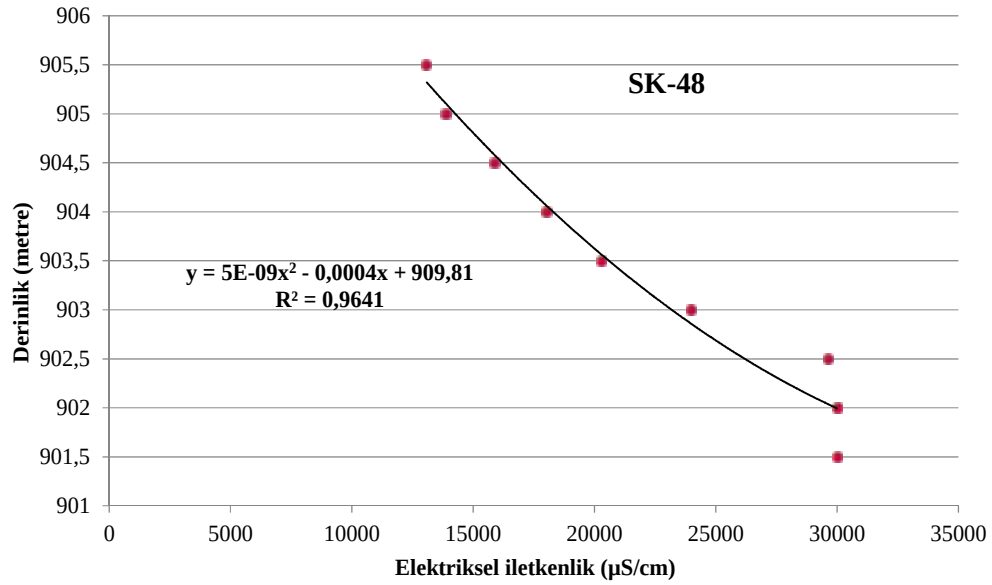
İnceleme alanında tatlı su akiferlerinin Tuz Gölü ile olan etkileşiminin niteliği ve miktarını dikey ve yatay yönde belirleyebilmek amacı ile aşıılan araştırma kuyularında Ekim 2012 ve Mart 2013 lçm dönemlerinde tuzlanma oranının belirlenebilmesi içi derinliğe bağlı EC lçmleri gerçekteştirilmiştir.

Mart 2013 ölçüm döneminde SK- 48 numaralı kuyuda 908 metre kotunda 12300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak ölçülen EC değeri 904 metre kotunda 91000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, kuyu sonunda ise 895 metre kotunda 97000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ seviyesinde ölçülmüştür (Şekil 8.2.). Mart 2013 ölçüm döneminde SK-48 numaralı kuyuda EC değerlerinin az da olsa artmıştır. Yağışların artması ve hava sıcaklık değerlerinin düşmesi sonucu buharlaşma oranının azalması bu artışa neden olmuş olabilir. Yaz aylarında buharlaşmanın artmasına bağlı olarak çökelen NaCl ve diğer tuzlar Tuz Gölü'nü ve çevresini besleyen tektonik sistemlerin geçirimsizlik özelliğinin azalmasına neden olmaktadır. Tektonik sistemlerce yüzeye çıkan tuzlu su girişiminin azalması yeraltı sularının kurak dönemde EC değerlerinin azalmasına neden olabilmektedir. SK-37 numaralı kuyuda ise derinliğe bağlı EC değerlerinin 3400 - 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığında değiştiği gözlenmiştir. Mart 2013 ölçüm döneminde yüzeye yakın kotlarda mevsimsel yağışların etkisiyle azalan EC değerleri daha derinlikle artma eğilimi gösterir.

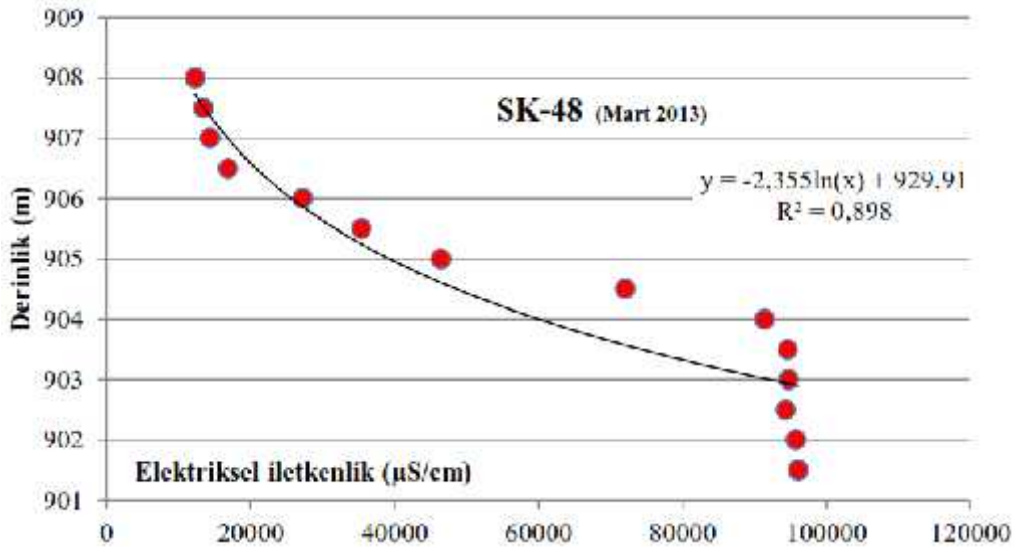


Şekil 8.2. SK - 48, SK-49 ve SK-37 numaralı araştırma kuyularında yatay ve düşey yönde EC dağılımı (Mart 2013)

SK-48 numaralı kuyuda ölçülen EC değerlerinin derinliğe bağlı fonksiyonel bağıntısı incelendiğinde EC değerlerinin derinliğe bağlı olarak arttığı kuvvetli bir ilişki gözlemlenmiştir (Şekil 8.3., Şekil 8.4.). Derinlik - EC aralığında çizilen grafik konveks bir eğri oluşturur. Diğer bir ifadeyle bükülme yönü yukarıya doğru olup, EC değerleri araştırma kuyusunun bulunduğu 1000 metrelik bir mesafe içerisinde derinliğe bağlı olarak artış gösterir.



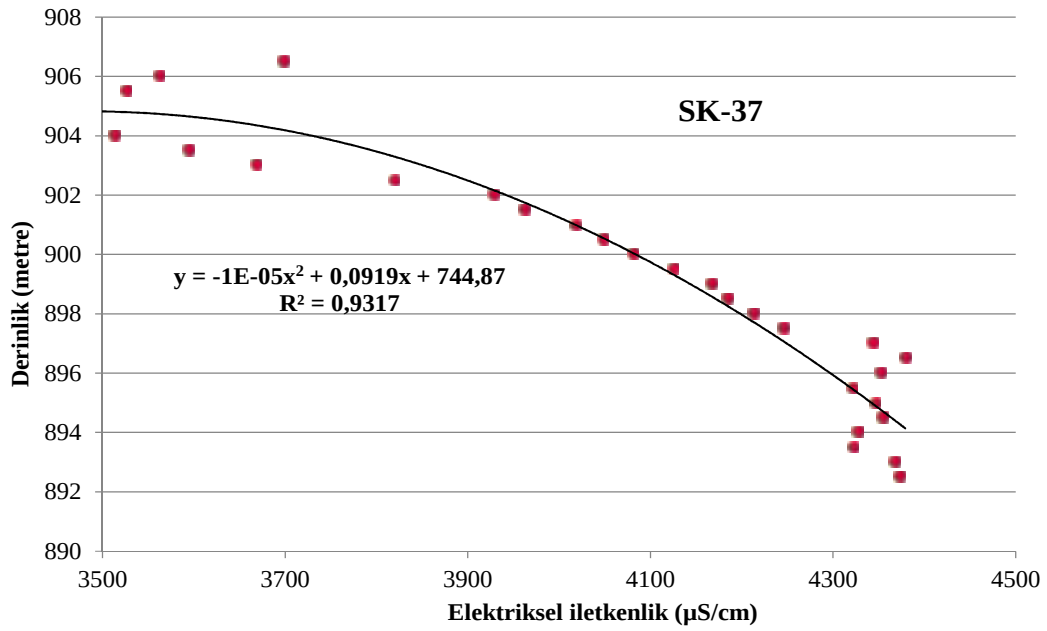
Şekil 8.3. SK - 48 numaralı araştırma kuyusunda EC değerlerinin derinliğe bağlı eğilim çizgisi (Ekim 2012)



Şekil 8.4. SK - 48 numaralı araştırma kuyusunda EC değerlerinin derinliğe bağlı eğilim çizgisi (Mart 2013)

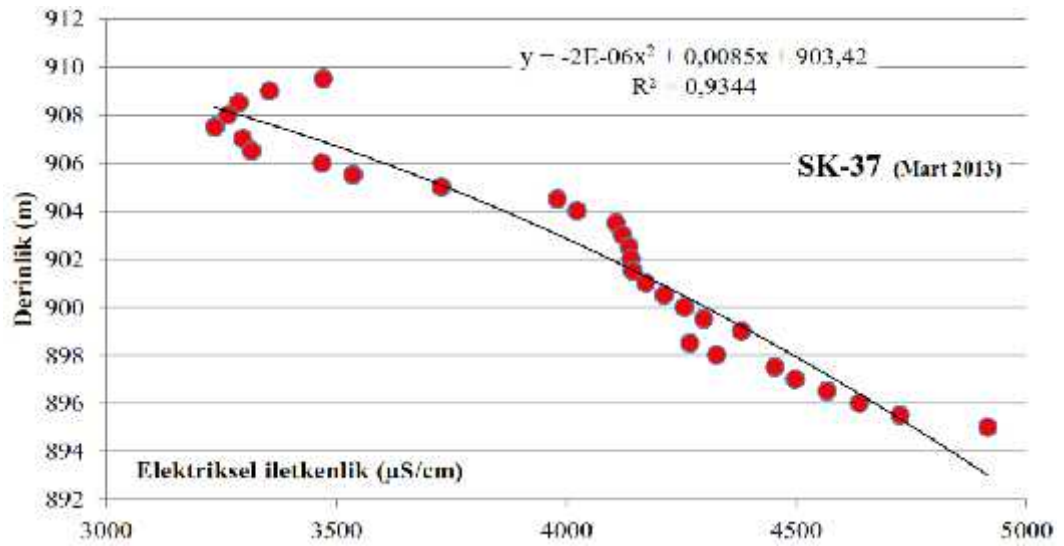
EC değerlerinin derinlikle değişim grafiklerinden elde edilen eğilim çizgisinin regresyon katsayıları 0,96 ve 0,89 gibi doğruluk değeri yüksek değerler bulunmuştur. Ekim 2012 ölçüm döneminde 902 metre kotunda gözlenen ani EC artışı grafikte düşey yönde bir eğilim oluşturmuştur. Aynı eğilim Mart 2013 ölçüm döneminde tuzluluk değerinin artmasına bağlı olarak 904 metre kotunda gözlenmiştir. Eğilimin olduğu kotun gölün su seviyesiyle aynı olması Tuz Gölü'nden tuzlu su girişiminin olduğunu göstermektedir.

SK-37 numaralı kuyuda ölçülen EC değerlerinin derinliğe bağlı fonksiyonel bağıntısı incelendiğinde ise, Derinlik - EC aralığında çizilen grafiğin konkav bir eğri oluşturduğu gözlemlenmiştir (Şekil 8.5.). Oluşan konkav eğri SK-37 numaralı araştırma kuyusunda EC değerlerinin dönüm (büküm) noktasına ulaştıklarını göstermiştir. Dönüm noktasının SK-48 ve SK-37 numaralı araştırma kuyuları arasındaki mesafede gerçekleştiği söylenebilir. EC değerleri dönüm noktasına ulaşmasıyla mesafeye bağlı olarak azalma eğilimine girmiştir. Grafikten elde edilen eğilim çizgisinin regresyon katsayısı 0,93 gibi doğruluğu yüksek bir değerdedir.



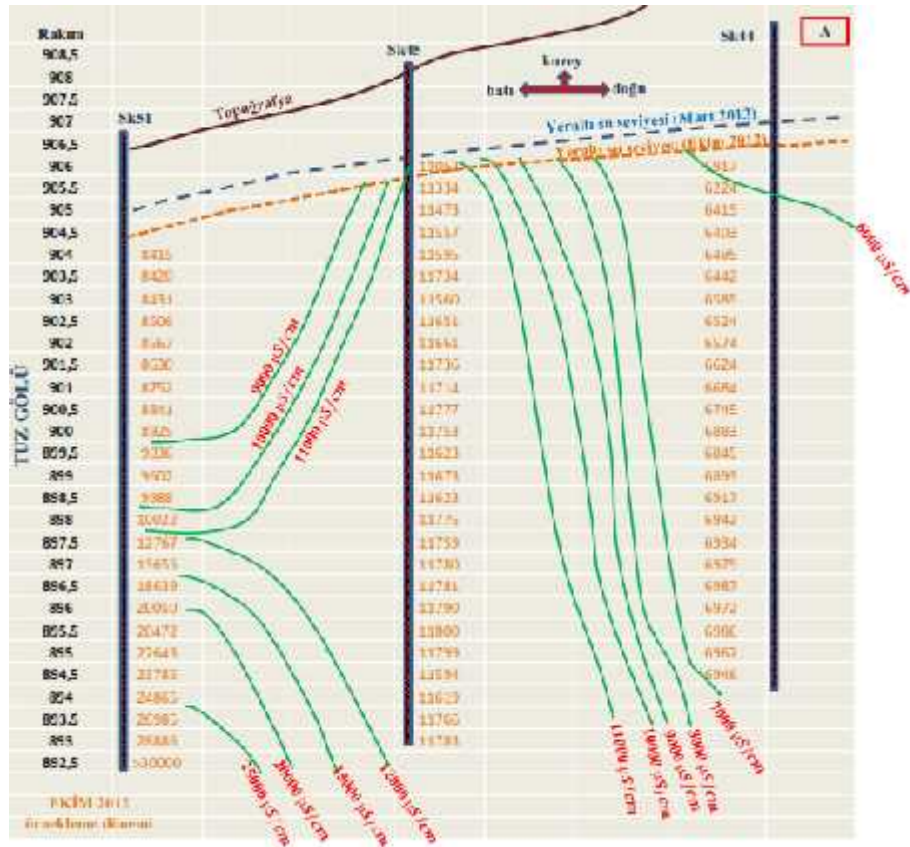
Şekil 8.5. SK - 37 numaralı araştırma kuyusunda EC değerlerinin derinliğe bağlı eğilim çizgisi (Ekim 2012)

SK-37 numaralı kuyuda Mart 2013 döneminde ölçülen EC değerlerinin derinliğe bağlı fonksiyonel bağıntısı incelendiğinde ise Derinlik - EC aralığında çizilen grafiğin konkav bir eğri oluşturduğu gözlemlenmiştir (Şekil 8.6.). Mart 2013 döneminde oluşan konkav eğri Ekim 2012 döneminde oluşan konkav eğriye benzerlik göstermektedir. SK-37 numaralı araştırma kuyusunda EC değerlerinin dönüm noktasına ulaştığı belirlenmiştir.



Şekil 8.6. SK - 37 numaralı araştırma kuyusunda EC değerlerinin derinliğe bağlı eğilim çizgisi (Mart 2013)

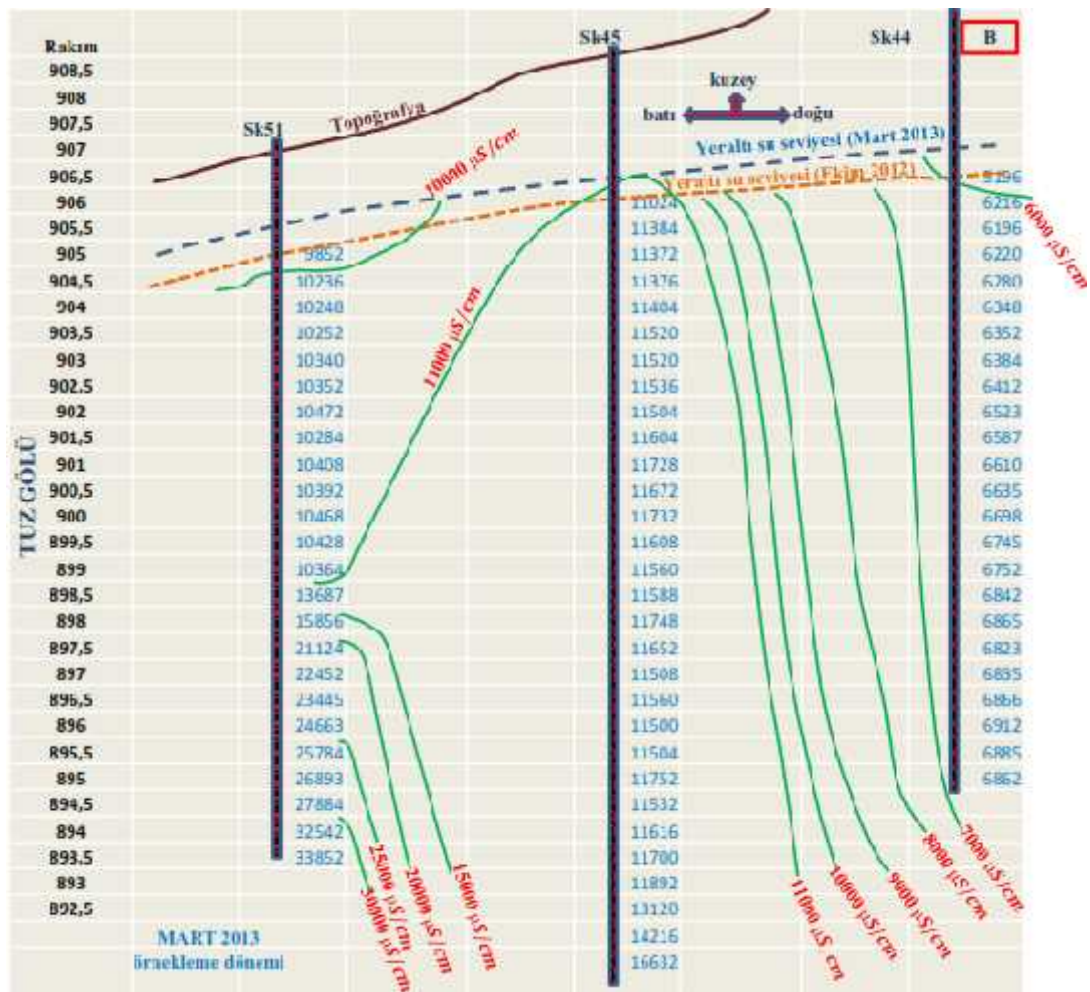
Ekim 2012 ölçüm döneminde SK-51, SK-45 ve SK-44 numaralı araştırma kuyularında ölçülen EC değerleri değerlendirildiğinde SK-51 numaralı kuyuda EC değerlerinin 8000 - >30000 µS/cm, SK-45 numaralı kuyuda 11000 µS/cm, SK-44 numaralı kuyuda ise 6000 - 7000 µS/cm aralığında değiştiği gözlemlenmiştir (Şekil 8.7.).



Şekil 8.7. SK - 51, SK-45 ve SK-44 numaralı araştırma kuyularında yatay ve düşey yönde EC dağılımı (Ekim 2012)

Derinliğe bağlı EC izohipsleri çizildiğinde Tuz Gölü'ne olan mesafede ikinci sırada yer alan SK-45 numaralı araştırma kuyusunun 906 - 899 kotları arasında en yüksek EC değerlerine sahip olduğu gözlenir. EC izohipsleri aynı kotlarda SK-45 numaralı kuyuda konkav bir eğri oluşturur. Bu konkav eğri, SK-45 numaralı kuyunun bulunduğu alanda gerçekleştirilen aşırı sulama sonucu gelişebileceği gibi bu bölgenin altında yer alan tuzlu bir birime bağlı olarak veya bu bölge altında gelişen kırık ve çatlak sistemleri boyunca yükselerek derinden gelen daha yoğun tuz derişimine sahip yeraltı suları tarafından da oluşturulmuş olabilir.

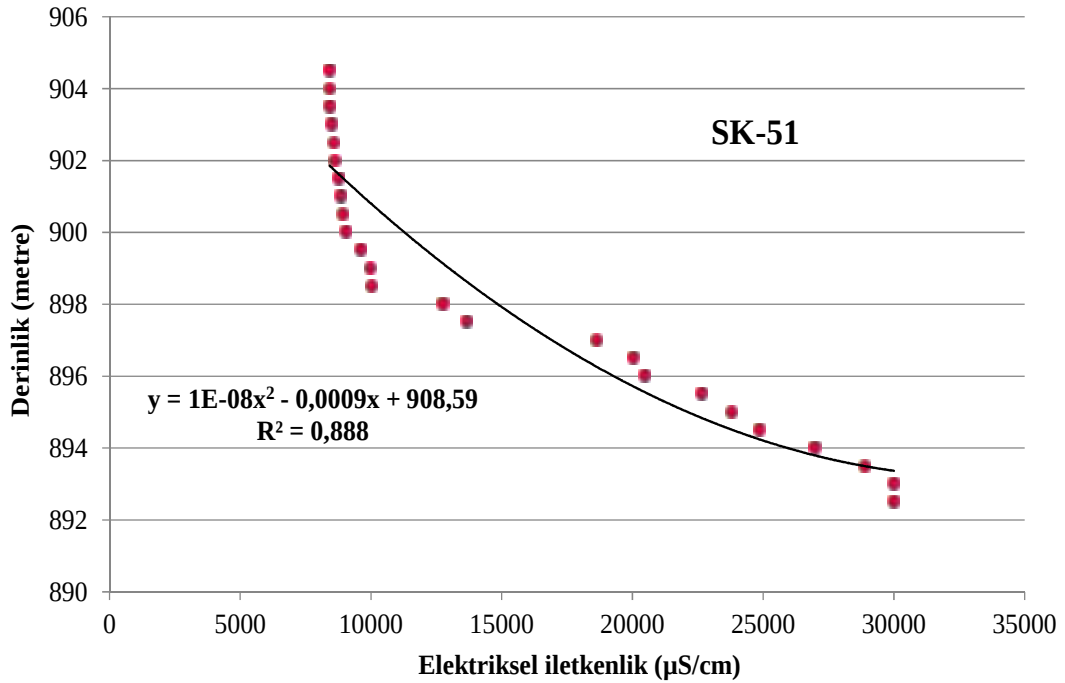
Yağışlı dönemi temsil eden Mart 2013 ölçüm döneminde EC izohipslerinin aynı kotlarda konkav bir eğri oluşturması bu eğrinin aşırı sulamaya bağlı olarak oluşmadığını gösterir. Mart 2013 ölçüm döneminde SK-51, SK-45 ve SK-44 numaralı araştırma kuyularında ölçülen EC değerleri ise SK-51 numaralı kuyuda 10000 - >34000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, SK-45 numaralı kuyuda 11000 - 16000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, SK-44 numaralı kuyuda ise 6000 - 7000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığında değişmiştir (Şekil 8.8.).



