



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KUZEYDOĞU MİSSAN (GÜNEY IRAK) YÖRESİ YERALTI SULARININ JEOKİMYASAL MODELLEMESİ

Hussein Badr Ghalib AL HAWASH

DOKTORA TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Nisan-2014
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

DOKTORA TEZİ

KUZEYDOĞU MİSSAN (GÜNEY IRAK) YÖRESİ YERALTI SULARININ JEOKİMYASAL MODELLEMESİ

Hussein Badr Ghalib AL HAWASH

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ali Rıza SÖĞÜT

2014, 202 Sayfa

Jüri
Danışman Yrd. Doç. Dr. Ali Rıza SÖĞÜT
Jüri Prof. Dr. Mehmet Çelik
Jüri Prof. Dr. Veysel ZEDEF
Jüri Prof. Dr. Kerim KOÇAK
Jüri Yrd. Doç. Dr. Güler GÖÇMEZ

Tez sahasındaki topografik yükseltiler 7–440 m arasındadır. Alanda, Teeb ve Dewereg isimli iki mevsimlik dere bulunmaktadır. Derelerin her ikisinin de kaynağı İran bölgesindedir. İki akarsuyun da boşalımı da yağışa bağlıdır. İki akarsu da maksimum debisine kışın (Ocak ve Mart arası) ulaşır, minimum debi ise yaz aylarında görülmektedir. Jeomorfolojik açıdan çalışma alanı düzdür ve Irak kuzey doğusunda yer alan dağ eteği ile sınırlı bir alandır. Irak -İran sınırındaki alanda en yaygın arazi türü vadi ağları, alüvyon yelpazeleri, taşkın ovası, tuzlu yerler (sebkha), bataklıklar (ahwar) ve Kumullarından oluşur. Tektonik olarak çalışma alanının en büyük kısmı Mezopotamya bölgesi içindedir.

Jeolojik olarak çalışma alanının büyük kısmı flüvyal, gölsel ve güncel çökellerden oluşmaktadır. Kuvaterner çökelleri çalışma alanının %72'sini oluştururken Tersiyer sedimanları % 28'ini oluşturmaktadır. Bölge stratigrafik olarak Tersiyer (Mukdadiyah-BaiHassan) ve Kuvaterner formasyonlarından oluşmaktadır.

Çalışma alanı karasal iklim özelliklerinde olup, yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlıdır. Yıllık yağışın yaklaşık % 90'ı Kasım ve Nisan ayları arasındadır. Bu yağışların çoğu Aralık ve Mart aylarında olmaktadır. Yılın diğer ayları sıcak ve kuraktır. Su bilançosu değerleri Thornthwaite yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Nem bilançosuna göre toprağın su fazlası sadece Ocak ve Şubat aylarında toplam 34,76 mm'dir. Gerçek buharlaşma-terleme de yağışın %126'sını oluşturmaktadır.

.

İnceleme alanı genellikle, çalılık, ot ve mera, çim ile çorak arazi şeklindedir. Bu arazi kullanım alanları sırayla çalışma alanının %90, %6, %3, ve %1.3'ünü oluşturur. USDA (ABD Tarım Bakanlığı) toprak sınıflandırma sistemine göre alanda dört adet hidrolojik toprak grubu tanımlanır: A, B, C ve D sınıfları mevcut olup inceleme alanındaki oranları sırasıyla %14, %45, %28 ve %13'dür.

Tez sahasında Tersiyer ve Kuvaterner birimleri içinde akifer sistemler yer almaktadır. Kuvaterner'de serbest ve yarı basınçlı, Tersiyer'de ise serbest ve basınçlı akifer seviyeler yer almaktadır. Bu akifer sistemler beslenme bölgesinden boşalım bölgesine doğru birbirleriyle ilişkili olup tek bir su

seviyesine sahiptir. Akifer sistemlerin beslenme bölgesini genellikle Himreen tepeleri oluştururken boşalım bölgesi tez sahasının güneybatısı oluşturmaktadır.

Kuvaterner çökellerinin hidrolik iletkenlik değerleri 0.5-15.5 m/gün arasındadır. Tersiyer çökellerinde ise 2-25 m/gün arasındadır. Hidrolik İletkenlik değeri aynı zamanda güneyden kuzeye artmaktadır.

Akarsuların hidrokimyasal parametreleri, akış yolu boyunca farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar temel olarak akış yolu boyunca karşılaşılan jeolojik ve hidrolojik şartlardan kaynaklanmaktadır. Jeokimyasal modelleme sonuçlarına göre bölgenin Teeb deresi bölümünde anhidrit, jips çözünmesi, Ca^{+2}/Na^{+} katyon değişimi, kalsit, stronsiyanit, dolomit, siderit ve hematit çökelmesinin ana kimyasal reaksiyonlar olduğunu göstermektedir. Dewereg deresi tarafında ise herhangi bir spesifik kimyasal reaksiyon bulunmamaktadır. Sığ yeraltı suyu ve akarsular arasında karışım oranları belirlenmiş olup, bu ortamda buharlaşmanın da etkili olduğu görülmüştür.