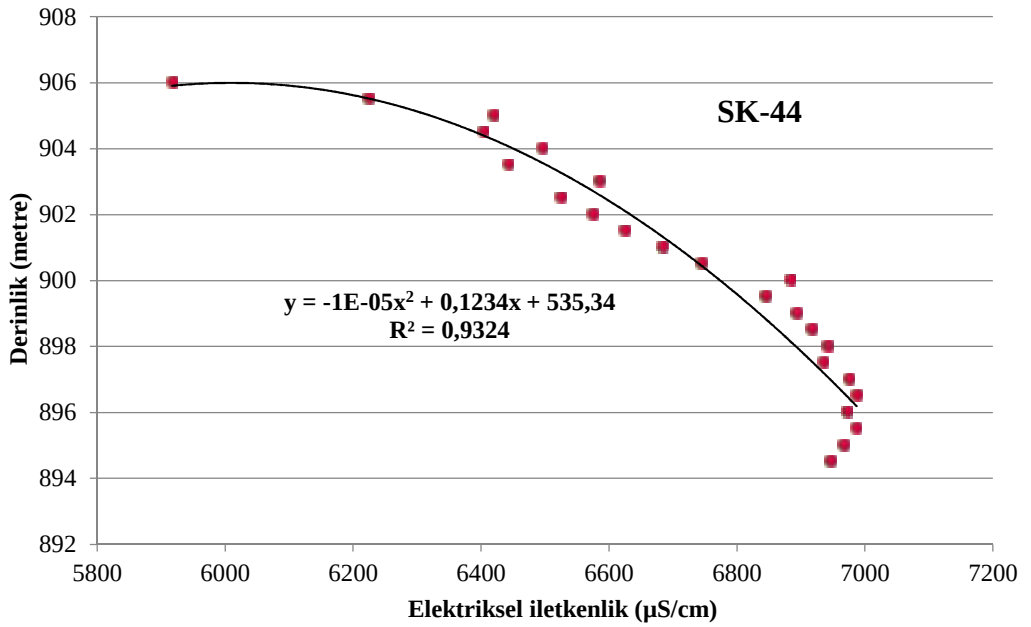
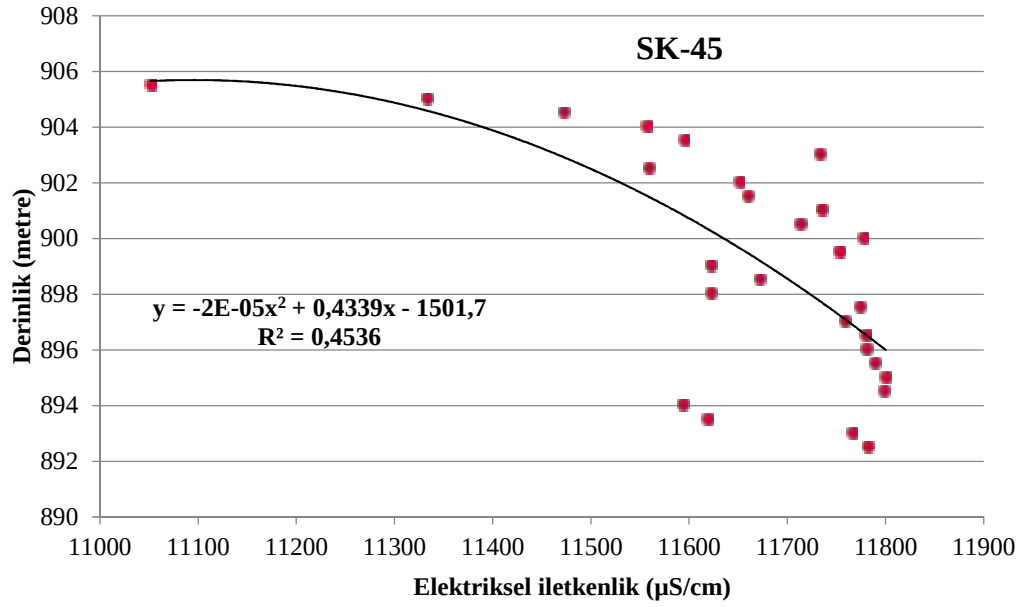
Şekil 8.8. SK - 51, SK-45 ve SK-44 numaralı araştırma kuyularında yatay ve düşey yönde elektriksel iletkenlik (EC) dağılımı (Mart 2013)

Mart 2013 döneminde SK-51 numaralı kuyuda ölçülen EC değerleri Ekim 2012 döneminde ölçülen değerlerden daha yüksektir. Konkav eğrinin dönüşüm kotu olan 898 - 893 metre kotlarında EC değerleri çok yüksek değerler alır. Bunun nedeni 898 - 893 metre kotlarının geçirimsizliği yüksek kumdan oluşması olabilir. Geçirimsizliği yüksek birimler boyunca Tuz Gölü'nün yeraltı sularını etkileme potansiyeli artacaktır. SK-45 ve SK-44 numaralı kuyularda dönemsel olarak önemli bir değişim gözlenmemiştir. SK-45 numaralı kuyuda 893 metre kotundan sonra EC değerleri 1000 - 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ oranında artış gösterir.

SK-51, SK-45 ve SK-44 numaralı araştırma kuyularında EC değerlerinin derinliğe bağlı fonksiyonel eğilim çizgileri incelendiğinde EC ile derinlik arasında kuvvetli bir ilişki gözlenir (Şekil 8.9.). SK-51 numaralı kuyuda derinlik - EC aralığında çizilen grafik konveks bir eğri oluşturur. Diğer bir ifadeyle bükülme yönü yukarıya doğrudur ve EC değerleri araştırma kuyusunun bulunduğu mesafe içerisinde derinliğe bağlı olarak artma eğilimi göstermektedir. Eğilim çizgisinin regresyon katsayısı 0,88'dir. SK-51 numaralı kuyunun eğilim çizgisi 898 ve 893 metre kotları arasında pik oluşturur. Bu kotlar arasında EC değerleri hızlı bir yükselim eğilimi gösterir.



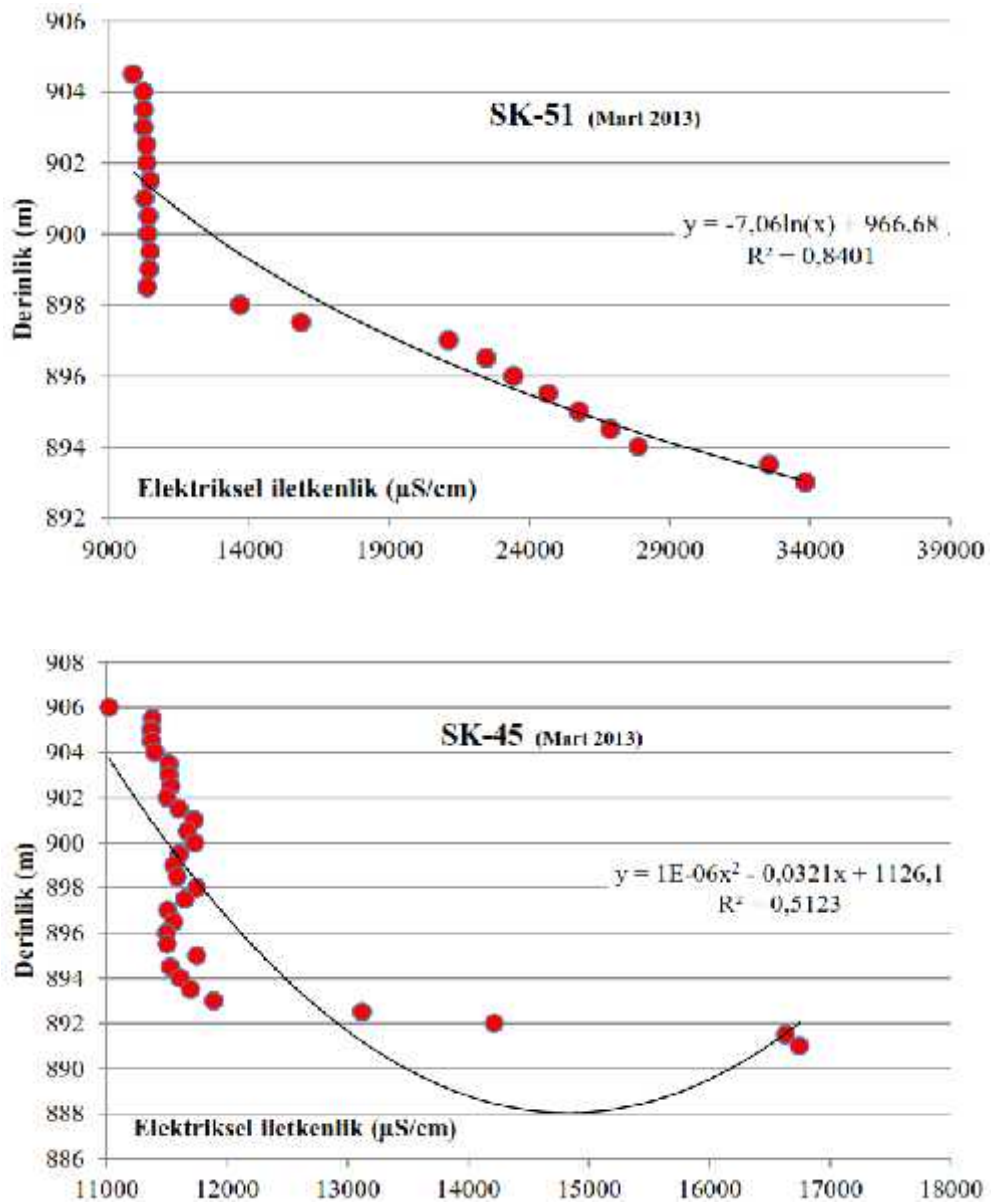
Şekil 8.9. SK-51, SK-45 ve SK-44 numaralı araştırma kuyularında EC değerlerinin derinliğe bağlı eğilim çizgileri (Ekim 2012)



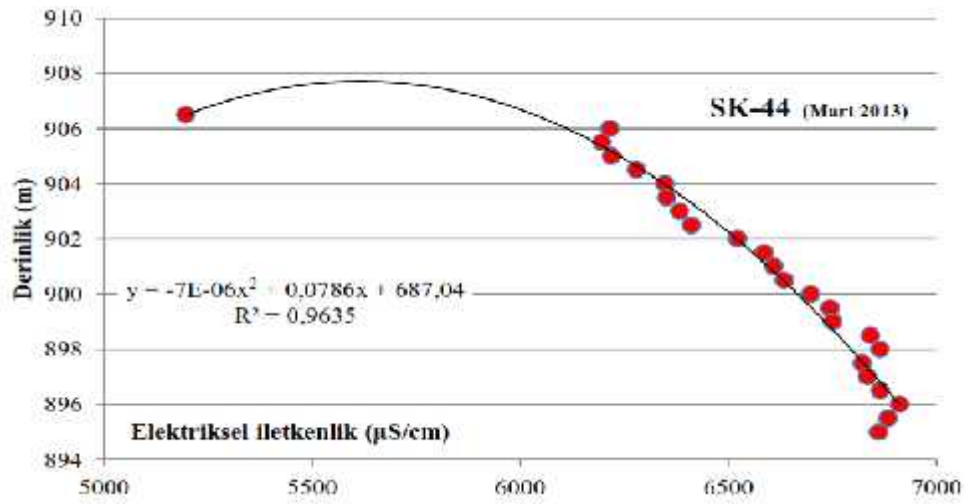
Şekil 8.9. SK-51, SK-45 ve SK-44 numaralı araştırma kuyularında EC değerlerinin derinliğe bağlı eğilim çizgileri (Ekim 2012) (devam ediyor)

SK-45 ve SK-44 numaralı kuyularda ölçülen EC değerlerinin derinliğe bağlı fonksiyonel bağıntısı incelendiğinde ise derinlik - EC aralığında çizilen grafiğin konkav bir eğri oluşturduğu gözlemlenmiştir. Oluşan konkav eğri SK-45 numaralı araştırma kuyusunda EC değerlerinin dönüm noktasına ulaştıklarını göstermiştir. EC değerlerinin dönüm noktasına ulaşmasıyla EC değerleri mesafeye bağlı olarak azalma eğilimine girmiştir. SK-45 numaralı kuyu için çizilen eğilim çizgisini oluşturan EC değerlerinin eğriden sapma göstermesi de bu kuyuda EC değerlerinin dönüm noktasına ulaştıklarının bir göstergesidir.

SK-51, SK-45 ve SK-44 numaralı araştırma kuyularında Mart 2013 ölçüm dönemine ait EC değerlerinin derinliğe bağlı fonksiyonel eğilim çizgileri derinliğe bağlı kuvvetli bir artış gösterir (Şekil 8.10.). SK-51 ve SK-45 numaralı kuyularda derinlik - EC aralığında çizilen grafik konveks bir eğri oluşturur. SK-51 numaralı kuyunun eğilim çizgisi 898 ve 894 metre kotları arasında, SK-45 numaralı kuyunun eğilim çizgisi ise 893 metre kotunda yatay pik oluşturur. Bu kotlar arasında EC değerleri hızlı bir yükselim gösterir. EC değerlerinde görülen bu artışa geçirimsizliği yüksek birimler neden olarak gösterilebilir. SK-45 numaralı kuyuda Ekim döneminde görülen konkav eğri Mart döneminde konveks eğri şeklinde gözlenmiştir. Bunun nedeni 893 metre kotundan sonra ölçülen yüksek EC değerleridir.

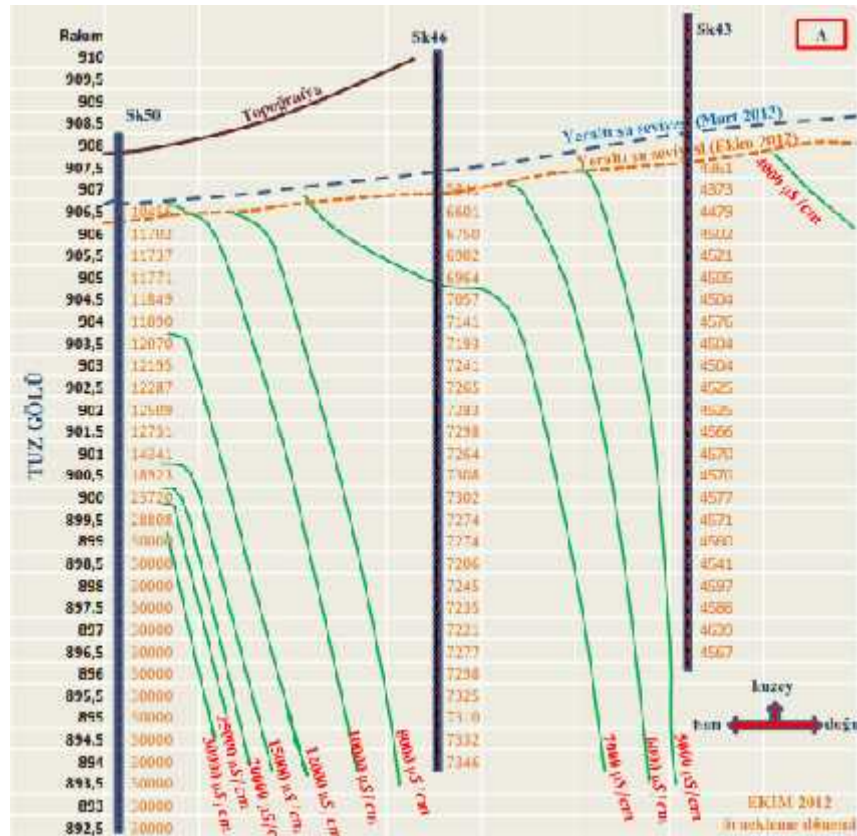


Şekil 8.10. SK-51, SK-45 ve SK-44 numaralı araştırma kuyularında EC değerlerinin derinliğe bağlı eğilim çizgileri (Mart 2013)



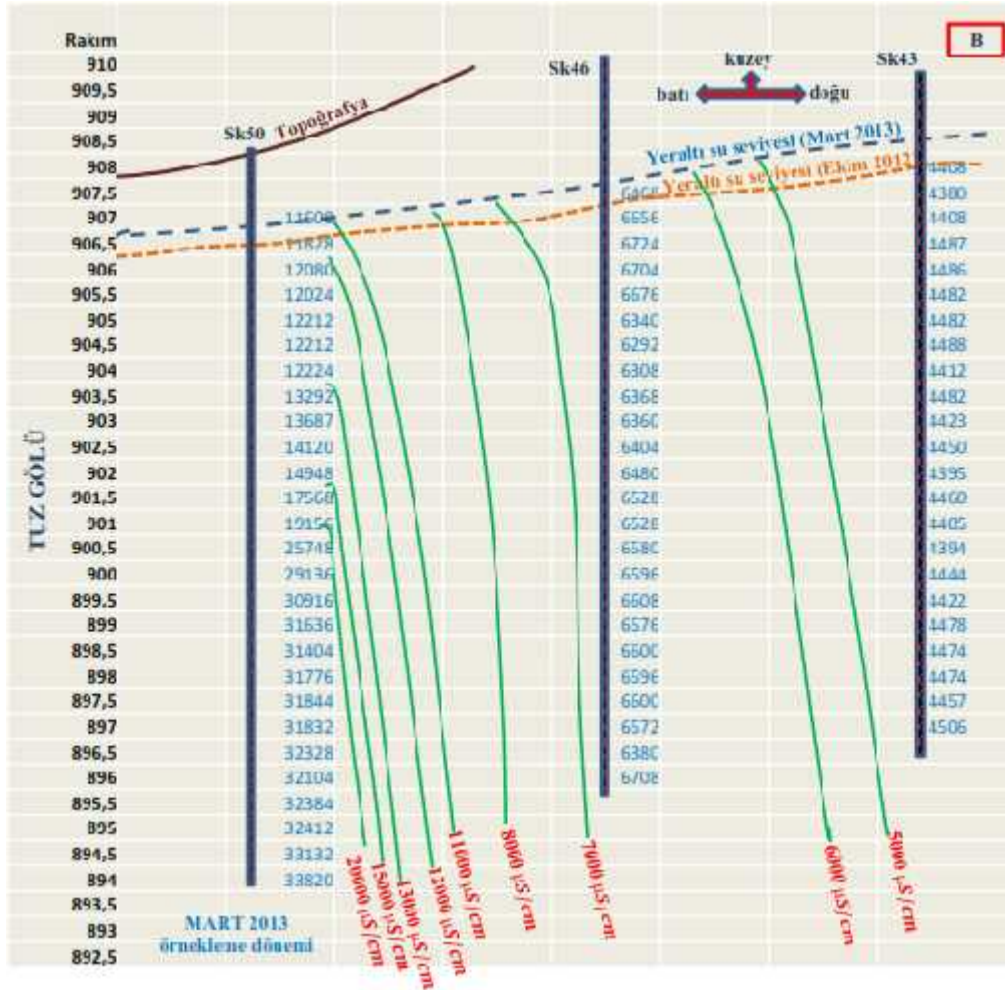
Şekil 8.10. SK-51, SK-45 ve SK-44 numaralı araştırma kuyularında EC değerlerinin derinliğe bağlı eğilim çizgileri (Mart 2013) (devam ediyor)

Ekim 2012 ölçüm döneminde SK-50, SK-46 ve SK-43 numaralı araştırma kuyularında EC değerleri SK-50 numaralı kuyuda 10000 - >30000 $\mu\text{S/cm}$, SK-46 numaralı kuyuda 6000 - 7500 $\mu\text{S/cm}$, SK-43 numaralı kuyuda ise 4000 - 4500 $\mu\text{S/cm}$ aralığında değişir (Şekil 8.11.). Derinliğe bağlı EC izohipsleri arasındaki mesafe Tuz Gölü'nden uzaklaştıkça batıdan doğuya doğru artış gösterir. SK-50 numaralı kuyuda derinliğe bağlı EC değerleri 901 metre kotundan sonra hızla yükselir (Şekil 8.12).



Şekil 8.11. SK-50, SK-46 ve SK-43 numaralı araştırma kuyularında yatay ve düşey yönde EC dağılımı (Ekim 2012)

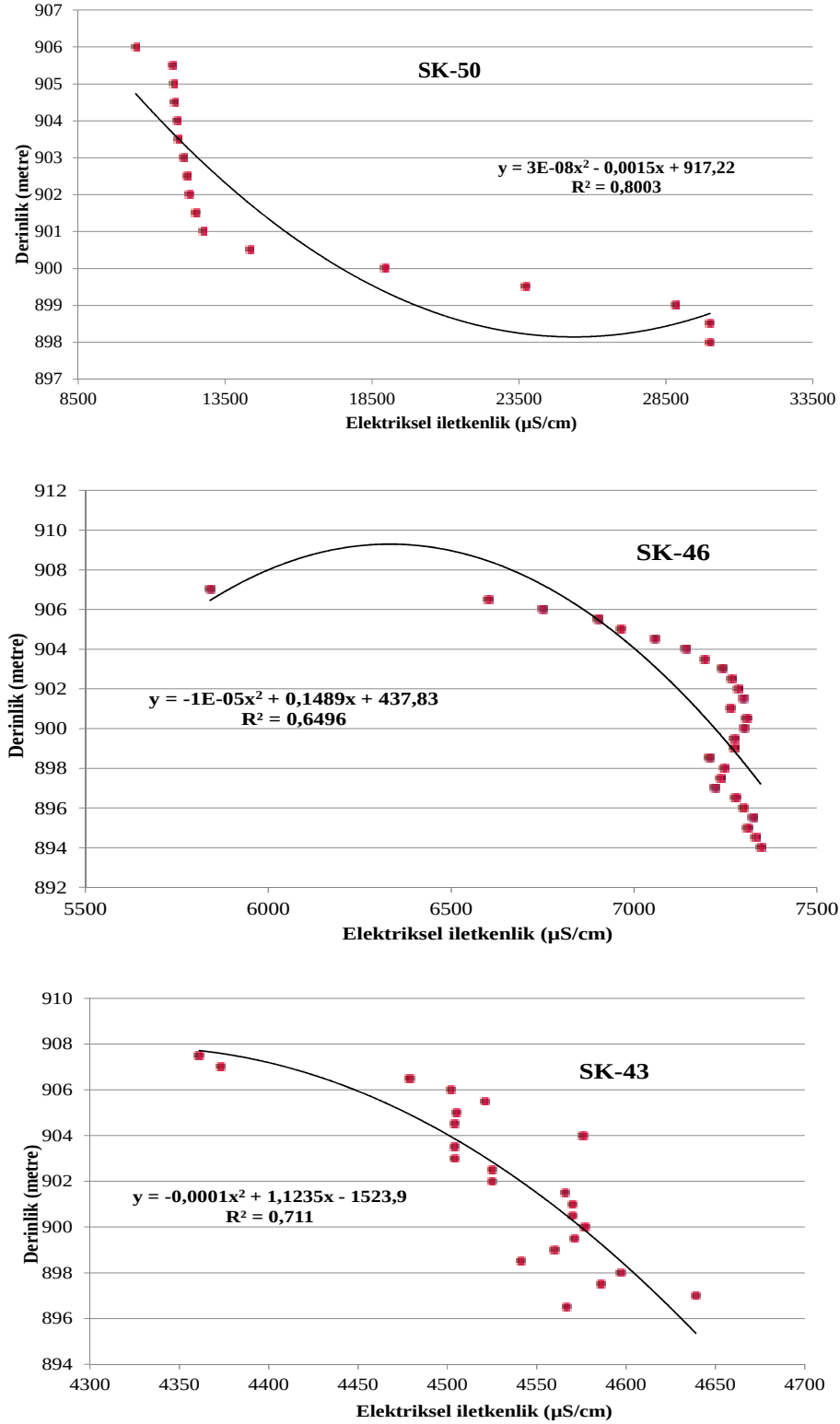
Bu değişim 10 metre derinlikte 10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ seviyesine ulaşırken SK-46 numaralı kuyuda 10 metrede 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, SK-43 numaralı kuyuda ise 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ seviyesinde gözlenir. Mart 2013 ölçüm döneminde SK-50 numaralı kuyuda EC değerleri artış gösterirken SK-46 numaralı kuyuda ise EC değerlerinin azaldığı, SK-43 numaralı kuyuda ise değişim olmadığı görülür. SK-46 numaralı kuyuda gözlenen azalma mevsimsel yağışlara bağlı olarak gelişmiş olabilir.



Şekil 8.12. SK-50, SK-46 ve SK-43 numaralı araştırma kuyularında yatay ve düşey yönde elektriksel iletkenlik dağılımı (Mart 2013)

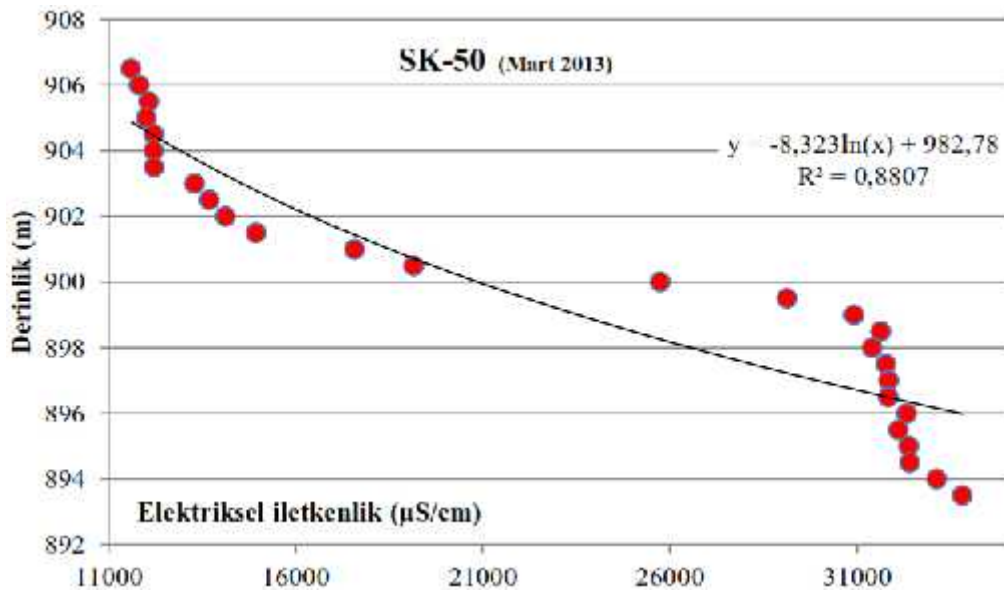
SK-50, SK-46 ve SK-43 numaralı araştırma kuyularında EC değerlerinin derinliğe bağlı fonksiyonel eğilim çizgileri incelendiğinde EC değerleri ile derinlik arasında kuvvetli bir ilişki belirlenmiştir (Şekil 8.13.). SK-50 numaralı kuyuda derinlik - EC aralığında çizilen grafik konveks bir eğri oluşturur. Diğer bir ifadeyle bükülme yönü yukarıya doğrudur ve EC değerleri araştırma kuyusunun bulunduğu mesafe içerisinde derinliğe bağlı olarak artma eğilimi göstermektedir. Eğilim çizgisinin regresyon katsayısı 0,80 bulunmuştur. SK-46 ve SK-43 numaralı kuyularda ölçülen EC değerlerinin derinliğe bağlı fonksiyonel bağıntısı incelendiğinde ise derinlik - EC aralığında çizilen grafiğin

konkav bir eğri oluşturduğu gözlemlenmiştir. Oluşan konkav eğri araştırma kuyularında EC değerlerinin dönüm noktasına ulaştıklarını göstermiştir. EC değerlerinin dönüm noktasına ulaşmasıyla EC değerlerinin mesafeye bağlı olarak azalma eğilimine girdiği söylenebilir.



Şekil 8.13. SK-50, SK-46 ve SK-43 numaralı araştırma kuyularında EC değerlerinin derinliğe bağlı eğilim çizgileri (Ekim 2012)

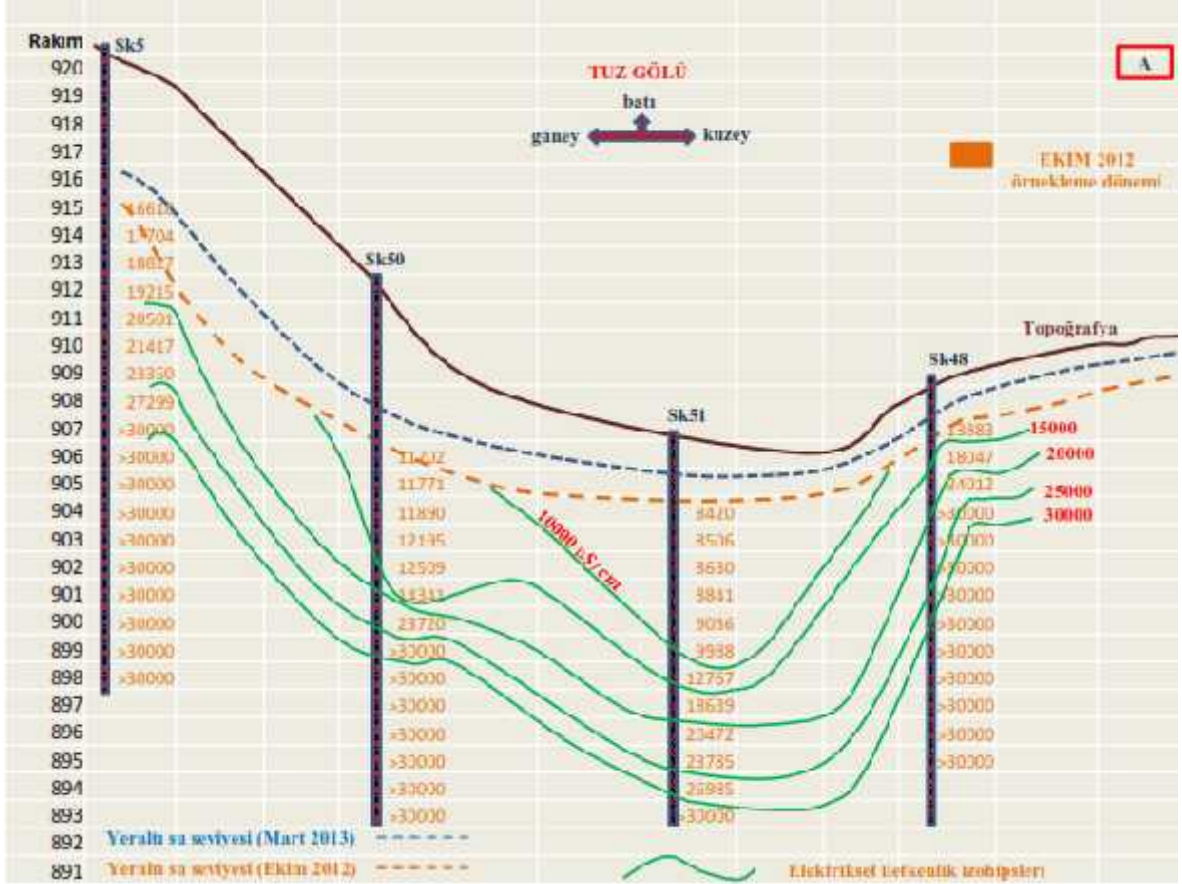
Mart 2013 ölçüm döneminde SK-50 numaralı araştırma kuyusunda EC ölçümlerinin derinliğe bağlı fonksiyonel eğilim çizgileri değerlendirildiğinde EC değerlerinin derinlikle arttığı görülür (Şekil 8.14.). SK-50 numaralı kuyuda derinlik - EC aralığında çizilen grafik konveks bir eğri oluşturur. Eğilim çizgisi grafik üzerinde 903 ve 899 metre kotları arasında yatay pik oluşturur. EC değerlerinin kısa mesafe içerisinde hızlı değişim gösterdiği bu aralık geçirimsizliği yüksek kum veya çakıl birimlerin varlığı ile açıklanabilir. Göle yakın kuyularda göl seviyesinden itibaren EC değerlerinde bir artış eğilimi gözlenmesi Tuz Gölü'nden gerçekleşen tuzlu su girişimine işaret etmektedir.



Şekil 8.14. SK-50 numaralı araştırma kuyusunda EC değerlerinin derinliğe bağlı eğilim çizgisi (Mart 2013)

Ekim 2012 ölçüm döneminde EC değerlerinin güney - kuzey yönlü dağılım değerlendirmesi yapıldığında SK-5, SK-50, SK-51 ve SK-48 numaralı araştırma kuyularında EC değerlerinin sırasıyla 16000 - >30000 µS/cm, 10000 - >30000 µS/cm, 8000 - >30000 µS/cm ve 13000 - >30000 µS/cm aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 8.15.). EC izohipsleri yeraltı su seviyesine uyumlu olarak havzanın güney ve kuzey kesimlerinde artma, havzanın orta kesimlerinde ise azalma eğilimi gösterir. Kesitte EC izohipsleri birbirlerine uyumlu olarak sıralanmıştır. İzohipsler kenar kesimlerde sıklaşırken orta kesimlerde izohipsler arasındaki mesafenin arttığı görülür. İnceleme alanının da gelişen kırık sistemleri, jeolojik birimlerin litolojik ve hidrojeolojik özellikleri, hidrolik dolaşımda bulunan farklı kökenli suların karışımı veya tarımsal sulama için kuyulardan aşırı pompajla su çekilmesi gibi etkenler EC izohipslerinin farklı eğriler oluşturmaya neden olabilir.

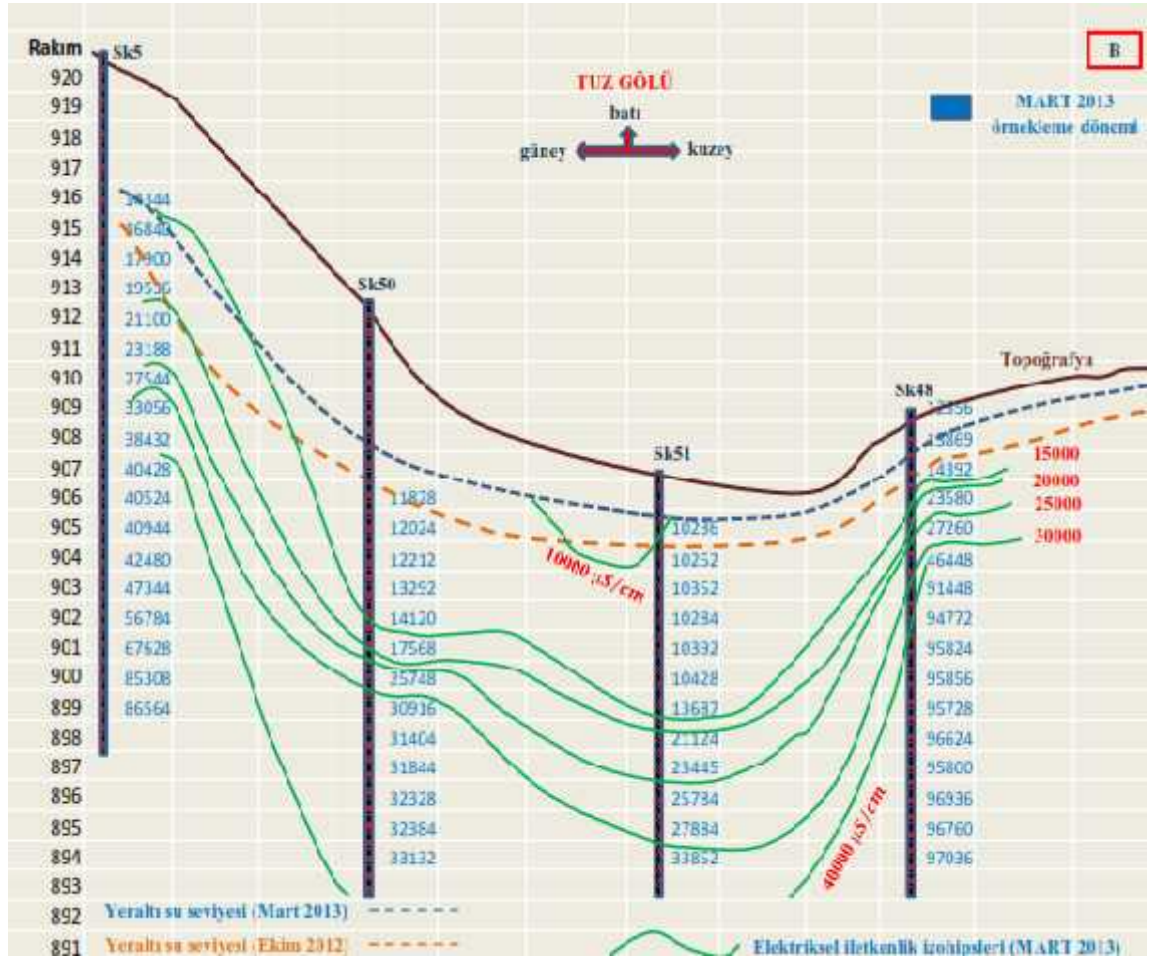
İnceleme alanında havzanın kenar kesimlerinde EC izohipslerinin artma eğilimi göstermesi havzanın güney ve kuzeyinde tektonik kontrollü gelişen kırık sistemler boyunca yükselen daha tuzlu yeraltı sularına veya tuz içeriği zengin kil birimlere bağlanabilir.



Şekil 8.15. SK-5, 50, 51 ve 48 numaralı araştırma kuyularında yatay ve düşey yönde EC dağılımı (Ekim 2012)

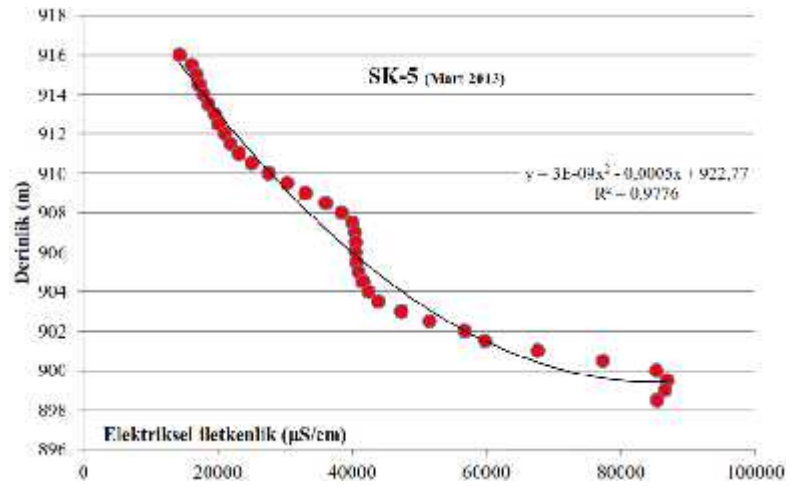
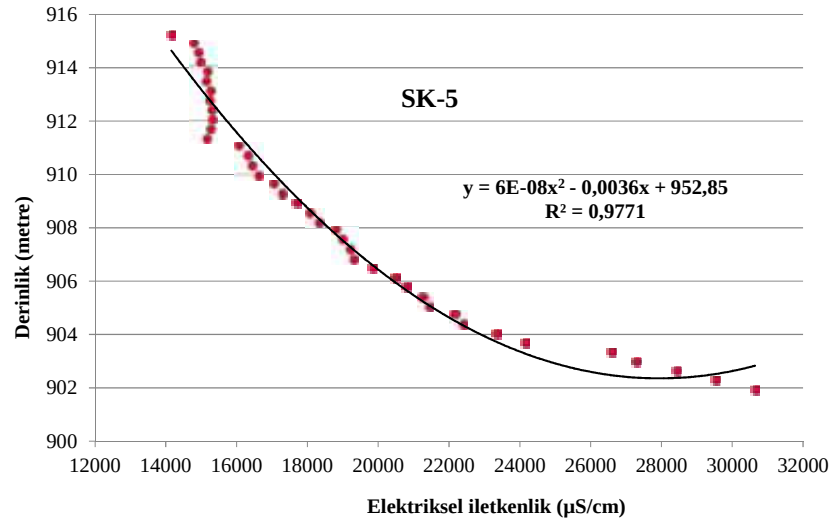
Mart 2013 ölçüm dönemi için EC değerlerinin güney - kuzey yönlü değişim grafiğinde EC izohipsleri Ekim 2012 dönemi ile uyumludur (Şekil 8.16.). EC izohipsleri Ekim 2012 ölçüm dönemine oranla daha yüksek kotlarda yer alır. Bu da bize kuyuların tuzluluk konsantrasyonlarının Mart 2013 döneminde biraz daha arttığını gösterir. En fazla artış SK-51 numaralı kuyuda gözlenir. Kuzeyde yer alan SK-48 numaralı kuyudaki artış 905 metre kotunda pik yaparak devam eder. Bu artış göl seviyesinde pik yaptığından dolayı bu kuyunun doğrudan Tuz Gölü'nden beslendiği söylenebilir. SK-51 numaralı kuyunun EC değerlerinin 898 metre kotunda pik yaparak yükselmesi ise 898 metre kotundan sonra daha geçirimli birimlerin varlığı ile yani litoloji değişimi ile açıklanabilir.

Güneyde yer alan ve gerek topoğrafik kot gerekse yeraltı suyu seviyesi olarak Tuz Gölü'nden daha yüksek bir konumda bulunan SK-5 numaralı kuyuda ölçülen yüksek EC değerleri ise ancak evaporitik birimler ve tektonik sistemle açıklanabilir. Kuyunun büyük bir kırık sistem üzerinde bulunması da bu görüşü destekler niteliktedir.



Şekil 8.16. SK-5, 50, 51 ve 48 numaralı araştırma kuyularında yatay ve düşey yönde EC dağılımı (Mart 2013)

SK-5 numaralı araştırma kuyusunda ölçümler sonucunda elde edilen EC değerlerinin derinliğe bağlı fonksiyonel eğilim çizgisi konveks bir eğridir (Şekil 8.17.). EC değerleri araştırma kuyusunun bulunduğu mesafe içerisinde derinliğe bağlı olarak artma eğilimi göstermektedir. Eğilim çizgisinin regresyon katsayısı 0,97 bulunmuştur. SK-5 numaralı araştırma kuyusu 900 metrede dikey, 910 ve 903 metrelerde ise yatay pik vermiştir. Bu piklerin nedeni olarak kuyu çevresinde gözlenen farklı hidrojeolojik özellikteki birim değişimleri gösterilebilir. Hidrolik iletkenliği yüksek birimler grafik üzerinde yatay pikler oluşturur.

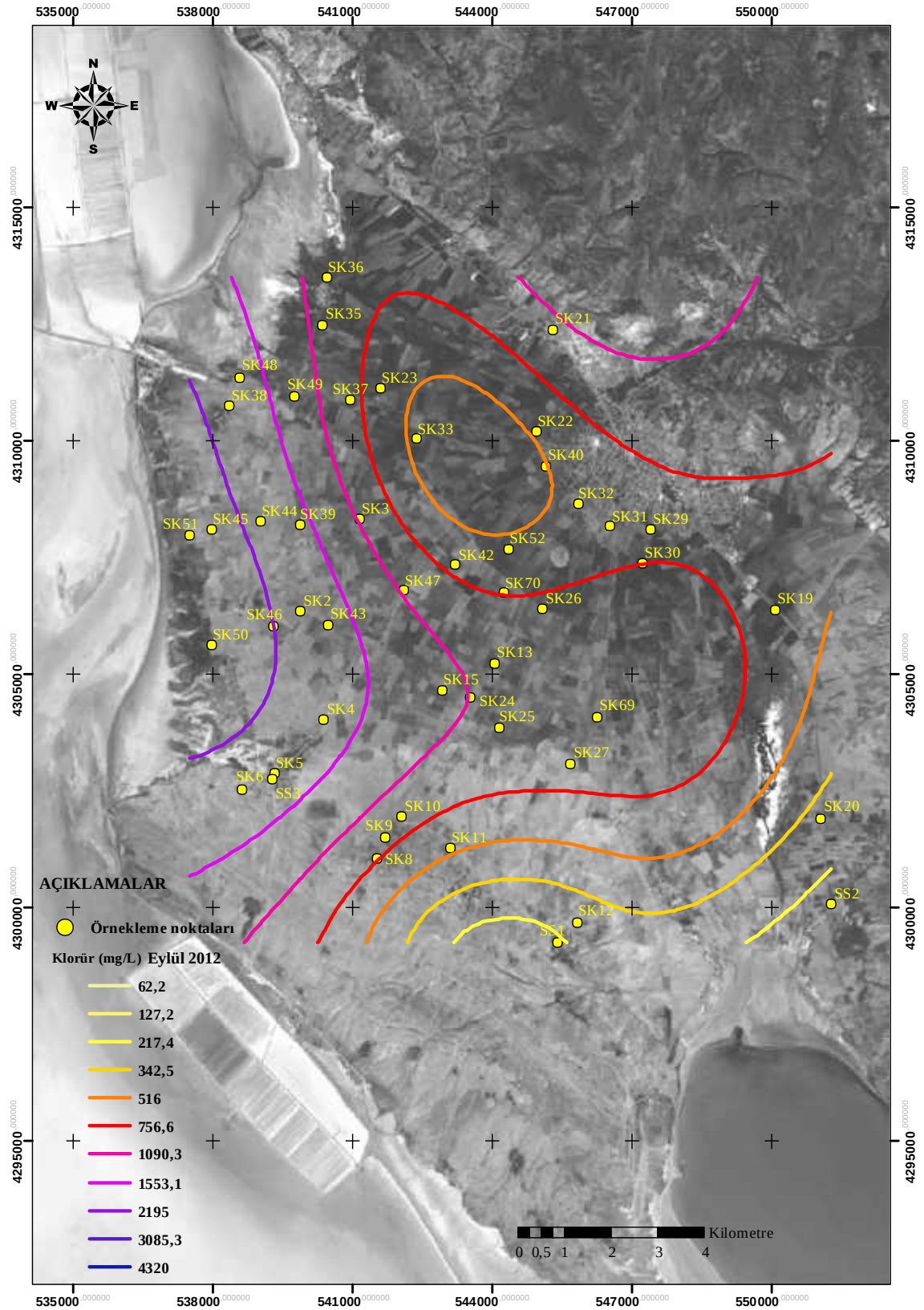


Şekil 8.17. SK-5 numaralı araştırma kuyularında EC değerlerinin derinliğe bağlı eğilim çizgileri (Ekim 2012, Mart 2013)