Hidrojen ve oksijen kararlı izotopik çalışmalarda sulara ait noktalar meteorik su hattına yaklaşık paralel ve yakın düşmüş olup, suların meteorik kökenli olduğunu göstermektedir. Yeraltı suyunun trityum değerleri 0-2 TU arasında olup, yıllık ve bir kaç 10 yıllık sulardan oluşabileceği tahmin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Jeokimyasal modelleme, İzotop, Hidrojeoloji, Hidrokimya, Missan, Güney Irak

ABSTRACT

Ph. D THESIS

GEOCHEMİCAL MODELING CHARACTERISTICS OF GROUNDWATER IN NORHTEAST MISSAN (SOUTH OF IRAQ)

Hussein Badr Ghalib AL HAWASH

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN GEOLOGICAL ENGINEERING

Advisor: Asst. Prof. Dr. Ali Rıza SÖĞÜT

2014, 202 Pages

Jury
Advisor: Assist. Prof. Dr. Ali Rıza SÖĞÜT
Prof. Dr. Mehmet Çelik
Prof. Dr. Veysel ZEDEF
Prof. Dr. Kerim KOÇAK
Assist. Prof. Dr. Güler GÖÇMEZ

The topographic elevation ranges from 7 to 440 m. The area is crossed by two ephemeral streams namely, Teeb and Dewereg. The source of both is Iran territory. The average discharges of both streams depend on rainfall. Both streams attained maximum flows during winter months (January through March), while the minimum flows occur during summer months. From the geomorphological point of view, the study area is flat and featureless surface bounded by the foothill zone in the northeast along the Iraqi-Iranian border. The most common landforms within the interested area are valley networks, alluvial fans, flood plain, sebkhahs, ahwar (marshs), and sand dunes. Tectonically, the largest part of the study area lies in the Mesopotamian structure zone.. Geologically, most part of the study area is covered with fluviatile, lacustrine, aeloian sediments of recent age. The Quaternary deposits encompass about 72% of the study area whereas the Tertiary sediments occupy 28%. The stratigraphic column consists of the following formations Mukdadiyah, Bai Hassan, and Quaternary deposits.

The climate of the study area is continental characterized by hot, dry summer, cold winter and pleasant spring and fall. Approximately 90% of the annual rainfall occurs between of November and April, most of it occur in the winter months of December to March. The remaining six months are dry and hot. The values of water budget were calculated by Thornthwaite method. The water balance calculations indicated that the amount of water surplus is (34.765 mm) for January and June months. The actual evapotranspirationwhich making (126 %) of the amount of rainfall in the region.

Four land use/ land cover classes are recognized in the study area: Shrub land, Barren land, grass and pasture, and grass land. These classes occupy 90%, 6%, 3%, and 1.3% from the study area, respectively. According to the USDA soil classification system, four hydrological soil groups are recognized in the study area: A, B, C, and D with 14%, 45%, 28%, and 13%, respectively.

The aquifers systim are located in the Tertiary and Quaternary deposites s for studied area. The Quaternary sediments contains on the unconfined and semi-confined aquifers, while Tertiary uni included confined and unconfined aquifer. This aquifer systems have single water level between of recharge and

discharge region which have associated with each other. The flow direction as inferred from the map of groundwater heads is from northeast to southeast similar to topographic elevation trend. The north and northeast areas(Himreen hills) of the study area represent the recharge zone while the south and southwest areas represent discharge zone. Hydraulic conductivity values of the Quaternary deposits range from 0.5 to 15.5 m/d and less than that for Tertiary (2-25 m/d). Transmissivity parameter also increases from south to north, indication capability of aquifer to transmit water in this direction.

Hydrochemical parameters of the Rivers show significant temporal variations along the river stations. These differences mainly may be due to the effects of various human activities along the river stations knowing that these stations are affected by the same geological and hydrological conditions.

Geochemical modeling results indicate that dissolution of dolomite, gypsum, siderite, cation exchange of Ca^{2+} /Na^{+} and precipitation of calcite, and hematite are the main chemical reactions in Teeb side, whereas no specific reactions can be shown in Dewereg side. Mixing models of the shallow groundwater and Rivers show various patterns which are also affected by other factors such as the aquifer recharge and evaporation especially at the most shallow parts.

Stable isotopes of hydrogen and oxygen explain different signatures in studied area. It was concluded that recharge water undergoes significant evaporation through it transit to the aquifer. Tritium values of groundwater are around 0-2 TU, which has been estimated to occur from yearly and few decades waters.