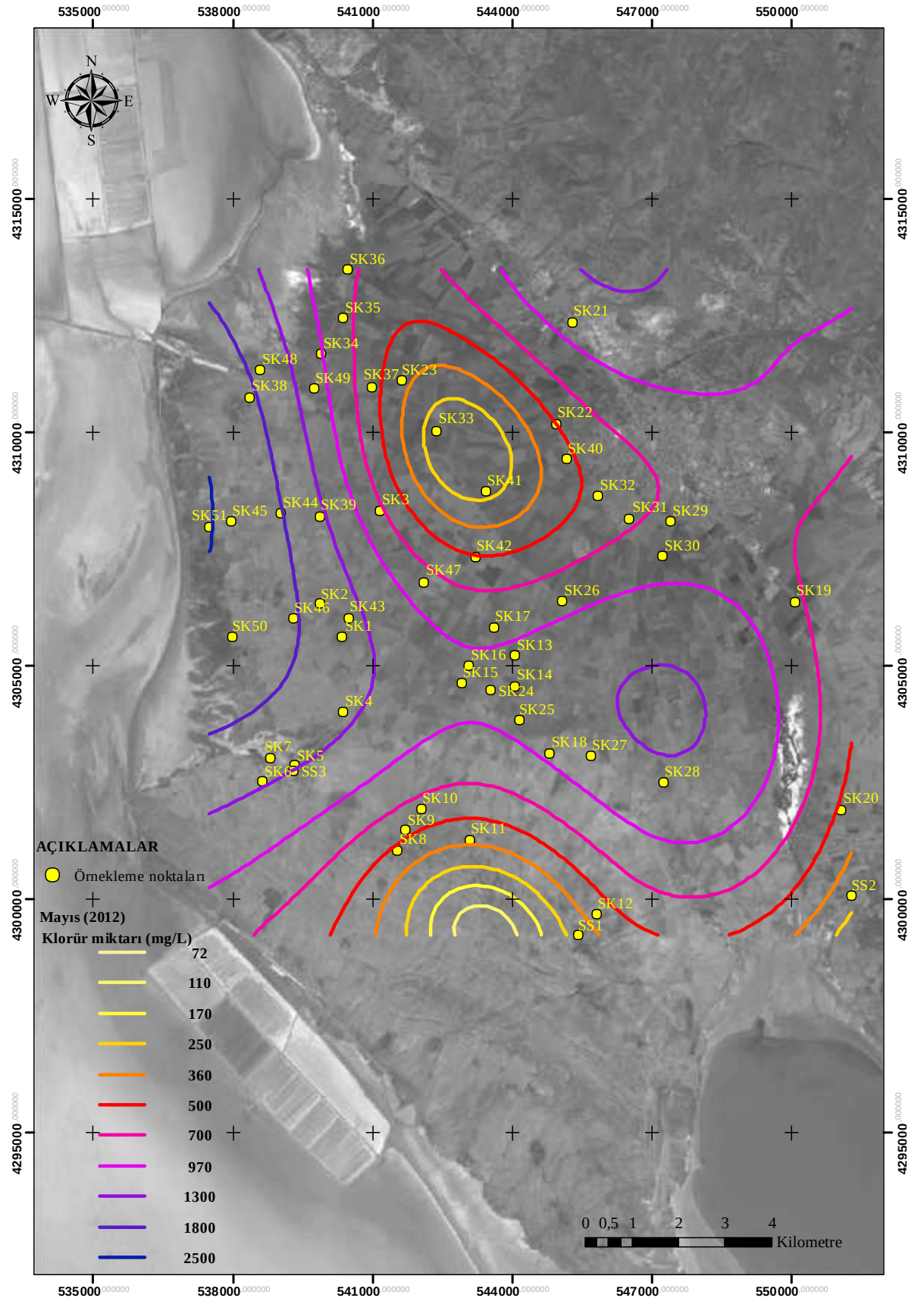
8.3. Kontur Diyagramlarla Tuzluluk Analizi

Mayıs 2012 ve Eylül 2012 örnekleme dönemlerine ait kimyasal analiz sonuçları kullanılarak ArcGIS yazılımı sayesinde üretilen klorür iyon derişimi dağılım haritaları incelendiğinde klorür miktarının Tuz Gölü'nden uzaklaştıkça azaldığı görülmektedir (Şekil 8.18., Şekil 8.19.). İnceleme alanının kuzeyinde yer alan alüvyon saha içerisinde eğrilerin konverjan bir nap oluşturdıkları gözlenmiştir. Konverjan napın oluşmasına batıda Tuz Gölü doğuda ise yüksek kotlu tepelerde gözlenen evaporitik seviyeler veya tektonik hat üzerinde yukarıya yükselen tuzlu su girişimlerinin neden olduğu düşünülmektedir. Yüksek değerli Cl⁻ izohipslerinin alüvyonun güney bölgesine doğru genişlemesi bu bölgedeki geçirimsizliği yüksek birimlere veya bölge üzerinde gelişen tektonik kırık sistemine bağlanabilir. Klorür izohipsleri Karamolluşağı ve Çavuşköy gibi topografik yükseltisi fazla bölgelerde litolojiye bağlı olarak düşük değerler göstermiştir.

Kurak dönemi temsil eden Eylül 2012 döneminde klorür iyon derişim miktarlarının yağışlarının azalmasına ve sıcaklık değerlerinin yükselmesine bağı olarak yağışlı döneme oranla (Mayıs 2012) arttığı belirlenmiştir.

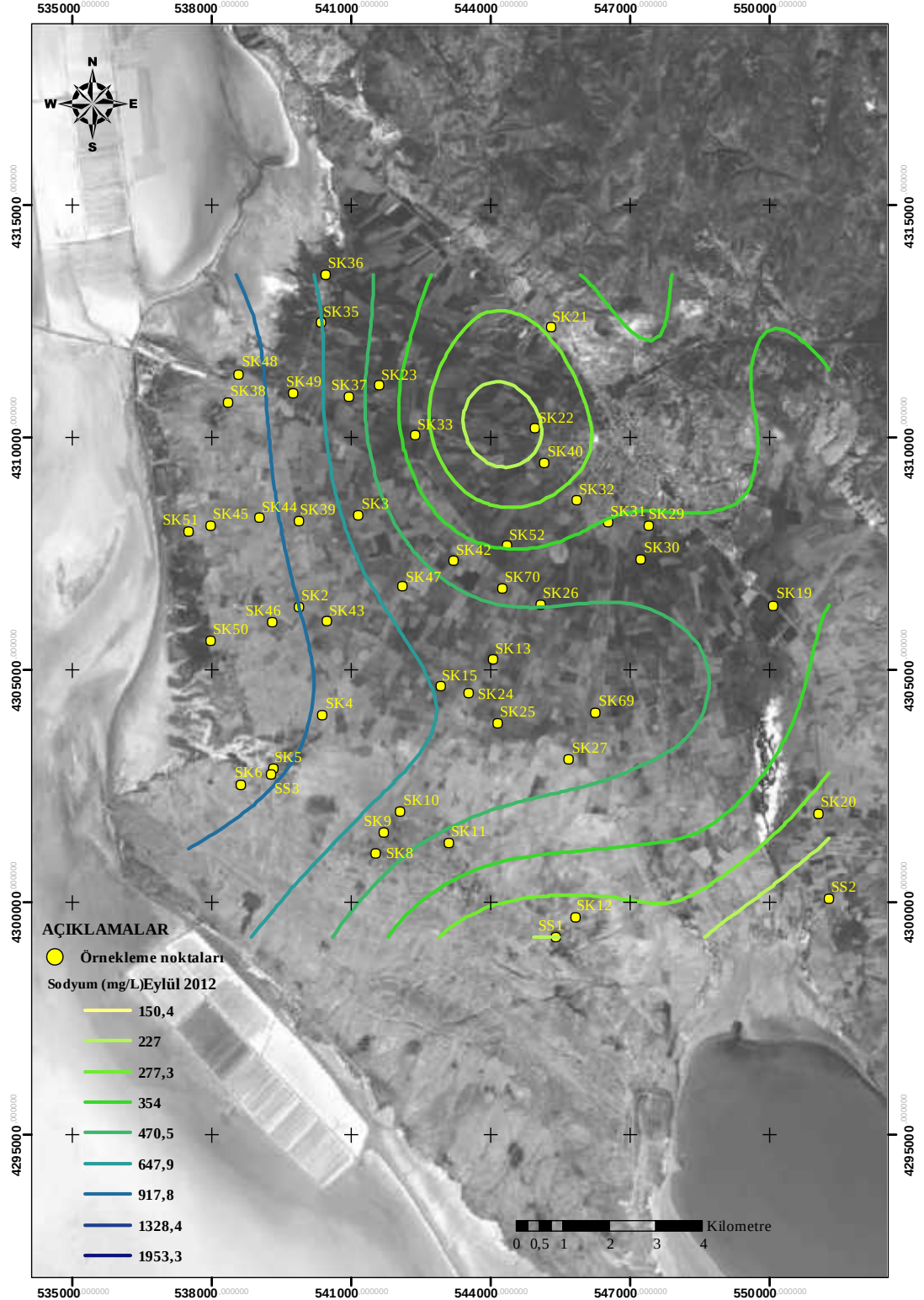


Şekil 8.18. İnceleme alanında klorür iyonunun dağılımı (Eylül 2012)



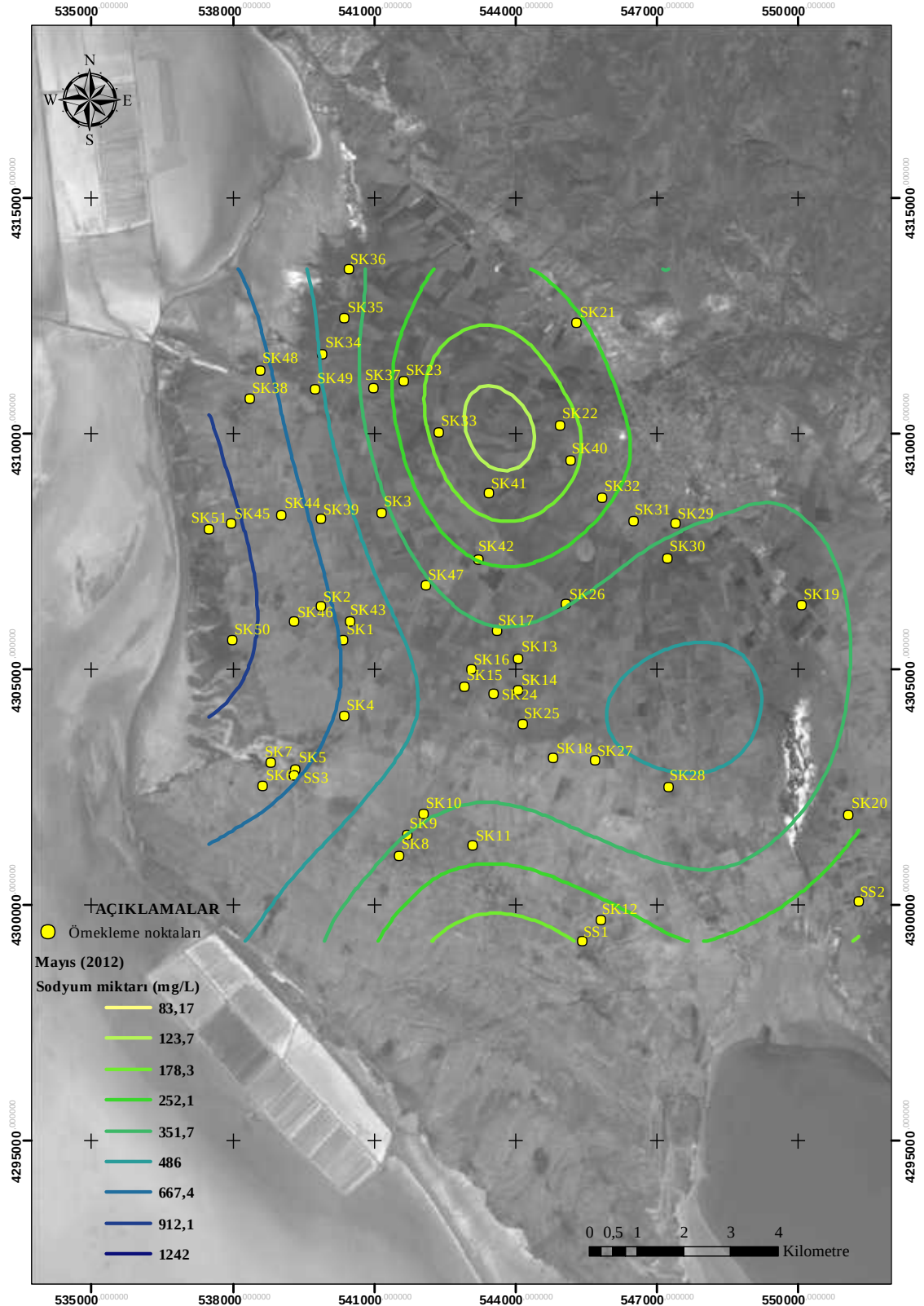
Şekil 8.19. İnceleme alanında klorür iyonunun dağılımı (Mayıs 2012)

Yeraltı sularında tuzlanmanın önemli göstergelerinden birisi olan Na^+ iyon derişimlerinin saha içerisindeki dağılımları incelendiğinde Na^+ iyonu için çizilen izohipslerin klorür izohipslerine benzer dağılım gösterdiği görülmektedir (Şekil 8.20., Şekil 8.21.). Tuz Gölü'nden uzaklaştıkça Na^+ izohipslerinin değerleri azalır. Mevsimsel olarak kurak dönemde oluşan izohipsler yağışlı döneme göre daha yüksek değerler almıştır.



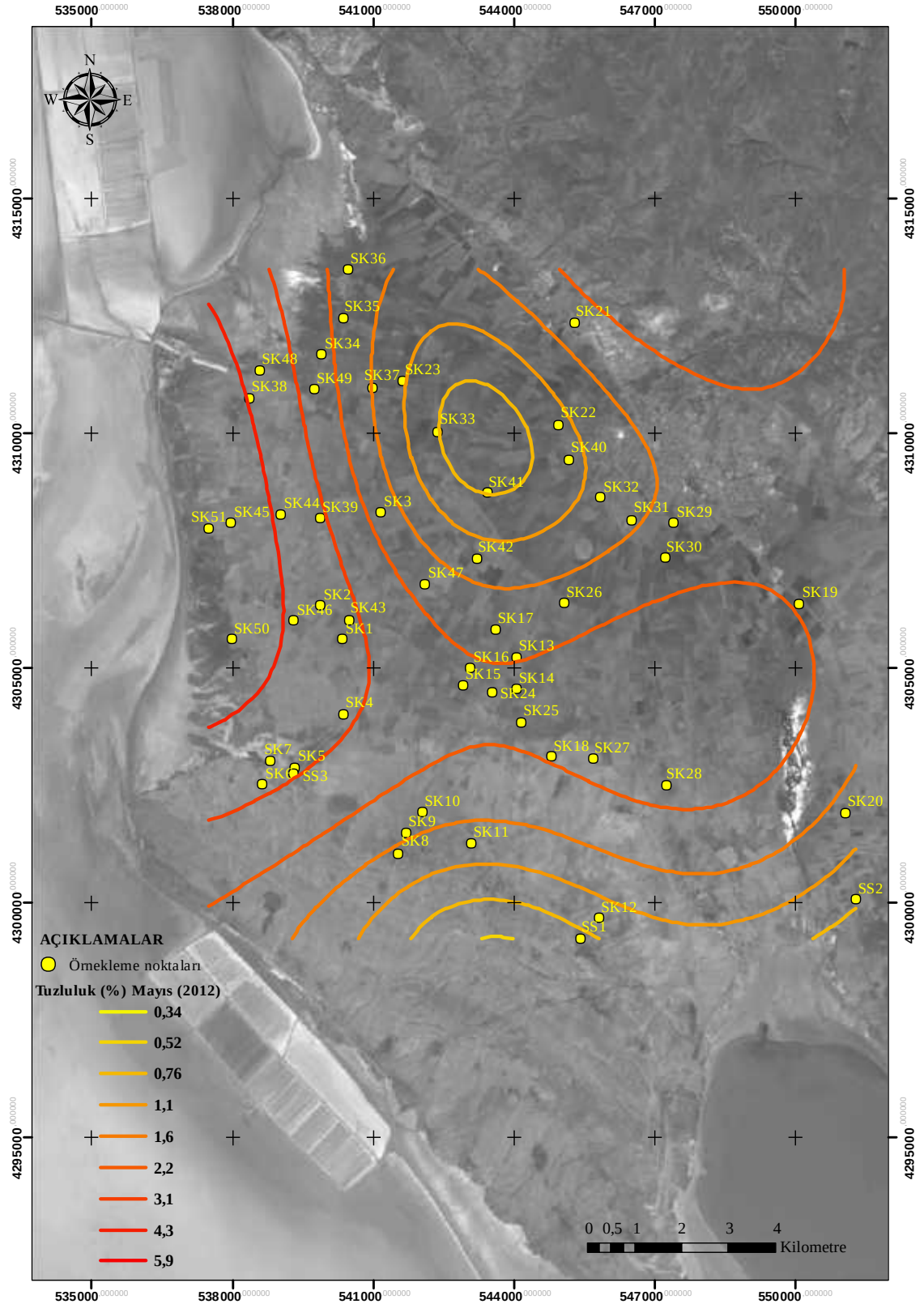
Şekil 8.20. İnceleme alanında Na^+ iyonunun dağılımı (Eylül 2012)

İnceleme alanında yer alan alüvyonun kuzey ve güney bölgelerinde iki farklı konverjan nap gelişir. Kuzeyde oluşan napın izohips çizgilerinin daha düzgün ve sık olması bu bölgede bulunan birimlerin geçirimsizlik değerlerinin daha düşük olduğunu kuzeyde oluşan napın izohips eğrilerinin geniş ve uzunlamasına olması ise bu bölgede görülen tuzlanmanın daha çok tektonik kontrollü olduğunu göstermektedir.



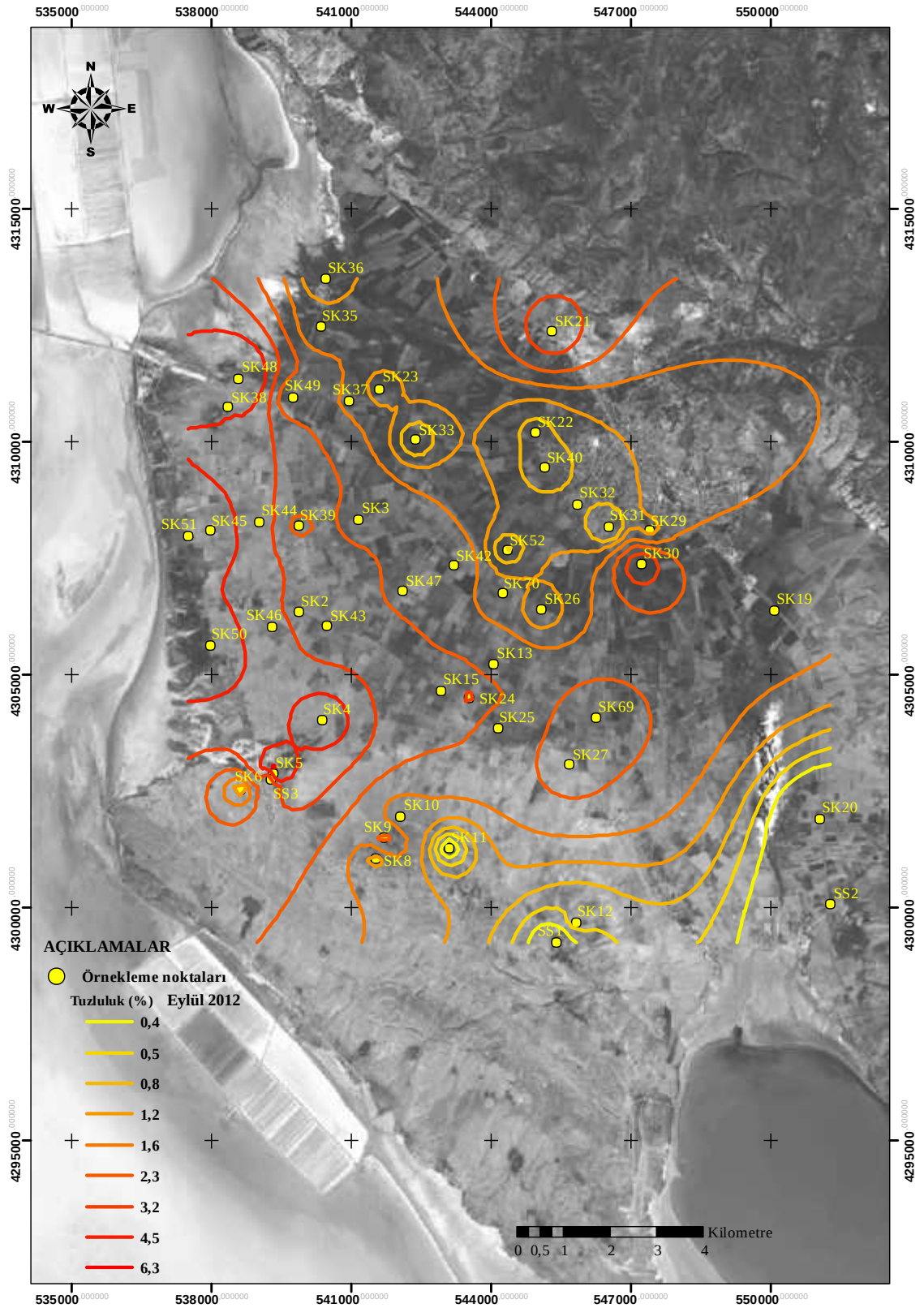
Şekil 8.21. İnceleme alanında sodyum iyonunun dağılımı (Mayıs 2012)

Saha çalışmaları kapsamında örnekleme dönemleri boyunca yerinde ölçülen tuzluluk (%) değerlerinin saha içerisindeki dağılımları incelendiğinde Tuzluluk izohipslerinin Na^+ ve Cl^- iyonu için çizilen izohipslere oldukça benzer dağılım gösterdiği görülmektedir (Şekil 8.22.).



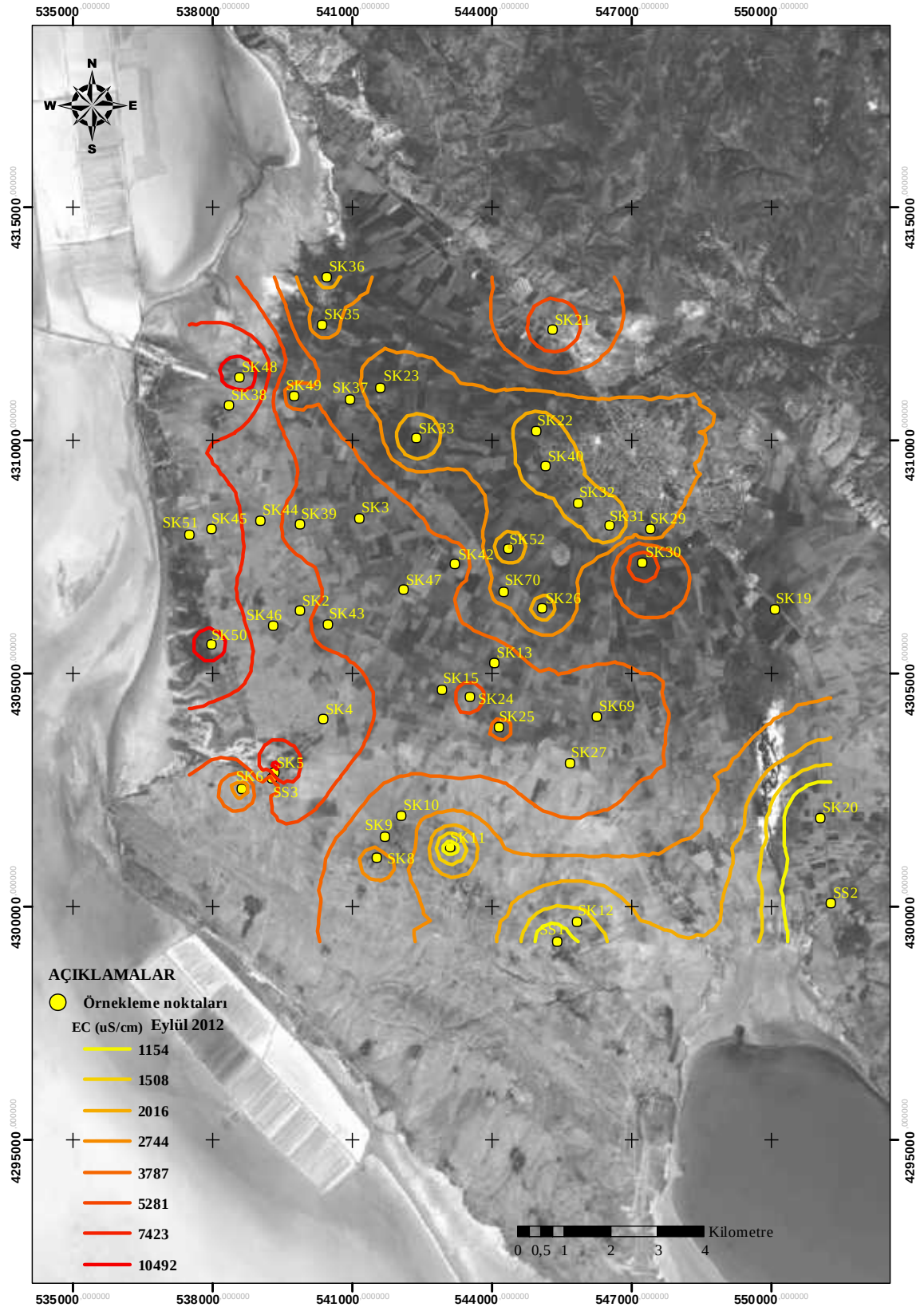
Şekil 8.22. İnceleme alanında tuzluluk (%) dağılımı (Mayıs 2012)

Tuzlulukla aralarında % 99 oranında doğrusal bir ilişki bulunan elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin saha içerisindeki dağılımları incelendiğinde EC izohipslerinin Na^+ , Cl^- ve tuzluluk için çizilen izohipslere benzer dağılım gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 8.23., Şekil 8.24.).



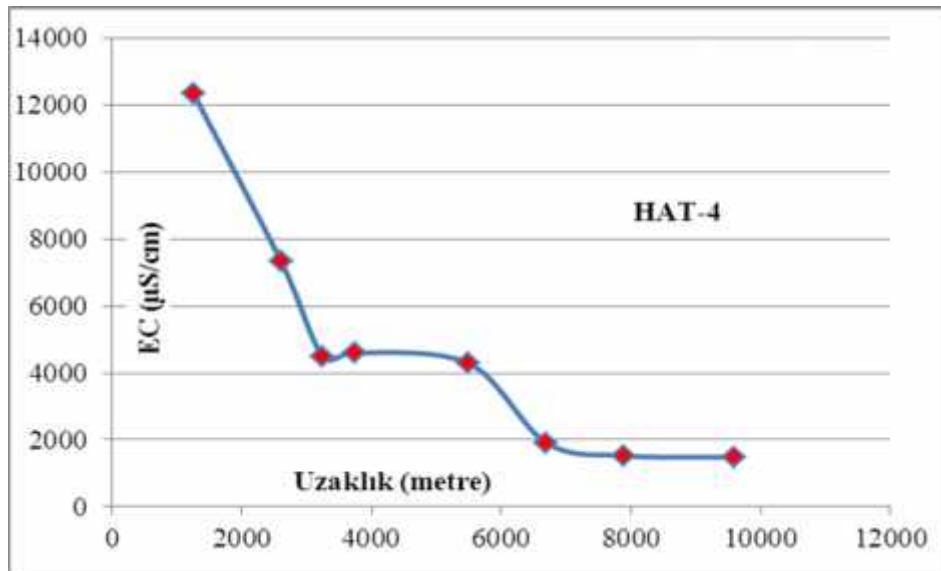
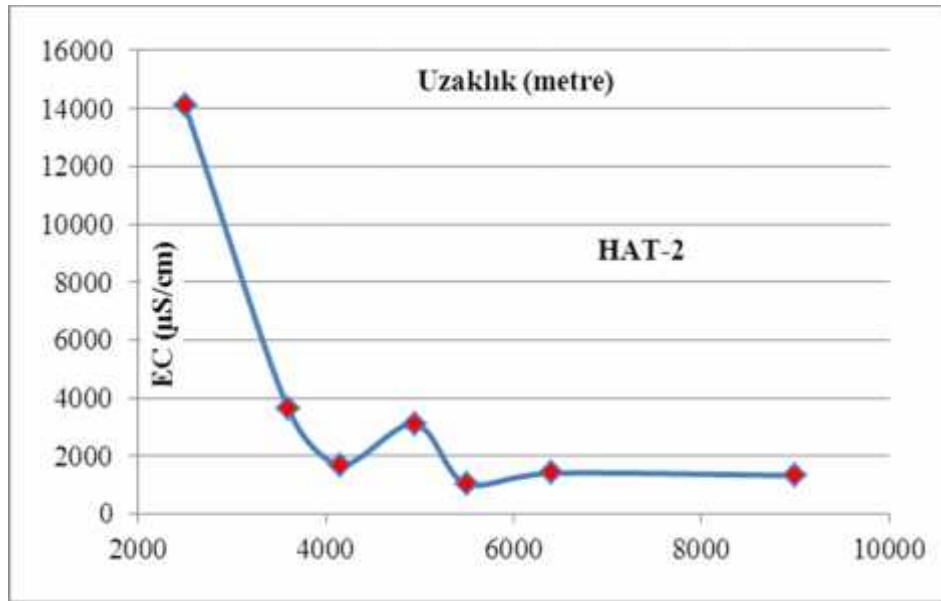
Şekil 8.23. İnceleme alanında tuzluluk (%) dağılımı (Eylül 2012)

ArcGIS yazılımının ArcMap uygulaması kullanılarak kriging enterpolasyon yöntemi ile farklı tuzluluk değerleri için oluşturulan izohips haritalarının regresyon katsayıları 0,73 - 0,87 aralığında bulunmuştur.



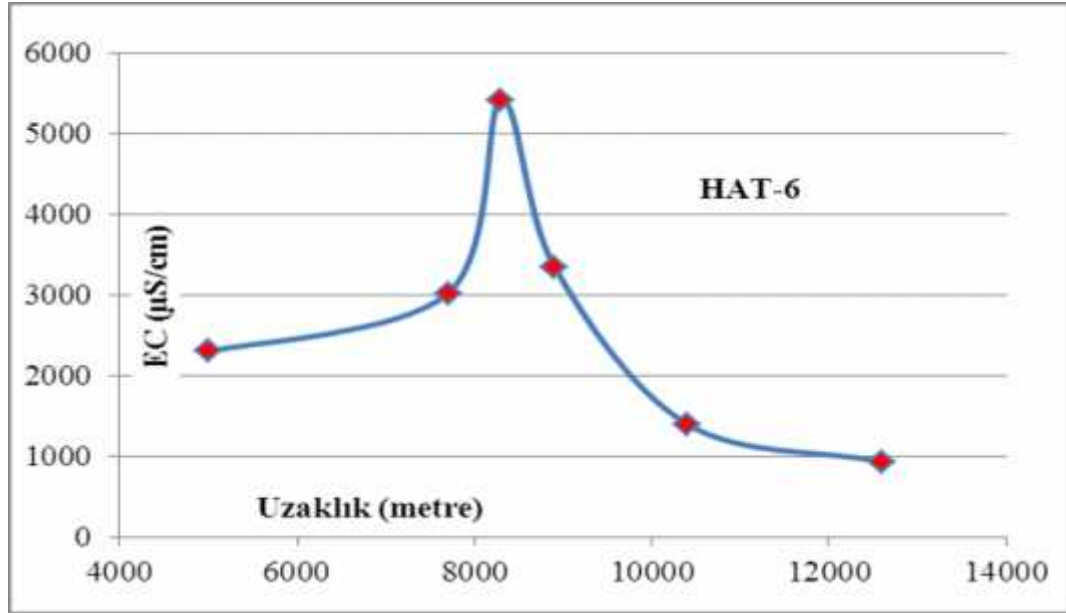
Şekil 8.24. İnceleme alanında EC dağılımı (Eylül 2012)

Örnekleme kuyularının Tuz Gölü'ne olan uzaklığına bağlı EC değerlerinin değişimleri incelendiğinde Tuz Gölü'nden uzaklaştıkça genel olarak EC değerlerinin azaldığı söylenebilir. Tuz Gölü'ne 4000 - 6000 metre uzaklıkta EC değerlerinin genel düşüş seyrinin tersine yaklaşık 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ oranında yükseldiği görülmektedir (Şekil 8.25.). Bu yükselmenin görüldüğü yerin ekili tarım arazilerinin ve sulama kuyularının bol gözlendiği bir alana denk gelmesi EC değerlerinin aşırı sulamaya bağlı olarak geliştiği sonucunu desteklemektedir.



Şekil 8.25. Hat-2 ve Hat-4 güzergahında bulunan örnekleme noktalarının uzaklığa bağlı EC değişimleri

Hat-6 güzergahında bulunan örnekleme noktalarının uzaklığa bağlı EC değişimleri Tuz Gölü'ne 8000 - 9000 metre uzaklıkta 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ değerine yükselerek konkav bir pik oluşturur (Şekil 8.26.). Grafik üzerinde dar, dik ve yüksekliği fazla bir eğri oluşması EC değerindeki artışın sulamaya bağlı olarak değil de tektonik bir kırık sistemine bağlı olarak geliştiği sonucunu desteklemektedir.



Şekil 8.26. Hat-6 güzergahında bulunan örnekleme noktalarının uzaklığa bağlı EC değişimleri

8.4. Sulama Suyu Kalite Sınırlarının ve Tuzlanma Zonlarının Belirlenmesi

Tuzluluk su içerisinde çözünmüş olan tuzun konsantrasyon miktarıdır. İnceleme alanında yeraltı sularının tuzlanması birbirleriyle ilişkili çok sayıda değişkene bağlıdır. Bölgenin tektonik yapısı, litoloji, hidrojeolojik ve hidrolik sistem özellikleri tuzlanmaya etki eden en önemli faktörler arasındadır. Tuzlanmaya etki eden değişkenlerin farklı özelliklere sahip olması sonucu yeraltı suları farklı tuzlanma oranları gösterir. Sulama suyunun tuzluluk miktarı tarımsal faaliyetler açısından oldukça önemlidir.

İnceleme alanında tuzluluk riskinin dağılımını belirleyebilmek için çok değişkenli karar verme teknikleri kullanılmıştır. Değerlendirmede; Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği kapsamında yer alan sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite parametreleri dikkate alınmıştır (Çizelge 8.1.).

Çizelge 8.1. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite parametreleri (7 Ocak 1991 Tarihli ve 20748 Sayılı Tebliğ)

Kalite kriterleri	Sulama suyu sınıfı				
	I. Sınıf su (çok iyi)	II. Sınıf su (iyi)	III. Sınıf su (kullanılabilir)	IV. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı)	V. Sınıf su (zararlı) Uygun değil
$EC_{25} \times 10^6$	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	> 3000
Değişebilir Sodyum Yüzdesi (% Na)	< 20	20-40	40-60	60-80	> 80
Sodyum Adsorbsiyon oranı (SAR)	< 10	10-18	18-26	> 26	
Sodyum karbonat kalıntısı (RSC) meq/l	> 1.25	1.25-2.5	> 2.5		
mg/l	< 66	66-133	> 133		
Klorür (Cl ⁻), meq/l	0-4	4-7	7-12	12-20	> 20
mg/l	0-142	142-249	249-426	426-710	> 710
Sülfat (SO ₄ ⁻) meq/l	0-4	4-7	7-12	12-20	> 20
mg/l	0-192	192-336	336-575	575-960	> 960
Toplam tuz konsantrasyonu (mg/l)	0-175	175-525	525-1400	1400-2100	> 2100
Bor konsantrasyonu (mg/l)	0-0.5	0.5-1.12	1.12-2.0	> 2.0	-
Sulama suyu sınıfı*					
	C ₁ S ₁	C ₁ S ₂ , C ₂ S ₂ , C ₂ S ₁	C ₁ S ₃ , C ₂ S ₃ , C ₃ S ₃ , C ₃ S ₂ , C ₃ S ₁	C ₁ S ₄ , C ₂ S ₄ , C ₃ S ₄ , C ₄ S ₄ , C ₄ S ₃ , C ₄ S ₂ , C ₄ S ₁	-
NO ₃ ⁻ veya NH ₄ ⁺ mg/l	0-5	5-10	10-30	30-50	> 50
Fekal Koliiform ** 1/100 ml	0-2	2-20	20-100	100-1000	> 1000

Çok değişkenli karar verme analizinde 1980 yılında Saaty tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) kullanılmıştır. AHY genel olarak, problemi parçalara ayırma, parçalar arasında hiyerarşi oluşturma ve tercih matrisinin oluşturulması ve sentezlenmesi prensiplerine dayanmaktadır (Saaty, 2008). Bilimsel çalışmalarda çok değişkenli karar verme analizleri içerisinde AHY'nin sıklıkla kullanılmasının nedeni farklı ölçüt ağırlıklarının belirlenmesine olanak sağlamasıdır. AHY'nin temel bileşeni olan ikili karşılaştırma yöntemi aynı anda sadece iki ölçüt arasında karşılaştırma olanağı sağladığından basit, kolay anlaşılır ve kolay kullanılabilir bir yöntemdir (Erden, 2009).

Özellikle CBS tabanlı bir karar kuralı seçilirken, karar kuralının, kolay kullanıma sahip olması, doğruluğu, karar verici tarafından algılanma kolaylığı, güçlü teorik temellere dayanması ve CBS tabanlı çok ölçütlü mekânsal karar analizi için kullanım kolaylığı gibi ölçütlere dikkat edilmektedir (Malczewski, 1999).

İnceleme alanında tuzluluk risk dağılımının belirlenmesinde sadece sulama kuyularında ölçülen % tuzluluk değerleri değil tuzlulukla lineer ilişki içerisinde olduğu kanıtlanmış bazı sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite parametreleri de (EC, SAR, RSC, klorür, sülfat, %Na) önem durumlarına göre değerlendirmeye dahil edilmiştir. Tuzlanma için oluşturulan hiyerarşik yapının tüm parametreleri birbiriyle ilişkilidir. Parametreler arasındaki ilişkinin hiyerarşik yapıda ve diğer faktörler üzerindeki etkisinin kolayca görülebilmesi için parametreler arasında ikili karşılaştırma matrisi uygulanmıştır (Çizelge 8.2.).

Çizelge 8.2. Tuzluluk riski için oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi

	Klorür	Sülfat	% Tuz	% Na	EC	SAR	RSC	YASS	Ağırlık
Klorür	1	4	2	3	2	5	7	5	0,293
Sülfat	1/4	1	1/3	1/2	1/3	1/3	1/2	3	0,060
% Tuz	1/2	3	1	2	2	3	5	3	0,192
% Na	1/3	2	1/2	1	1/2	2	5	3	0,132
EC	1/2	3	1/2	2	1	4	5	5	0,191
SAR	1/5	3	1/3	1/2	1/4	1	2	2	0,112
RSC	1/7	2	1/5	1/5	1/5	1/2	1	2	0,073
YASS	1/5	1/3	1/3	1/3	1/5	1/2	1/2	1	0,036
Tutarlılık oranı (TO); 0,087									

Karşılaştırma matrisinde tuzluluk riskini tanımlayacak her bir parametre kendi aralarında önem skalası kullanılarak puanlandırılmıştır (Çizelge 8.3.). Karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra her bir parametre için ağırlık vektörleri hesaplanmıştır. Ağırlık vektörleri hesaplanırken ikili karşılaştırma matrisi normalize edilmiş, normalize edilen değerlerden ağırlık vektör değerleri elde edilmiştir.

Karşılaştırma matrisinin ne kadar tutarlı oluşturulduğu ve elde edilen ağırlık vektörlerinin kullanılabilirliğinin ne ölçüde doğru olduğunun belirlenebilmesi amacı ile matrisin tutarlılık katsayısı (RK) hesaplanmıştır. Hesaplanan tutarlılık katsayısının rastlantısal katsayıya oranı ise tutarlılık oranını (TO) belirlemiştir. Rastlantısal katsayı olarak Saaty (1980) tarafından ölçüt sayısına göre hesaplanmış değerler kullanılmıştır.

Çizelge 8.3. Karşılaştırma matrisinde kullanılan önem skalası

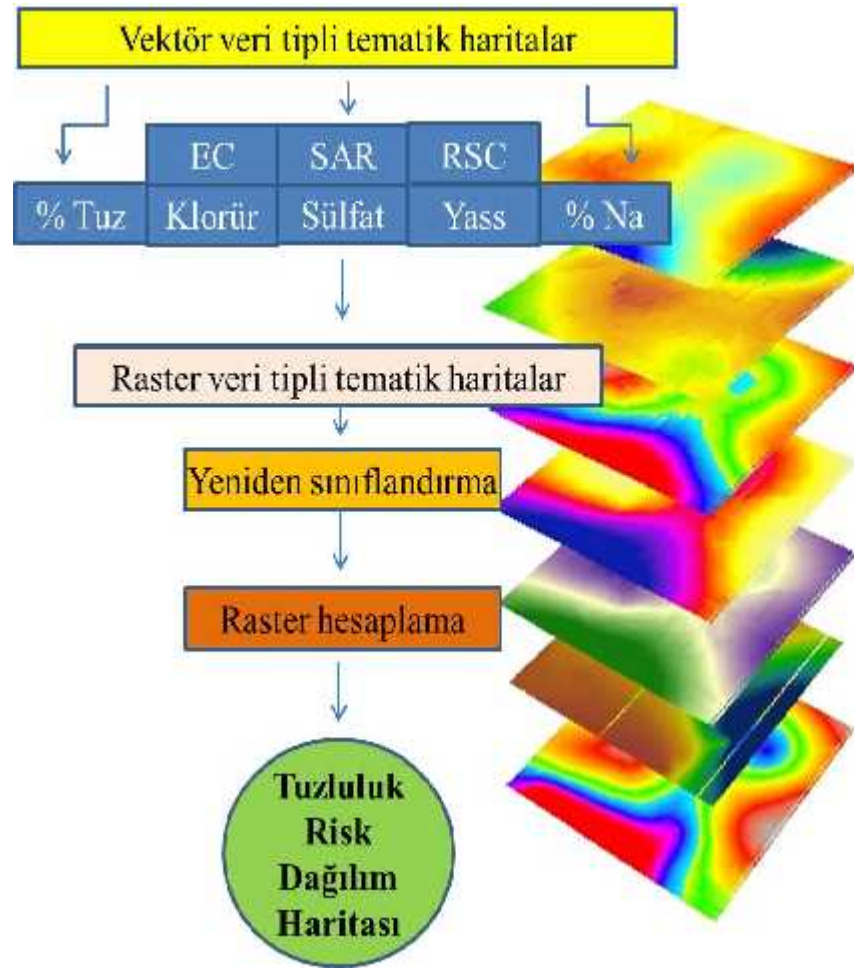
Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Her iki faktörün eşit öneme sahip olması durumu
3	1. Faktörün 2. faktörden daha önemli olması durumu
5	1. Faktörün 2. faktörden çok önemli olması durumu
7	1. Faktörün 2. faktöre nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	1. Faktörün 2. faktöre nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu
2,4,6,8	Ara değerler

Saaty (1980) tarafından ayrıca tutarlılık oranı için de bir değer belirlenmiştir. Tutarlılık oranı, uygulanan karşılaştırma matrisi için $TO < 0.1$ değerini alırsa bu değer ikili karşılaştırmaların puanlanmasında kullanılan değerlerin kabul edilebilir olduğunu gösterir. Eğer $TO > 0.1$ ise bu oran ikili karşılaştırmaların geçersiz olduğunu gösterir. TO değerinin geçersiz olduğu durumlarda karşılaştırma matrisi yeniden oluşturulmalıdır. Tuzluluk riskinin belirlenmesine yönelik oluşturulan karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı (TO) değeri 0,087 olarak hesaplanmıştır.

Çok değişkenli karar verme yöntemlerinden birisi olan AHY'den elde edilen ağırlık vektörleri CBS'de kullanılacak raster veri hücrelerinin önem değerlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Tuzluluk riskinin yayılım alanının belirlenmesinde AHY ve CBS veri ve olanakları bir araya getirilerek değerlendirilmiştir. CBS, verilerin depolanması, analiz edilmesini ve haritalanabilmesini sağlamaktadır.

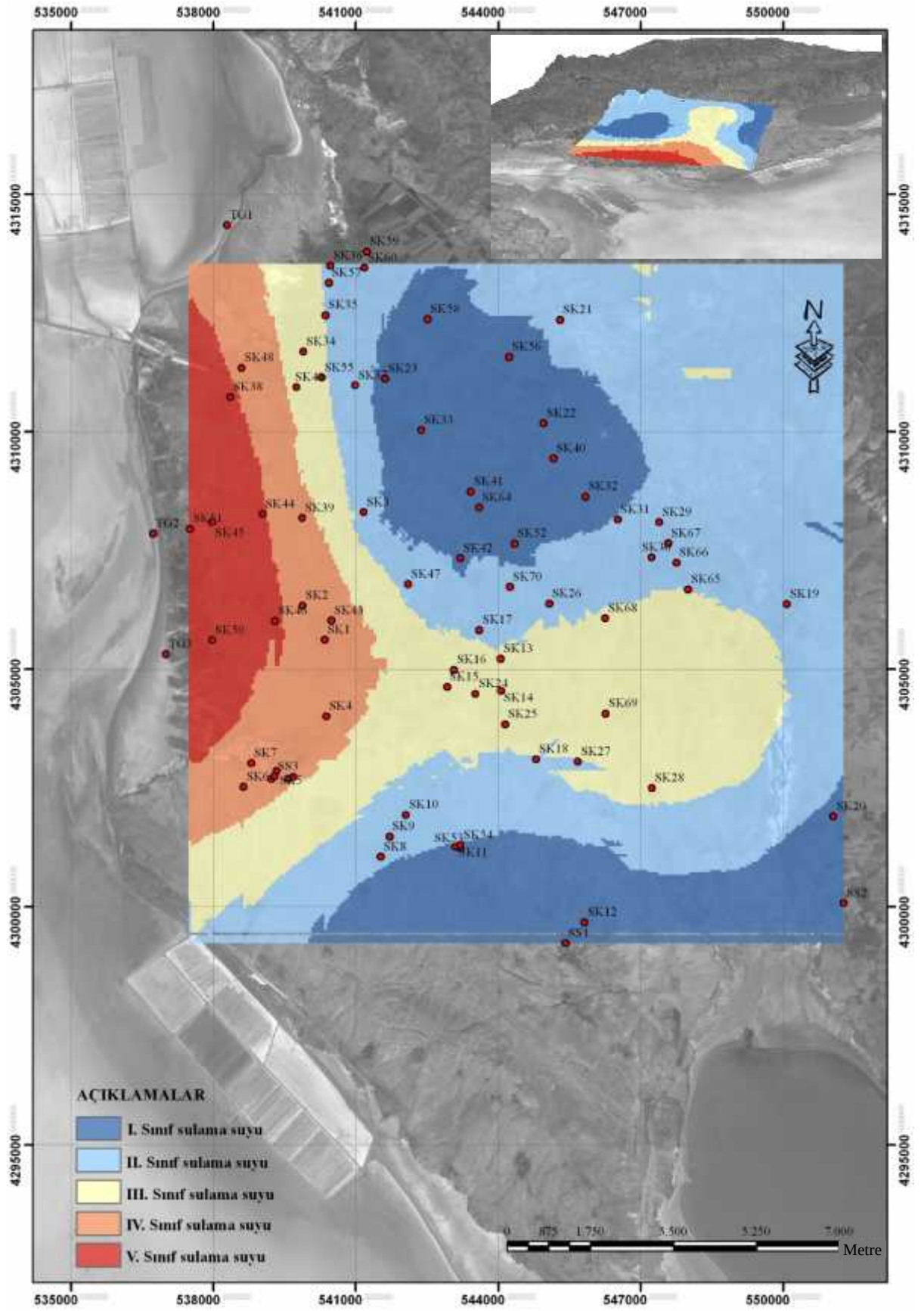
Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) çalışmaları kapsamında arazi ölçümleri ve kimyasal analiz sonuçları ArcGIS yazılımının ArcCatalog uygulaması kullanılarak veri girişi sınıflandırılmış ve tamamlanmıştır. Tezin amacına yönelik veriler aynı yazılımın jeoistatistiksel analiz bölümü kullanılarak farklı istatistik yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. İstatistiksel değerlendirmeleri yapılan verilerin spatial analiz modülü kullanılarak kriging interpolasyon yöntemi ile tematik haritaları oluşturulmuştur. Vektör veri formatında oluşturulan tematik haritalar aynı yazılımın 3D analiz modülü kullanılarak raster veri tipine dönüştürülmüştür. Elde edilen raster veriler Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği kapsamında yer alan sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite parametreleri değerlerine göre 1 değeri I. sınıf suları, 5 değeri ise V. Sınıf suları temsil edecek şekilde 1 ile 5 değeri arasında yeniden sınıflandırılmıştır (Şekil 8.27.).

Eylül 2012 örnekleme dönemini temsil eden veriler kullanılarak EC, SAR, RSC, Klorür, Sülfat ve %Na değerleri için ayrı ayrı raster veri türünden tematik haritalar oluşturulmuş ve yeniden sınıflandırılmıştır. Oluşturulan tematik haritalar ArcGIS yazılımının spatial analiz modülü kullanılarak overlay yöntemi ile AHY'den elde edilen ağırlık vektörleri sayesinde birleştirilmiş ve inceleme alanı için tuzluluk riskinin yayılım alanını gösteren tematik harita elde edilmiştir.



Şekil 8.27. CBS çalışmaları kapsamında uygulanan akış şeması

İnceleme alanı tuzlanma riski açısından beş ayrı sulama suyu bölgesine ayrılmıştır (Şekil 8.28.). 1. Bölge çok iyi sulama suyu olan I. Sınıf suları, 2. Bölge iyi sulama suyu olan II. Sınıf suları, 3. Bölge kullanılabilir III. Sınıf suları, 4. Bölge ihtiyatla kullanılabilir IV. Sınıf suları, 5. Bölge ise V. Sınıf kullanılması uygun olmayan zararlı suları temsil etmektedir. V. Sınıf sulama suları bölgede Kaldırım tuzlası ile Hamzalı köyünün 1.5 km kuzeyinde kalan ve Tuz Gölü'nden 2.5 km uzaklığa kadar genişleyebilen yaklaşık 22 km²'lik bir alan kaplar.



Şekil 8.28. İnceleme alanında tuzlanma riski açısından sulama suyu kalitesinin değişimi

V. Sınıf sulama sularının kapladığı alan tarım ürünlerinin sulanmasında elverişli olmadığından dolayı tarım arazisi olarak kullanılmamaktadır. IV. Sınıf sulama suları inceleme alanında Kaldırım tuzlası ile Hamzalı köyü arasında kalan ve Tuz Gölü'nden 4.5 km uzaklığa kadar ulaşabilen yaklaşık 21 km²'lik bir alanı kaplar. III. Sınıf sulama suları ise kaldırım tuzlasının 2 km kuzeyinden güneye doğru 800 metre genişliğinde dar bir hat boyunca Hamzalı - Şereflikoçhisar karayoluna kadar uzanır ve bu noktada doğuya doğru 7 km. uzunluğunda ortalama 4 km genişliğinde Emek mahallesini de içerisine alan 48 km²'lik bir alan kaplar. II. Sınıf sulama suları Şereflikoçhisar ovasında III. sınıf sulama sularına benzer bir dağılım göstermekle birlikte inceleme alanının doğu ve kuzeydoğu bölgesinde oldukça geniş alanlar kaplar. İnceleme alanının doğu ve kuzeydoğusunda yüksek kotlu tepelerde gözlenen evaporitli seviyelerin bu bölgede yeraltı sularının kalitesini düşürdükleri söylenebilir. I. Sınıf sulama suları ise Şereflikoçhisar ovasının kuzey kesiminde ve ovanın güneyinde yer alan kot olarak yüksek İnceburun bölgesinde görülmektedir. Bu bölgede gözlemlenen kumtaşı ve kireçtaşı seviyelerinin yeraltı sularının kalitesine olumlu etki ettikleri söylenebilir.

Tuzlanma riski açısından sulama suyunun kalitesinin Tuz Gölü'ne yaklaştıkça ve Şereflikoçhisar ovasının güney kesiminde düştüğü görülmektedir. Bu kalite düşümünün nedeni olarak bölgenin aktif tektonik yapısının oluşturduğu hidrolik akım yollarını kullanarak yüzeye doğru yükselen derin dolaşım sistemine sahip olan tuzlu yeraltı suları gösterilebilir.

Tuz Gölü'ne yakın konumda bulunan tatlı su akiferlerinin Tuz Gölü'nden etkilendikleri bir gerçektir. Tuz Gölü çevresinde bulunan kuyuların gölden etkileşim oranları dikkate alındığında bu etkileşim oranının çok düşük değerler aldığı gözlenmiştir. Tuz Gölü iyon değerleri ile yeraltı sularının iyon değerleri arasında uygulanan orantısal bağlantı varsayımı analizlerinde SK-5 numaralı kuyuda etkileşimin % 3.3, SK-48 numaralı kuyuda ise % 2.16 ile en yüksek değerler aldığı görülmektedir (Çizelge 8.4.). Tuz Gölü'nde su seviyesinin oldukça düşük olması ve gölün altında oldukça geniş bir alanda yayılım gösteren jipsli kil seviyelerinin yayılım şekli etkileşim oranını düşürmektedir. Yeraltı sularının bazı iyonları arasındaki oranlar incelendiğinde SO₄/Cl, Na/Cl değerlerinin Tuz Gölü'nde ölçülen SO₄/Cl, Na/Cl değerlerine yakın değerler, Ca/Mg ve Ca/SO₄ oranlarının ise uzak değerler aldıkları gözlenmiştir. Bu gözlem Tuz Gölü ile tatlı yeraltı suları arasında düşük oranlarda da olsa bir etkileşimin var olduğunu göstermektedir.

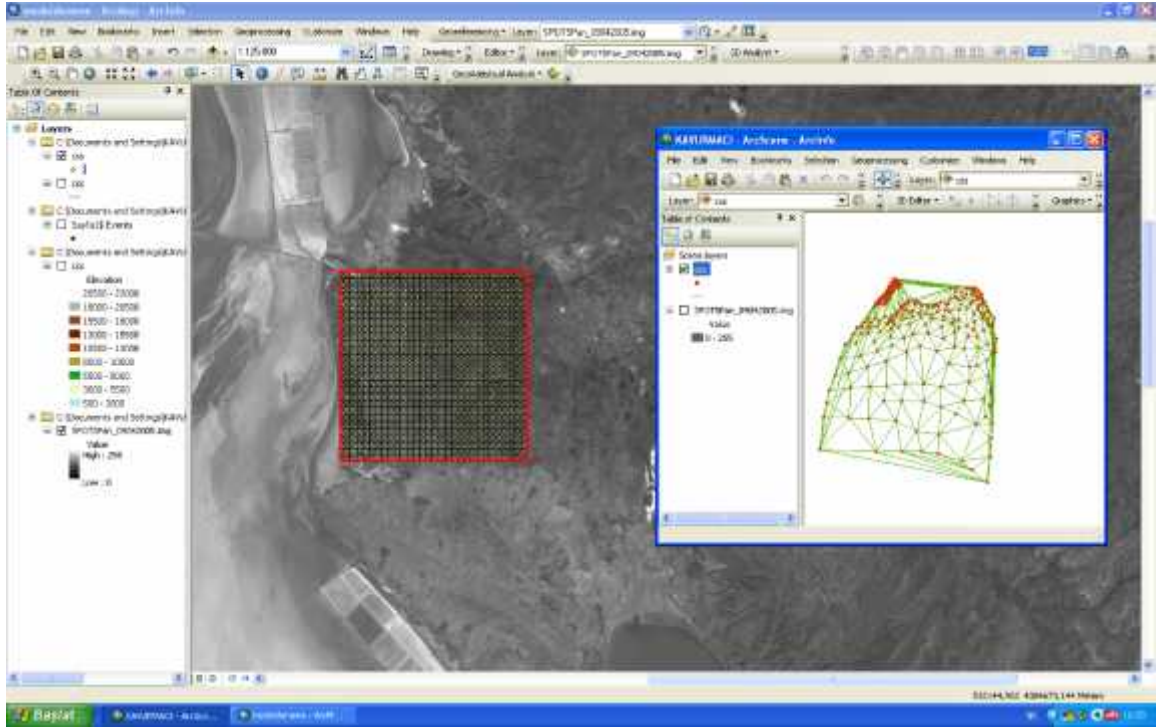
Çizelge 8.4. Kuyuların iyon değerlerine göre hesaplanmış Tuz Gölü ile olan etkileşim oranları

No	SO ₄ /Cl	Na/Cl	Ca/Mg	Ca/SO ₄	Karışım	No	SO ₄ /Cl	Na/Cl	Ca/Mg	Ca/SO ₄	Karışım
SK2	0,03	0,75	0,55	11,04	0,75	SK33	1,44	2,09	0,74	0,85	0,06
SK3	0,19	0,64	1,04	2,37	0,63	SK35	1,08	1,63	0,52	0,52	0,18
SK4	0,15	0,88	0,28	0,78	1,41	SK36	1,22	1,39	0,85	0,78	0,11
SK5	0,14	0,74	0,39	0,66	3,30	SK37	0,85	1,36	0,65	0,57	0,30
SK6	0,16	1,50	0,74	1,37	0,23	SK38	0,23	0,78	0,37	0,78	1,20
SK8	0,36	1,16	1,17	1,63	0,22	SK39	0,13	0,66	0,91	2,92	0,59
SK9	0,89	1,32	0,90	1,61	0,26	SK40	1,73	2,55	0,80	1,22	0,04
SK10	2,03	1,90	0,52	0,57	0,12	SK42	0,13	1,01	0,65	1,27	0,68
SK11	0,73	1,86	1,29	2,32	0,04	SK43	0,06	0,61	1,65	5,35	0,91
SK12	1,16	3,30	0,89	0,84	0,07	SK44	0,10	0,79	0,75	2,68	0,95
SK13	0,08	0,64	0,81	3,70	0,67	SK45	0,07	0,70	0,44	2,69	1,91
SK15	0,16	0,71	1,09	2,34	0,72	SK46	0,07	0,48	0,40	3,07	1,16
SK19	7,15	2,43	3,91	0,79	0,10	SK47	0,10	0,67	2,81	9,58	0,50
SK20	4,51	2,43	1,84	0,65	0,09	SK48	0,25	1,00	0,25	0,32	2,16
SK21	0,17	0,26	0,85	2,13	1,35	SK49	0,84	1,14	0,46	0,52	0,29
SK22	0,99	1,53	0,75	1,27	0,09	SK50	0,08	0,78	0,15	1,20	1,75
SK23	1,00	1,69	0,87	0,75	0,15	SK51	0,37	0,79	0,28	0,44	1,40
SK24	0,13	0,88	1,28	4,46	0,78	SK52	1,14	1,31	0,98	0,90	0,09
SK25	0,53	2,11	0,44	0,46	0,29	SK69	0,08	0,48	1,53	5,01	1,09
SK26	0,21	1,41	0,91	1,83	0,21	SK70	0,36	1,18	0,69	0,83	0,29
SK27	0,16	1,19	0,27	0,81	0,66	SS1	1,04	2,29	1,06	1,59	0,03
SK29	0,68	0,95	0,76	0,98	0,18	SS2	2,12	3,42	0,99	3,27	0,01
SK30	0,08	0,68	0,93	3,42	1,34	SS3	0,43	1,64	0,87	1,56	0,06
SK31	1,01	1,56	0,82	1,27	0,05	TG1	0,11	0,88	0,03	0,06	100,00
SK32	0,89	1,49	1,32	1,55	0,11	TG2	0,12	0,86	0,04	0,06	97,16

8.5. Tuzlu su girişiminin modellenmesi

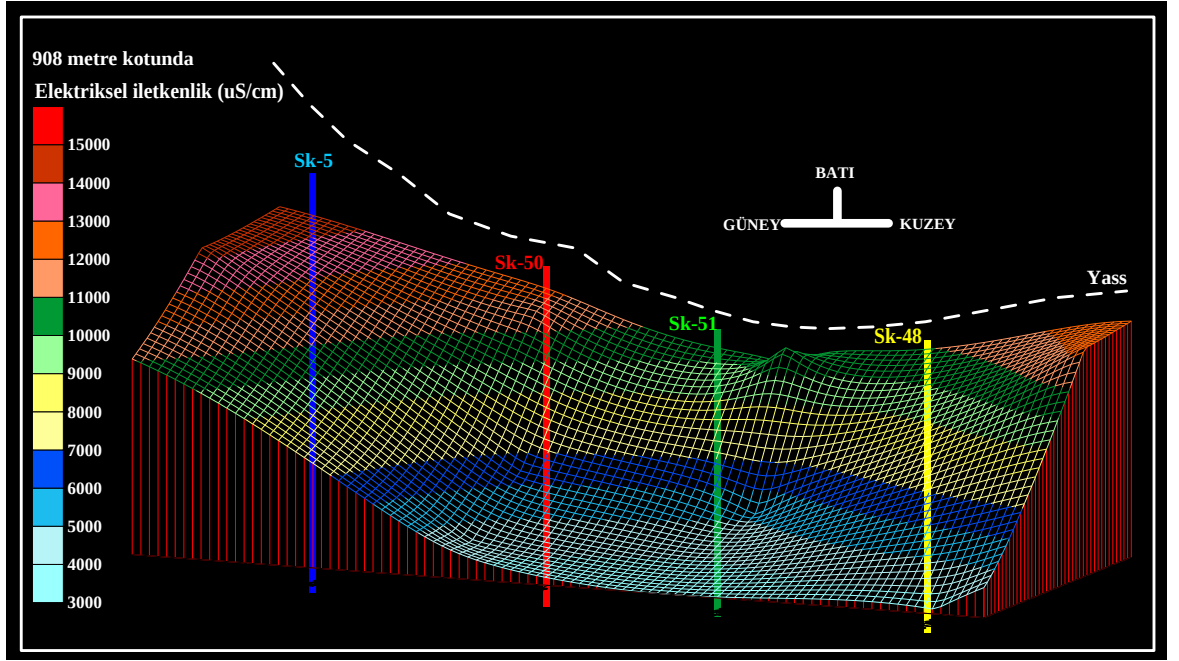
3 boyutlu modelleme, bilgisayar ortamında bir nesnenin matematiksel olarak vektörel bir formatta oluşturulmasıdır. Ortaya çıkan ürün model alınan nesnenin geometrik bir temsildir ve 3 boyutlu model (3D model) olarak adlandırılır (URL-8.1.). Genelde 3 boyutlu modellemeler düzgün geometrik özelliklere sahip şekiller üzerinde daha başarılı uygulanabilmektedir. Yerbilimlerinde 3 boyutlu modelleme çalışmaları ise çok bilinmeyenli bir denklemi çözmekten farksızdır. 3 boyutlu modellemesi yapılacak nesnenin oluşumuna etki eden faktörlerin orantılı olmayan düzensiz değişimler göstermesi modellemeyi oluşturmayı güçleştirmektedir.

İnceleme alanında tuzlu su girişiminin üç boyutlu modellenmesi için ArcGIS yazılımının ArcScene uygulaması, Surfer yazılımı ve 3B CAD tasarım yazılımı olan SolidWorks programları kullanılmıştır. Araştırma kuyularında CTD - Diver cihazı kullanılarak Mart 2013 döneminde ölçülen elektriksel iletkenlik değerleri enlem ve boylam değerleri baz alınarak yatay ve dikey yönde ArcMap uygulaması sayesinde noktasal shapefile dosyası üzerine aktarılmıştır. Araştırma kuyuları arasındaki mesafelerin EC değerleri Spatial Analyst modülünün interpolasyon yöntemi ile belirlenmiştir. Noktasal ağlardan oluşan shapefile dosyası 3 D Analyst Tools modülü kullanılarak TIN (Triangular Irregular Networks) dosyasına dönüştürülmüştür (Şekil 8.29.). TIN dosyası ArcScene uygulamasında açılarak dosya VRML uzantılı 3D dosyası şeklinde export edilmiştir. Elde edilen dosya SolidWorks programı ve Surfer yazılımında açılarak tuzlu su girişimi modellenmiştir (Şekil 8.30., Şekil 8.31.).



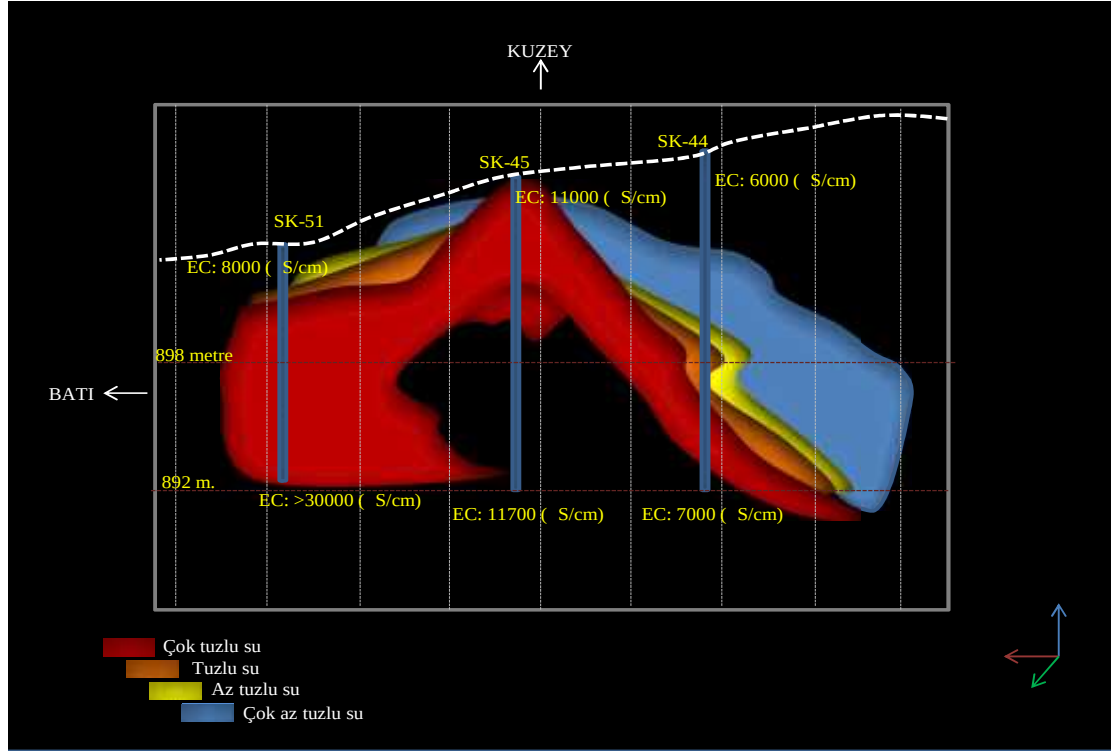
Şekil 8.29. Modelleme çalışması kapsamında ArcGIS yazılımının kullanımı

Oluşturulan 3D modeli incelendiğinde EC izohipslerinin güneyde daha yüksek değerler aldığı gözlenmiştir. SK-5 numaralı kuyunun bulunduğu Hamzalı köyünde en yüksek değerde gözlenen EC değerlerinin doğuya Şereflikoçhisar'a doğru gidildikçe azaldığı görülmektedir. Bölgede topografya dikliğinin ani olarak yükselmesi büyük bir kırık zonun varlığına işaret etmektedir. Önceki bölümlerde de varlığından söz edilen bu kırık zon boyunca yükselen tuzlu yeraltı suları bu bölgede EC değerlerinin yükselmesine neden olmuş olabilir.



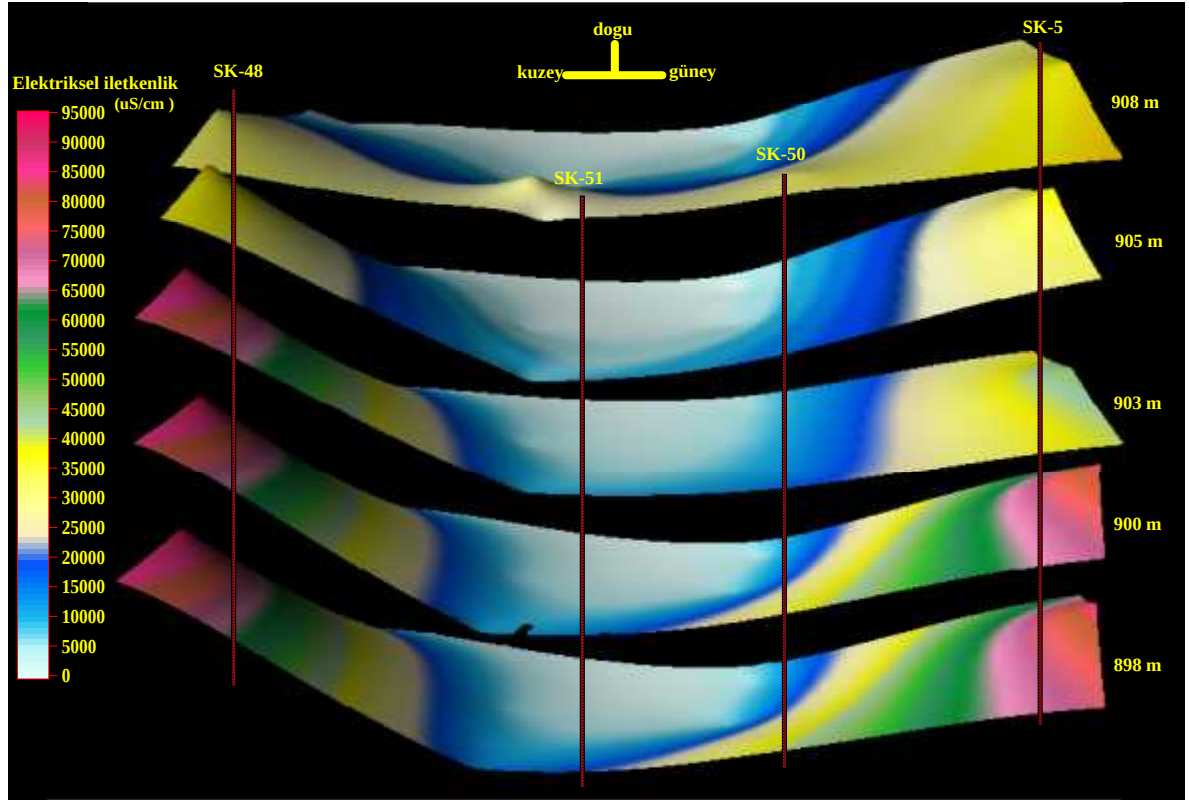
Şekil 8.30. İnceleme alanında 908 metre kotunda kuzey - güney yönlü tuzlu su girişiminin yayılımı (Mart 2013)

Doğu'ya doğru gidildikçe EC değerlerinin azaldığı görülmektedir. Bu da bize yeraltı sularının az oranda olsa Tuz Gölü'nden etkilendiklerini göstermiştir. Özellikle porozite oranı yüksek geçirimsliliği fazla kumlu çakıllı seviyeler boyunca tuzlu su girişi söz konusu olabilir.



Şekil 8.31. İnceleme alanında batı-doğu yönlü tuzlu su girişiminin yayılımı (Mart 2013)

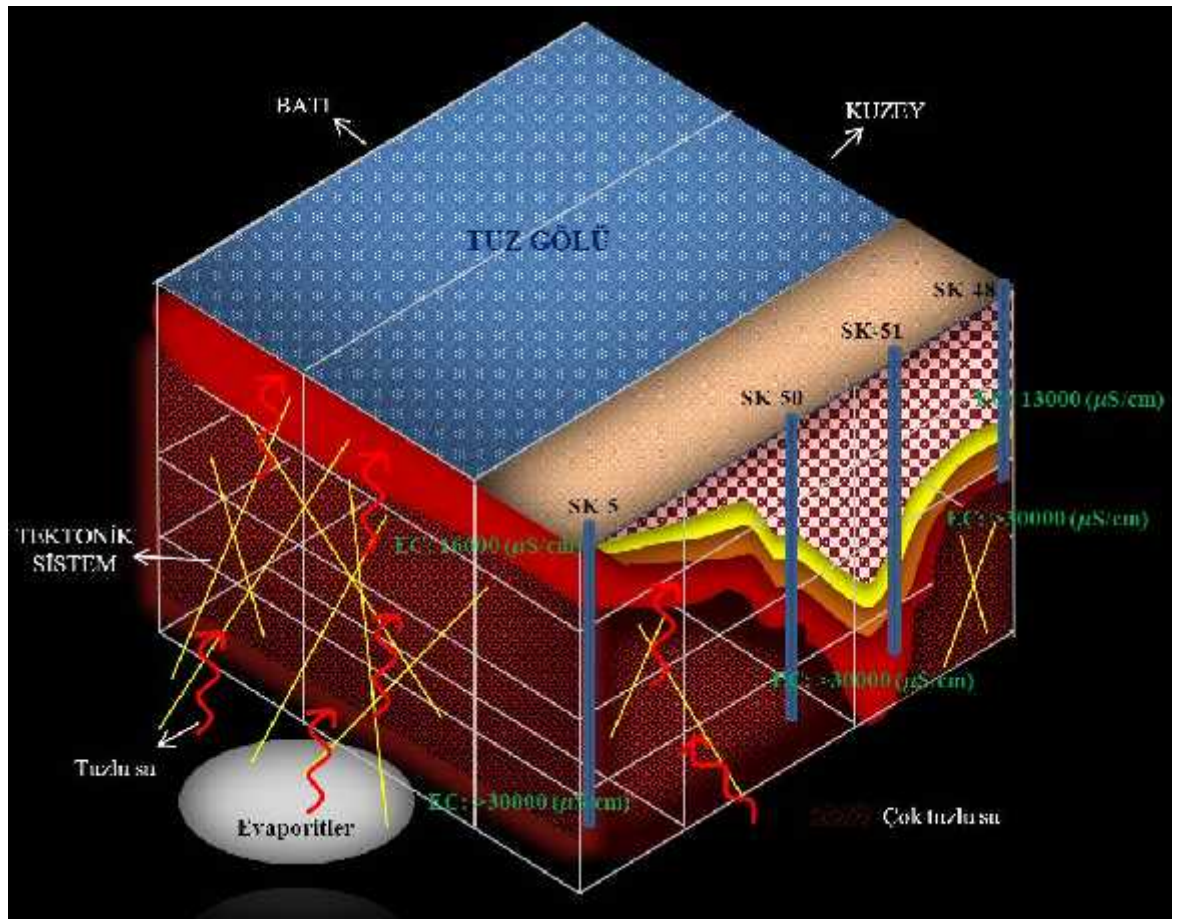
3D modeli oluşturulan EC değerleri kuzey - güney doğrultusunda farklı katmanlar düzeyinde incelendiğinde EC değerlerinin derinliğe bağlı olarak arttığı görülmektedir (Şekil 8.32.). İnceleme alanının kuzey ve güneyinde yer alan SK-48 ve SK-5 numaralı kuyularda EC değerlerinin oldukça yüksek değerler aldığı görülmektedir. Yüksek EC değerleri litolojiye veya kırık bir sisteme bağlı olarak gelişmiş olabilir. SK-5 numaralı kuyunun göl seviyesinin çok üzerinde yer alması bu kuyuda gözlenen EC değerlerinin tektonik kontrollü geliştiğini düşündürmektedir.



Şekil 8.32. Kuzey - güney yönlü tuzlu su girişiminin derinliğe bağlı yayılımı

Denizel tuzlu su girişimlerinden çok farklı olarak Tuz Gölü'nün tatlı su akiferlerini etkileme potansiyeli bölgede jeolojik yapının, hidrojeolojik sistemin ve tektonizmanın kontrolü altında olduğu söylenebilir (Şekil 8.33.).

Fay kontrollü Tuz Gölü Havzası sıkışmaların ve gerilmelerin etkisi altında kalmış ve çevresinde KB - GD gidişli birbirlerine paralel normal ve doğrultu atımlı fay sistemleri, D - B, GB - KD doğrultulu kıvrımlanmalar ve zamansal uyumsuzluklar gelişmiştir. Basamak şeklinde yarı graben morfolojisi sunan havza da bu yapısal unsurlar yeraltı sularının hidrolik akım yollarını oluşturmuşlardır.



Şekil 8.33. Tuz Gölü'nün oluşum mekanizmasını gösterir model

Pleyistosen öncesinde çökelen ve havzanın derinliklerinde bulunan kalın tabakalı tuzlu formasyonlarla temas ederek tuz konsantrasyonu açısından zenginleşen yeraltı sularının hidrolik akım yolları boyunca yükselerek gölü tuz içeriği açısından beslediği ve bölgenin yeraltı sularına girişim yaptığı söylenebilir.

Dünyada nadir olarak bulunan tuz gölleri kendilerine has oluşum ortamları ve hidrojeolojik sistemleri sayesinde her zaman ilgi odağı olmuştur. Gerek ekonomiye katkısı gerekse çevresel etkileri açısından büyük öneme sahip olan bu göller günümüzde ve gelecekte de araştırma konusu olmaya devam edecektir.

9. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Geç Kretase - Oligosen zaman aralığında gelişen Tuz Gölü Havzasının temelini Orta Anadolu Kristalen Kompleksi olarak tanımlanan kaya birimi oluşturur. Kompleks Paleozoik ve Mesozoik yaşlı meta-sedimanlar, meta-karbonatlar, ofiyolitik karmaşıklar ve magmatik birimlerden oluşur. Tuz Gölü Havzası'nın temeli üzerindeki sedimantasyon Üst Maestrihtiyen'de başlar. Orta Eosen'e kadar filiş ağırlıklı denizel birimlerle devam eden sedimantasyon Üst Eosen - Oligosen zaman aralığında kalın evaporit çökelleri ile karakteristiktir. Oligosen'den günümüze kadar karasal ve gölsel çökellerin oluşumları devam etmiştir.

Tuz Gölü Havzası'nın doğu kenarı Geç Kretase - Kuvaterner zaman aralığında kuzey - güney yönlü sıkışmaların ve doğu - batı yönlü gerilmelerin etkisi altında kalmıştır. Orta Miyosen Türkiye genelinde sıkışma rejiminin etkili olduğu bir dönemdir. Bu dönemde havzanın doğu sınırı boyunca doğrultu atımlı sağ yanal Tuz Gölü Fayı gelişmiştir ve inceleme alanının doğu kenarını yüzeylenmeler ve aşınmalar açısından yoğun olarak etkilemiştir.

Çalışma kapsamında Şereflikoçhisar, Aksaray, Kulu, Cihanbeyli ve Kırşehir Devlet Meteoroloji Gözlem İstasyonlarına ait 41 (1970 - 2011) yıllık meteorolojik veriler değerlendirilmiştir. İnceleme alanının yıllık ortalama toplam yağış miktarı 359.72 mm'dir. 1970 - 1974, 1988 - 1993, 1998 - 2008 yılları arasında kalan dönemlerde bölgede yağışlar genel olarak azalmış ve kurak döneme geçilmiştir. Diğer yıllarda ise yağışlı dönemin etkisi artmıştır.

İnceleme alanının yıllık gerçek buharlaşma - terleme değeri 313.84 mm/yıl, en yüksek buharlaşma değeri 90.77 mm., en düşük buharlaşma değeri 1.28 mm., yıllık rezerv su miktarı 543.62 mm., yıllık eksik su miktarı 384.83 mm, yıllık su fazlası 83.18 mm., sisteme giren su miktarı $8,29 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$, sistemden çıkan toplam su miktarı ise $21,37 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yıl}$ dır.

Bölgede su tutan birimler genel olarak temelde Paleozoyik yaşlı bol kırık ve çatlaklı mermerler, Tersiyer yaşlı genelde kumtaşı ve çakıltası ardalanmasından oluşan denizel ve karasal kırıntılılar ile bol kırıklı - karstik boşluklu kireçtaşı seviyeleri ve Kuvaterner yaşlı gevşek kum ve çakıl seviyeleri içeren alüvyondur.

Derin ve sığ akifer sistemleri arasındaki Paleojen ve Neojen yaşlı geçirimsiz çökeller bariyer görevi yaparak bölgede yer alan basınçlı akiferlerin oluşmasına olanak sağlamıştır. Derin akiferler yeraltı suyunun evaporitik kayalar ile temas sürelerinin uzun olmasından dolayı tuzlu su, sığ akiferler ise tatlı su içermektedir. Bölgenin beslenme alanı doğuda yer alan yüksek kotlu tepeler, boşalım alanı ise Tuz Gölü'dür.

Sulama kuyularının bulunduğu alüvyon kum, çakıllı kum, kil, siltli kil, siltli kum ve silt birimi olmak üzere 6 farklı birimden oluşmuştur. Alüvyonun ortalama çakıl tane oranı; % 3.4, ortalama kum tane oranı % 18, ortalama ince tane oranı % 78.60, ortalama boylanma sabiti 3.73, ortalama düzen katsayısı 12.3, killerin kohezyonu 0.60 - 0.78 kgf/cm², su içeriği % 16.22 - % 23.08, Plastisite indisi ise % 15 - 25 arasında değerler içerir. Alüvyon akiferin geçirimsizlik (K) değeri 0.04 cm/sn, iletimsizlik katsayısı (T) 0.014 m²/sn, depolama katsayısı (S) $5 \cdot 10^{-4}$, ortalama hızı (V_{ort}); $5,5 \cdot 10^{-5}$ m/sn'dir.

Yeraltı suyu seviye ölçümlerine göre inceleme alanında iki farklı konverjan özellikte nap tespit edilmiştir. Birinci nap inceleme alanının kuzeybatısında Tuz Gölü'nün doğu sahilleri boyunca uzanan Çavuşköy - Koçhisar ilçe merkezi - Yeşilova yerleşim yerleriyle sınırlı alanı kapsar. İkinci nap ise bölgenin güneydoğusunda Çavuşköy ve Emek mahalleri ile Askeri tesislerin sınırladığı alanı içerisine alır. Yeraltı suyunun hareketi birinci nap bölgesinde yüksek kotlu tepelerden Tuz Gölü'ne ikinci nap bölgesinde ise Çavuşköy ve Emek mahalleri ile Askeri tesislerin sınırladığı alüvyon ovaya doğrudur.

Ortalama yeraltı su seviyesi Mayıs 2012 döneminde 8 m., Eylül 2011 döneminde ise 9.5 m.'dir. Alüvyonun güneyinde yer alan kuyuların üretim debileri ortalama 14,8 L/sn, kuzeyinde yer alan kuyuların üretim debileri ise ortalama 9,8 L/sn'dir.

İnceleme alanında yeraltı sularının fiziksel ve kimyasal parametre değerleri sırasıyla sıcaklık (T) 14.1 °C - 21.9 °C, pH 6.2 - 8.3, elektriksel iletkenlik (EC) 516 - 295000 µS/cm, toplam çözünmüş katı madde (TDS) 422 - 333803 mg/L, arasında değişim gösterir.

Yeraltı suları Na-Cl, Na-HCO₃, Ca-HCO₃, Ca-SO₄, Mg-Cl, Mg-HCO₃ ve Mg-SO₄ tipli fasiyes özelliği içerirler. Tuz Gölü'ne yakın kuyularda sular NaCl fasiyes tipinde zenginleşirken, gölden uzaklaştıkça suların fasiyes özellikleri sırasıyla NaHCO₃ - CaHCO₃ şeklinde değişim gösterir. NaCl ve CaHCO₃ tip fasiyes özelliği gösteren suların farklı oranlarda karışmaları sonucu bölgede farklı tipte su fasiyesleri gelişmiştir.

Derin dolaşımli CaHCO₃ tipli yeraltı suları hidrolik akım süreleri boyunca yüzeye yaklaşırken orta - derin dolaşımli NaCl ve NaSO₄ tipli yeraltı suları ile karışmış ve NaHCO₃ - MgCl tipli karışım sularının oluşmasına neden olmuştur.

Koçhisar ve Yassıpur formasyonlarına ait jipsler SO₃ (% 54.3) ve CaO (% 33.43)'ce Tuz Gölü'ne ait halit Na₂O (% 41.97) ve Cl (% 39.61)'ca, kumtaşları ise SiO₂ (% 75.13) ve CaO (% 15.77)'ce zengindir.

İyon dizilimleri 2-3-4-6-7-13-16-24-26-27-30-39-42-43-44-45-49-50-51-55-57-61-62-63-70 numaralı örnekleme noktaları için $(Na^{+}+K^{+}) > Mg^{+2} > Ca^{+2} / Cl^{-} > HCO_3^{-} > SO_4^{-2}$, 1-11-18-23-29-32-33-41-47-53 numaralı örnekleme noktaları için $Ca^{+2} > (Na^{+}+K^{+}) > Mg^{+2} / HCO_3^{-} > Cl^{-} > SO_4^{-2}$, 9-22-31-40 numaralı örnekleme noktaları için $Mg^{+2} > Ca^{+2} > (Na^{+}+K^{+}) / HCO_3^{-} > Cl^{-} > SO_4^{-2}$, 10-19 numaralı örnekleme noktaları için $Mg^{+2} > Ca^{+2} > (Na^{+}+K^{+}) / SO_4^{-2} > HCO_3^{-} > Cl^{-}$ ve 21-17-46-59-67 numaralı örnekleme noktaları için $Mg^{+2} > (Na^{+}+K^{+}) > Ca^{+2} / Cl^{-} > SO_4^{-2} > HCO_3^{-}$ şeklindedir.

6-10-11-22-23-29-31-32-33-35-36-37-40-49-52, 2-13-15-21-46-47-69, 3-4-5-25-26-27-30-38-42-43-44-45-48-50-51 ve 19-20 numaralı sular aynı havzadan beslenen aynı veya benzer kökenli yeraltı sularıdır.

Yeraltı suları ağır metal içerikleri açısından mafik - ultramafik kayalarla veya bu kayaların sedimanter prosesleri sonucu oluşmuş sedimanter birimlerle teması sonucu çözebileceği elementlerce zenginleşmişlerdir. Bu sonuca dayanılarak inceleme alanında bulunan sedimanter kayaların özellikle kumtaşlarının köken kayalarının ultramafik kayalar olduğu ve karasal bir ortamda çökdikleri söylenebilir.

İnceleme alanından alınan su örneklerinin $\delta^{18}O$ içerikleri -9.97 ile -2.12, δ^2H içerikleri ise -16.35 ile -69.25 arasında değişen oranlarda zenginleşmiştir. Su kaynaklarına ait akiferler aynı veya yakın yükseltideki yağışlardan beslenirler. SK-38, SK-30 ve SK-28

numaralı suların diğer sulara oranla daha derin ve daha uzun yeraltı dolaşım sistemine sahip oldukları söylenebilir. Su kaynakları 948 - 1055 metre kotları arasında beslenim yükseltilerine sahiptir.

Tuz Gölü'nden uzaklaştıkça Batı'dan Doğu'ya doğru EC izohipslerinin değerleri azalma eğilimi gösterirken izohipsler arasındaki mesafe uzaklığa bağlı olarak artma eğilimi gösterir. Tuz Gölü'ne 500 metre mesafe içerisinde yaklaşık her 20 metrede EC değerleri 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ artarken 1500 metrede 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'lik artış için bu mesafe 850 metreye ulaşmıştır.

Sulama suyunun kalitesi Tuz Gölü'ne yaklaştıkça ve Şereflikoçhisar ovasının güney kesimine doğru inildikçe düşüş gösterir.

Yeraltı suyu akımının Tuz Gölü'ne doğru olmasına rağmen göl kıyısına yakın alüvyon içerisinde bulunan kuyularda tatlı su akiferlerinin tuz içeriği artış gösterir. Kuyularda aşırı su çekimine bağlı olarak yeraltı suyu seviyesinde gelişen aşırı düşüm gölü çevreleyen tuzlu bölgeden akifere tuzlu su girmesine neden olmaktadır. Kırık sistemler ve gözenekli birimler boyunca etkili olan tuzlu su girişi alüvyon akiferin litolojik özelliklerine göre farklılıklar gösterir.

Denizel tuzlu su girişimlerinden çok farklı olarak Tuz Gölü'nün tatlı su akiferlerini etkileme potansiyeli bölgede jeolojik yapının ve hidrojeolojik sistemin yanısıra tektonizmanın da kontrolü altındadır.

Tuz Gölü'ne yakın konumda bulunan tatlı su akiferlerinin Tuz Gölü'nden etkileşim oranları çok düşüktür. Bu etkileşim SK-5 numaralı kuyuda % 3.3, SK-48 numaralı kuyuda ise % 2.16 ile en yüksek etkileşimin değerleri şeklinde gözlenmiştir.

Tuz Gölü tabanda çapları değişik boyutlardan oluşan kırık sistemlerinden gelen tuz içeriği yüksek yeraltı suları tarafından beslenmektedir. Yaz aylarında evaporitik çökelmelerin artmasından dolayı kırık sistemleri geçirimsiz tuz çökelleriyle tıkanmakta ve gölü besleyen yeraltı suyu beslenimi yağışlı döneme oranla azalmaktadır.

Fay kontrollü Tuz Gölü Havzası basamak şeklinde yarı graben morfolojisi sunar. Havza da gelişen yapısal unsurlar yeraltı sularının hidrolik dolaşım yollarını oluşturur. Pleyistosen öncesinde çökelen ve havzanın derinliklerinde bulunan kalın tabakalı tuzlu

formasyonlarla temas ederek tuz konsantrasyonu açısından zenginleşen yeraltı suları hidrolik akım yolları boyunca yükselerek gölü tuz içeriği açısından beslemiş ve bölgenin yeraltı sularına girişim yapmıştır.

İnceleme alanındaki tarımsal faaliyetler kirlilik ve su kullanımı açısından denetim altında tutulmalıdır. Tarımda yüzeysel sulamadan vazgeçilip damla sulama veya yağmurlama sulama uygulaması başlatılmalıdır. Tarımla uğraşan çiftçiler için sürekli tarımsal eğitim programları düzenlenmelidir.

Bölgede elde edilen veriler ve su kaynaklarının nitelik ve nicelikleri dikkate alınarak, kaynakların korunması ve kullanımına ilişkin Su Kaynakları Yönetim Planı oluşturulmalı yönetim planının esas ve usulleri belirlenmelidir.

Peçenek baraj suyu kullanılarak Şereflikoçhisar ovasında gerçekleştirilecek sulama sistemleri kapalı sistemle gerçekleştirilmelidir.

Bölgede yer alan tuz işletmelerinin yeraltı sularını kullanarak gerçekleştirdikleri tuz havuzlarını suni besleme yöntemleri ve bölgede yer alan ruhsatsız sulama kuyuları belirlenmeli, kontrol altında tutulmalı ve sürekli izlenmelidir.

Bölgede sürekli ve doğru hidrojeolojik verilerin temin edilebilmesi için gözlem kuyuları açılmalı, mevsimsel değişimler baz alınarak aylık ve senelik düzenli periyotlarda hidrojeolojik ölçümler gerçekleştirilerek yeraltı suyu seviyesinin değişimi izlenmelidir.

KAYNAKLAR

- Afşin, M. ve Ünsal N., 1997. İç Anadolu'daki önemi, bir içme suyu kaynağının su, kimyası ve izotopik özellikleri: Helvadere - Aksaray. 20.Yılı Jeoloji Sempozyumu, Konya.
- Afşin, M., Erdoğan, N., Gürdal, H., Gürel, A., Kavurmacı, M., Onak, A., Oruç, Ö., 2007. Orta Anadolu'daki sıcak ve mineralli suların ve travertenlerin hidrojeokimyasal ve izotopik incelenmesi ve suların tıbbî ve biyoiklimsel değerlendirilmesi. TÜBİTAK- ÇAYDAG 104Y197, 119 s. (Yayımlanmamış).
- Agalede, H., 1954. Tuz Gölü'nün batı ve güneybatı kenarlarının jeolojik etüdü. MTA Rapor No. 2371 (yayınlanmamış).
- Akıl, B., 2008. İnönü - Eskişehir Fay Sistemi'nin Günyüzü (Eskişehir) - Yeniceoba (Konya - Türkiye) arasındaki bölümünün yapısal evrimi; Hacettepe Üniversitesi, Doktora tezi.
- Akmandor, N., 1953. Şereflikoçhisar Peçenek suyundan sulama yapılması hakkında rapor, DSİ arşiv no: 06/68, Ankara (yayınlanmamış).
- Akmandor, N., ve Arıman, İ., 1953. Şereflikoçhisar Peçenek sulama suyunun artırılması hakkında rapor, DSİ arşiv no: 06/9, Ankara (yayınlanmamış).
- APHA-AWWA-WEF 2005. Standard methods of examination of water and wastewater, 21st ed. American Public Health Association, Washington DC, USA.
- Arıkan, Y., 1975. The geology and petroleum prospects of the Tuz Gölü Basin. Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey, 85, 17 - 44.
- Arnold, T. and Stephens, D., 1990. Hydrologic characteristics of the Great Salt Lake, Utah: 1847 - 1986. US Geol Surv Water Supply Pap 2332:32.
- Arslan, V. ve Göçmez, G., 2007. Tuz Gölü Havzası'nda yeraltı suyunun yok oluşu (Eşmekaya-Sultan Hanı örneği), Selçuk Üni. Müh.- Mim. Fak. Dergisi, c; 22, s; 1-2.
- Asar, K., 1956. Şereflikoçhisar – İnceburun yarımadası hidrojeolojisi. DSİ arşiv no: 06/23, Ankara (yayınlanmamış).
- Atabey, E., Tarhan, N., Yusufoglu, H., Canpolat, M., 1988. Hacıbektaş, Gülşehir, Kalaba (Nevşehir) - Himmetdede (Kayseri) arasının jeolojisi, MTA Raporu, Derleme No. 8523, (yayımlanmamış).

- Ateş, A., Kadioğlu, Y.K., Tufan, S., Karat, H.I., Çemen, I., 1998. Tuz Gölü ve çevresinin derin jeolojisinin jeofizik yöntemlerle incelenmesi, Tübitak proje no; YDABCAG-118.
- Aydemir, A., 2008. Hydrocarbon potential of the Tuz Gölü (Salt Lake) Basin, Central Anatolia, Turkey: A comparison of geophysical investigation results with the geochemical data, J. Petrol. Sci. Eng., 61: 33-47.
- Ayhan, A., Güzel, A., Küçükhöyük, M. ve Göçmez, G., 1993. Konya Kapalı Havzasında ve Tuz Gölü'nde kirlenmenin tespiti ve giderilmesi, Çevre Bakanlığı Projesi.
- Ayyıldız, T. 2000. Tuz Gölü Havzası Geç Paleosen yaşlı birimlerin jeokimyası ve diyajenetik özellikleri, Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Baar, C.A., 1977. Applied salt-rock mechanics. I. the in-situ behavior of salt rocks, Amsterdam-Oxford-New York, Elsevier Scientific Publishing Company, 294 s.
- Barut, İ. F. ve Gürpınar, O. 2005. Milas (Muğla) havzasının tuzlu karst kaynaklarının hidrojeolojik dolaşım modeline bir yaklaşım, İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi, C. 18, S. 1, SS. 1-22.
- Bayarı, C.S. Ozyurt, N.N. Kilani, S., 2009. Obruks, as giant collapse dolines caused by hypogenic karstification in central Anatolia, Turkey: Analysis of likely formation processes, Hydrogeology Journal, Volume 17, Issue 2, pages 347-365.
- Beekman, P. H., 1966. Hasandağı-Melendizdağı Bölgesindeki Pliosen ve Kuvaterner Volkanizma Faaliyetleri. MTA Dergi, Ankara, 66, s; 88 - 104.
- Beker, N., 1989. Tuz Gölü ile ilgili olarak yapılan çalışmalar ve su kirliliği ile ilgili örnekler, Tekel Genel Müdürlüğü Projesi, (yayınlanmamış).
- Bjorlykke, K., Elverhoi, A. ve Malm, A.O., 1979. Diagenesis in Mesozoic sandstones from spitsbergen and the North Sea - A Comparison; Geologische Rundschau, 68, 1152-1171.
- Bozdağ M., 1965. Şereflikoçhisar - Cıngıl köyündeki Yassıpınar'ın hidrojeolojik etüdü, DSİ arşiv no: 06/127.
- Craig, H., 1961. Isotopic variations in meteoric waters, Science, 133, 1102 - 1703.
- Çamur, M. Z., Mutlu, H., 1995. Tuz Gölü'ndeki mineral çökeliminin termodinamik değerlendirmesi, Türkiye jeoloji Bülteni, C. 38, sayı; 2, s; 67-73.

- Çamur, M. Z., Mutlu, H., 1996. Major-ion geochemistry and mineralogy of the Salt Lake (Tuz Gölü) basin, Turkey. *Chem. Geol.*, 127: 313-329.
- Çemen, İ., ve Dirik, K., 1992. Tuzgölü havzasının kuzeydoğu kısmının stratigrafisi, yapısal jeolojisi ve jeoloji tarihi. TPAO Rapor No. 3115 (Yayınlanmamış).
- Çemen, İ., Göncüoğlu, M.C. ve Dirik, K., 1999. Structural evolution of the Tuz Gölü Basin in Central Anatolia, Turkey. *The J. Geol.*, 107/6: 693-706.
- Çifter, C. ve Sayın, M., 2002. İzotopların hidrolojide kullanılması, I. Ulusal İzotop Teknikleri Sempozyumu, Adana, s; 1 - 14.
- Dansgaard, W., 1964. Stable isotopes in precipitations, *Tellus*, 16, 436 - 468.
- Değirmenci M., 1981. Peçeneközü ve yöresinin hidrojeoloji incelemesi, Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Dellaloglu, A.A. ve Aksu, R., 1984. Kulu-Şereflikoçhisar-Aksaray dolayının jeolojisi ve petrol olanakları, TPAO Rapor No. 2020.
- Dellaloğlu, A., 1997. Ankara ili-Tuzgölü arasındaki Neotetis'in kuzey kolunun evrimi (Haymana-Tuzgölü Basenlerinin stratigrafileri ve jeoteknik evrimleri). Doktora tezi, Çukurova Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Derman, S., 1980. Tuz Gölü doğu ve kuzeyinin jeolojisi. TPAO Rapor 1512.
- Derman, A.S., Rojay, B., Güney, H. ve Yıldız, M. 2000. Koçhisar-Aksaray fay zone'nun evrimi hakkında yeni veriler. Haymana-Tuzgölü-Ulukışla basenlerinin uygulamalı çalışması. *Bildiri Özleri*, 1, Aksaray.
- Dhar, A. and Datta, B., 2009. Saltwater intrusion management of coastal aquifers. I: Linked Simulation-Optimization." *J. Hydrol. Eng.*, 14(12), 1263-1272.
- Dirik, K. and Erol, O., 2000. Tuzgölü ve civarının tektonomorfolojik evrimi, Orta Anadolu, Türkiye. Haymana-Tuzgölü-Ulukışla Basenleri Uygulamalı Çalışma, *Proceedings*, 27-46.
- Dirik, K. ve Erol, O., 2003. Tectonomorphologic evolution of Tuzgölü and surrounding area, central Anatolia-Turkey. *Turkish Association of Petroleum Geologists Special Publication*, 5, 27-46.
- Doğan L., 1981. Hidrojeolojide su kimyası, DSİ, yayın no, 906, özel no, 93.
- Domenico, P. ve Schwartz, F., 1990. *Physical and Chemical Hydrology*, John Wiley & Sons Inc., New York, 506 p.

- Driscoll, F.G., 1986. Groundwater and Wells, Second Edition, Published by Johnson Filtration Systems Inc.
- Duffus, J. H., 2002. Heavy metals a meaningless term?, (IUPAC Technical Report), Pure and Applied Chemistry, Vol. 74, pp. 793-807
- Elhatip, H., Ekercin, S. ve Kavurmacı, M.M., 2012. Özerdemler Madencilik Sanayi Ve Ticaret A.Ş.'ne ait (MİGEM 201101183) ruhsat numaralı sahada (Şereflikoçhisar - Aksaray) planlanan tuz işletmesinin hidrojeolojik değerlendirmesi, (yayınlanmamış)
- Ekercin S., 2007. Uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri entegrasyonu ile Tuz Gölü ve yakın çevresinin zamana bağlı değişim analizi, Doktora tezi, İstanbul Teknik Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Erden, T., 2009. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Analitik Hiyerarşi Yöntemi'ne dayalı itfaiye istasyon yer seçimi; İstanbul örneği, Doktora tezi, İstanbul Teknik Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ergene, Ş. O., 2011. Paleosen yaşlı Çaldağ karbonatlarının petrofiziksel karakterinin belirlenmesi, Tuzgölü Havzası (İç Anadolu), Türkiye, Yüksek lisans tezi, Ankara Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Erol O., 1961. Tuz Gölü doğusu ve Peçeneközü Havzasının hidrojeolojisi, DSİ Arşiv No:1613/9-HJ.
- Erol, O., 1969. Tuzgölü Havzasının jeolojisi ve jeomorfolojisi. Tübitak Raporu (Yayınlanmamış).
- Ersoy, A., Yünsel, T. Y., 2001. "Çözelti madenciliği ile tuz üretimi", 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, s; 208-220.
- Garrels, R. M. ve Mackenzie, F. T., 1967, Origin of the chemical composition of some springs and lakes: In. W. Stumm (ed)., Equilibrium Concepts in Natural Water Systems. Am. Chem. Soc, Advances in Chemistry Series, 67, 222-242.
- Gat, J.R., 1981. Isotopic fractionation. In: Stable isotope hydrology, deuterium and oxygen-18 in the Water Cycle. IAEA Technical Reports Series 210, pp.21-34.
- Gawlik J., 1956. Tuz Gölü kenarında Şereflikoçhisar havalisinde yapılan hidrojeolojik etüt hakkında rapor, MTA Ens. Derleme Rapor No: 2472.
- Gökçe, A., 2000. Maden yatakları, Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları, no:85 s:248.

- Göncüoğlu, M. C., Toprak, V., Kuşçu, İ., Erler, A., ve Olgun, E., 1991. Orta Anadolu Masifi batı bölümünün jeolojisi, Bölüm 1: Güney Kesim. TPAO Rapor No: 2909.
- Göncüoğlu, M. C., Dirik, K., Erler, A., Yalınız, K., Özgül, L., Çemen, İ. 1996. Tuzgölü havzası batı kısmının temel jeolojik sorunları. TPAO Rapor No: 3753 (Yayınlanmamış).
- Görür, N., ve Derman, A.S., 1978. Tuz Gölü-Haymana Havzasının stratigrafik ve tektonik analizi, TPAO Rapor No. 1514.
- Görür, N., Oktay, F., Seymen, I., and Şengör, A.M.C., 1984. Paleotectonic evolution of Tuzgölü basin complex, central Turkey, In Dixon, J.E., and Robertson, A.H.F., eds. The geological evolution of the eastern Mediterranean Spec. Publ. Geol. Soc., 17, 81-96.
- Gözlev, S., 2006. Tuz Gölü tuzlarında ağır metal değişimi, Yüksek lisans tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Gündoğan, İ., Helvacı, C., 1996. Geology hydrochemistry, mineralogy and economic potential of the Bolluk Lake (Cihanbeyli-Konya) and the Adjacent Area, Tr. J. of Earth Sciences, Tubitak, 5, 91-104.
- Güner, İ. N., 2009. Yukarı Sakarya Havzasında yeraltı suyu yaş dağılımının çevresel izleyiciler ile incelenmesi, Doktora tezi, Hacettepe Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Güneş, B.Ç. ve Yüce, G. 2011. Tane boyu analizlerine dayalı olarak hesaplanan geçirgenlik katsayılarının karşılaştırılması: Meşelik ve Tepebaşı (Eskişehir) Örnekleri, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 35 (1), 1-26.
- Hardie, L. A. ve Eugster, H. P., 1970, The evolution of closed-basin brines: Mineral, Soc. Am. Spec. Publ., 3, 273-290.
- Helvacı, C., 2003. Türkiye borat yatakları; jeolojik konumu, ekonomik önemi ve bor politikası, BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 5.1., 4 - 41 s.
- Hem, J. D., 1985. Study and interperation of the chemical characteristics of natural water, USGS Water Supply Paper 2254., U. S. Gov. Print Office, 263p.
- Herzog J. D., 1954. Şereflikoçhisar Raporu, DSİ Arşiv No:06/11, Ankara.
- Hudson, J.D., 1978. Concretaion, isotopes and the diagenetic history of the Oxford Clay (Jurassic) of central England; Sedimentoloji, 25, 339-370.

- İlleez, H.I. ve Dellaloğlu, A.A., 1996. Tuzgölü baseni ve civarının kaynak kaya potansiyeli; Türkiye 11. Petrol Kongresi ve Sergisi, Bildiriler Kitapçığı, s: 170-177.
- Jones, B. F., Naftz, D. L., Spencer, R. J. and Oviatt, C. G., 2009. Geochemical Evolution of Great Salt Lake, Utah, USA *Aquat Geochem.*, 15: 95 - 121.
- Jones, B.F., and Deocampo, D.M., 2003. Geochemistry of saline lakes. In: Drever JI, Holland HD, Turekian KK (eds) *Freshwater geochemistry, weathering and soils. Treatise on Geochemistry*, vol 5.13, pp 393 - 424
- Kalaycı, E., 2006. SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri, Asil yayınları, Ankara, s: 330
- Karataş E., 2006. Aksaray ili atıksularının Tuz Gölü üzerindeki kirletici etkilerinin araştırılması, Yüksek lisans tezi, Niğde Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Kehinde, M.O., 1993. Preliminary isotopic studies in the Bida Basin, Central Nigeria, *Environmental Geology*, Volume 22, Washington, USA, 212 - 217 p.
- Kesler, E.S., 1994. Mineral Resources, Economics and the Environment, Mc Millan College Publishing Com Inc..New York, pp.399.
- Keskin S., 2008. Tuz Gölü civarından alınan toprak örneklerinde doğal radyonüklidlerin belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kılıç, O. ve Kılıç, A. M., 2010. Salt crust mineralogy and geochemical evolution of the Salt Lake (Tuz Gölü), Turkey, *Scientific Research and Essays* Vol. 5 (11), pp. 1317-1324.
- Kleimbaum, D. G., Lawrence, L. K. ve Keith, E. M., 1988. *Applied regression analysis and other multivariable methods*, Duxbury Press.
- Konikow, L.F., and T.E. Reilly., 1999. Seawater intrusion in the United States. In *Seawater Intrusion in Coastal Aquifers - Concepts, Methods, and Practices*, ed. J. Bear, A.H.- D. Cheng, S. Sorek, D. Ouazar, and I Herrera. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Konya İl Çevre Durum Raporu, 1999. Çevre Bakanlığı Projesi, Ankara.
- Krauskopf, K.B., 1979. *Introduction to geochemistry*, McGraw-Hill and Kogakusha, s; 617.
- Kurt, H., ve Arslan, M., 2005. Tuz Gölü doğu ve batısındaki ofiyolitik birimlerin jeolojik ve petrolojik yönden karşılaştırması, Tübitak proje no: ÇAYDAG-197Y078

- Kurttaş, T., 2002. Karışım sularında kökensel katkıların belirlenmesi, Hidrolojide İzotop Tekniklerinin Kullanılması Sempozyumu, Adana.
- Kürçer, A., Gökten, Y.E., ve Yeleser, L., 2012. Tuz Gölü Fay Zonu'nun paleosismolojisi, Orta Anadolu, Türkiye, 65. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 4 Nisan 2012, Ankara.
- Leventoğlu, H., 1994. Neotectonic Characteristics of the Central Part of the Tuzgölü Fault Zone Around Mezgit (Aksaray), Yüksek lisans tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Malczewski, J., 1999. GIS and multicriteria decision analysis, John Wiley and Sons Inc. U.S.A. ISBN: 0471329444.
- MTA, 1976. Tuz Gölü havzası etüd ve aramaları fizibilite araştırması, 5780 nolu ön çalışma raporu, cilt I, Ankara.
- MTA, 1977. Tuz Gölü havzası etüd ve aramaları fizibilite araştırması, 0153 nolu ara çalışma raporu, Ankara.
- Oktay, F. Y. ve Dellaloğlu, A.A. 1987. Tuzgölü Havzası (Orta Anadolu) stratigrafisi üzerine yeni görümler. Türkiye 7. Petrol Kongresi bildiriler kitabı, 312-321.
- Orhan, H., Özkan, A.M. ve Çelik, M., 1997. Şereflikoçhisar - Acıpınar arasındaki Üst Kretase – Eosen yaşlı kırıntılı sedimentlerin diyajenetik tarihçesi, Tübitak proje no; YBAG-0109.
- ÖÇKB, 2010. Tuz Gölü özel çevre koruma bölgesi su kaynakları yönetim planı sonuç raporu, Özel çevre Koruma Kurulu Başkanlığı yayınları, 279 s., Ankara.
- Öney, A., 1999. Tuz Gölü doğusu ve Peçeneközü Havzasının hidrojeolojik etüt raporu, DSİ V. Bölge Müdürlüğü, Ankara.
- Özmürüt, Y., 2008. Küçükköy (Ayvalık) Ovası'nın hidrojeolojisi ve deniz suyu girişi, Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Özyurt, N.N., 2005. Aladağ (Kayseri-Adana) Karstik akiferinde yeraltı suyu geçiş zamanı dağılımının incelenmesi, Doktora tezi, Hacettepe Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (yayınlanmamış).
- Parkhurst D.L., and Appelo C.A.J., 1999. User's guide to PHREEQC (version 2): A computer program for speciation, batchreaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 99 - 4259, USGS, Reston, Virginia, 1 - 312.
- Penman, H.L., 1948. Natural evaporation from open water, bare soil, and grass, Proc. Roy. Soc. London, v. 193, p.120-145.

- Piper, A.M., 1944. A graphic procedure in geochemical interpretation of water analyses. Trans Am Gephys Union 25: 914-923.
- Rigo de Righi, M., Cortesini, A. 1959. Regional studies of the Central Anatolian basins progress report. Petrol İşleri rapor no.11(yayınlanmamış).
- Saaty, T.L., 2008. Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors: The Analytic Hierarchy/Network Process, RACSAM, Vol. 102 (2), pp. 251-318.
- Saral, R., 2000. Tuz Gölünde tuz üretim prosesinde ağır metal değişimi, Yüksek lisans tezi, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü, Gebze.
- Sayın, M., ve Eyüpoğlu, S. Ö., 2005. İzotopların hidrolojide kullanılması, II. Ulusal İzotop Teknikleri Sempozyumu, İzmir, s; 323 - 344.
- Schoeller, 1962. Les eaux souterraines, 642 p, Masson et cie, Paris.
- Simmons, C.T., Narayan, K.A., Woods, J.A. and Herczeg, A.L., 2002. Ground water flow and solute transport at the Mourquong saline-water disposal basin, Murray Basin, southeastern Australia. Hydrogeology Journal 10, 278-295.
- SKKY 2005. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 31.12.2004, sayı; 25687.
- Sonel, N., Sarı, A., Acar, A., Kadioğlu, Y., Ayyıldız, T., Doğan, U., Mann, U., Haboo, M., 1996. Tuz Gölü Havzası'nın jeolojisi ve hidrokarbon potansiyelinin değerlendirilmesi, TPAO Rapor No. 2452.
- Sonel, N. ve Sarı, A., 2003. Mezgit Formasyonu'nun (Tuz Gölü havzası) diyajenez ve rezervuar jeolojisinin incelenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 16 (1), 115-125.
- Sonenshein, R.S., and Koszalka, E.J., 1996. Trends in the water table altitude (1984–93) and salt water intrusion (1974–93) in the Biscayne Aquifer, Dade County, Florida. U.S. Geological Survey Open-File Report 95-705.
- Süslü, A., 2007. Şereflikoçhisar ilçesindeki tarım arazilerinde uzaktan algılama yöntemiyle ekili alanların tespiti ve rekolte tahmini, Yüksek lisans tezi, Gebze İleri teknoloji Enstitüsü, Gebze.
- Şahinci, A., 1991. Doğal suların jeokimyası. Reform Matbaası, İzmir, 548 s.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., Boray, A., 1987. Türkiye'nin diri fayları ve depremsellikleri. MTA rapor no: 8174, 394 s.

- Şengör, A., Görür, N., and Saroğlu, F., 1985. Strike-Slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as case study, in Bittle, K.T. and Christie-Blick, N. (eds.), strike slip formation and sedimentation. Soc. Economic Paleontologist and Mineralogists, Special Publication, 37, 227-265.
- Şenyurt, M.G. ve Arıkan, D., 2004. Tuz Gölü Havzası yeraltı tuz domlarından alınan tuz karotlarının sünme karakteristiklerinin belirlenmesi, Tübitak proje no; 103Y002.
- Tezel, H., 1968. Şereflikoçhisar ovası hidrojeolojik etüt raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Thorntwaite, C.W. ve Mather, J.R., 1955. The water budget and its use in irrigation water, the yearbook of agriculture, U.S. Dept. of Agriculture, s; 346 - 358.
- Toprak, V. and Göncüoğlu, M. C., 1993. Tectonic control on the development of Neogene-Quaternary Central Anatolian volcanic province, Turkey. Geological Journal., 28, 357-369.
- Tuğ, G. N., 2006. Tuz gölü çevresi halofitik vejetasyonda zonlaşmaya etki eden faktörlerin belirlenmesi, Doktora tezi, Ankara Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Turc, L., 1954. The water balance of soils, relation between precipitation, evaporation and flow, Annales Agronomiques, 5, p. 491-569.
- Turgut, S., 1978. Tuzgölü Havzası'nın stratigrafik ve çökelse gelişmesi. TPAO Report 1227.
- Türker, H.Ö., 2006. Sarıkaya (Yozgat) sıcak ve mineralli sularının hidrojeokimyasal incelemesi, Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Uğurtaş, G., 1975. Tuz Gölü Havzasının bir bölümünün jeofizik yorumu, MTA Derl: 85, 38-45.
- Uğurtay, C., 1993. Ankara - Şereflikoçhisar ovası ve civarı jeofizik rezistivite etüt raporu, DSİ V. Bölge Müdürlüğü, Ankara.
- Ulu, Ü., Bulduk, A. K, Saçlı, L., Ekmekçi, E., Taşkiran, M. A., Karakaş, M., Adır, M., Öcal, H., Sözeri, Ş., Arbaş, A., Karabıyıkoglu, M., 1994. İnlice-Akkise ve Cihanbeyli-Karapınar alanının jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Derleme Rapor No: 9720, Ankara.
- Uygun , A., ve Şen E., 1978. Tuz Gölü suyunun jeokimyası, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 21, 2, 113-120.

Uygun, A., 1981, Tuzgölü havzasının jeolojisi, evaporit oluşumları ve hidrokarbon olanakları. TJK İç Anadolu sempozyumu, 66-71.

Ünlücömert, Ö.B., 2003. Silifke - Göksu deltası tatlı su - tuzlu su girişiminin incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Mersin Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.

Ünlütürk, H., 2000. Tuz Gölü Haymana Havzası'nın yeniden değerlendirilmesi, TPAO rapor no; 4082, Ankara.

Varol, B., Kazancı, N., Gültekin, F, 2000. Tuzgölü ve yakın civarı Eosen-Oligosen jipslerinin sedimantolojik ve izotopik özellikleri. Haymana-Tuzgölü-Ulukışla Basenleri Uygulamalı Çalışma (Workshop), Aksaray, Bildiri Özleri Kitabı.

Yalçın, E., Ertem, M. E., 1997. Deniz tuzlalarının Türkiye tuz potansiyelindeki yeri, 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, s; 208-215.

Yavuz, M., 1975. Tuz gölü doğusu ve Peçeneközü Havzası yeraltı suyu rezerv raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.

Werner, A.D. and Simmons, C.T., 2009. Impact of sea-level rise on sea water intrusion in coastal aquifers, Groundwater, Volume 47, Issue 2, pages 197-204

Winn, K.O., Saynor, M.J., Eliot, M.J. and Elio, I., 2006. Saltwater intrusion and morphological change at the mouth of the East Alligator River, Northern Territory. Journal of Coastal Research: Volume 22, Issue 1: pp. 137 – 149.

URL-4.1- (http://www.tarimmerkezi.com/yazar_kose.php?hid=7935. 7 Ekim 2012.

URL-5.1-http://tr.wikipedia.org/wiki/Tuz_Gölü. 11 Kasım 2012.

URL-5.2-(www.turkiyetuz.com). 7 Ekim 2012.

URL-6.1-<http://www.nkfu.com/vanadyum-nedir-vanadyum-elementinin-ozellikleri/>. 28.Ocak 2013.

URL-6.2- <http://tr.wikipedia.org/wiki/Stronsiyum/>. 28.Ocak 2013.

URL-8.1-<http://www.geosys.com.tr/tr/Default.aspx?tabid=120>. 15 Ocak 2013.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mustafa Murat KAVURMACI

Doğum Yılı : 1974

Doğum Yeri : Aksaray

Eğitim Durumu

Lisans : 1995 Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans: 2010 Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Doktora: 2013 Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Haberleşme Bilgileri

Adres :Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Telefon :382 - 2803223

E-posta :muratkavurmaci@yahoo.com