Keywords: Geochemical modelling, Isotope, Hydrogeology, Hydrochemical, Missan, South of Iraq

ÖNSÖZ

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora tezi kapsamında hazırlanmıştır. Bu çalışma kuzeydoğu Missan (güney Irak) yöresi sularının hidrojeolojik, özellikleri hidrojeokimyasal modellemesi ve izotopik özellikleri aydınlatılmaya çalışılmıştır.

Doktora tezim süresince bana sabır ve özveri ile bilimsel ve insani her türlü konuda destek olan ayrıca bilgiyi ve sevgiyi paylaşmayı da öğrendiğim çok değerli hocam ve doktora tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ali Rıza SÖĞÜT'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bilgi ve deneyimlerinden yaralandığım Sayın Dr. Ayla BOZDAĞ'a görüş ve önerileri ile sağladığı katkılardan dolayı sayın Dr. Ali BOZDAĞ'a teşekkür ederim.

Düzeltme ve yardımlarından dolayı, hocalarım Prof. Dr. Mehmet Çelik ve Yrd. Doç. Dr. Güler Göçmez 'e çok teşekkürler.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarımın her aşamasında birlikte çalıştığımız, Basra Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümündeki, Sayın Jeoloji. Dr. Alaa Muhsen, Arş. Gör Fadhel Al Kaaby ve Arş. Gör Wasen Sabeeh 'e çok teşekkür ederim.

Bu çalışma; Analiz çalışmaları, Acme Analitik Laboratuvarı'nda (Kanada) yapılmıştır. Ayrıca analizleri gerçekleştiren ACME personeline, $\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$ izotop analizlerini yapan Davis Stable Isotope Laboratory (Kaliforinya Üniversitesi) personeline, Trityum (^{3}H) izotop analizini gerçekleştiren Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü T.A.K.K. Dairesi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Bu çalışma; Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (S.Ü.B.A.P.) Koordinatörlüğünce 12201045' nolu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı S.Ü. B.A.P. Koordinatörlüğüne teşekkür ederim.

Bu çalışmanın yürütüldüğü Selçuk Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Başkanlığına ve tüm bölüm öğretim elemanlarına teşekkür ederim. Irak Kültür ataşeliği Ankara'da ve Sayın Dr Iqbal AL MADHY'e HydroGeoAnlyst yazılımının alınmasını desteklediği için teşekkür ederim.

En son olarak da tezime manevi destek sağlayan tüm arkadaşlarıma ve eğitim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen ailemin her bir ferdine ayrı ayrı teşekkür borçluyum.

Hussein Badr Ghalib AL HAWASH
KONYA-2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **vi**

ÖNSÖZ ..... **viii**

İÇİNDEKİLER ..... **ix**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **iix**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Amaç ve Kapsam 1

1.2. Çalışma Alanının Konumu ve Topografyası 2

1.3. İklim 5

1.3.1 İklim sınıflandırması 5

1.3.1.1. Köppen iklim sınıflandırması 5

1.3.1.2. Thornthwaite İklim Sınıflandırması 6

1.3.2. İklim elemanları 8

1.3.2.1. Yağış 8

1.3.2.2. Sıcaklık 9

1.3.2.3. Rüzgâr 10

1.3.2.4. Güneşli saatler ve bulut 10

1.3.2.5. Buharlaşma ve Terleme 11

1.3.2.6. Meteorolojik Su Bütçesi 13

1.4. Jeolojik Özellikleri 17

1.4.1. Stratigrafi 17

1.4.1.4. Mukdadiyah ve Bai Hassan (Alt ve Üst Bahtiyari) formasyonu 27

1.4.1.5. Kuvaterner çökelleri 20

1.4.2 Tektonik 21

1.4.3 Jeomorfoloji 21

1.4.3.1. Vadi ağı 21

1.4.3.2. Alüvyon yelpazesi 23

1.4.3.3. Taşkın yatağı (Flood plain) 23

1.4.3.4. Tuzlu Topraklar (Sebkhas) 24

1.4.3.5. Bataklıklar (Ahwar) 24

1.4.3.6. Kumullar 25

1.5. Modelleme 25

1.5.1. Coğrafi bilgi sistemi (CBS) 25

1.5.2. Jeokimyasal modelleme 26

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **28**

3. MATERYAL VE YÖNTEM 30

3.1. Arazi Çalışmaları 30
3.2. Laboratuvar Çalışmaları 34
3.3. Büro Çalışmaları 34

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA 36

4.1. Arazi Kullanımı ve Bitki Örtüsü (AKBÖ) 36
4.2. Toprak 39
4.2.1. Hidrolojik toprak grupları 40
4.3. Hidroloji 47
4.3.1. Akarsular 47
4.4. Hidrojeoloji 49
4.4.1. Akifer yapısı 49
4.4.2. Hidrolik özellikleri 59
4.4.2.1. Hidrolik iletkenlik (Permeabilite) 59
4.4.2.2. İletimlilik (Transmisivite) 60
4.4.2.3. Depolama katsayısı (S) 62
4.4.3.Yeraltı suyu akış sistemi 62
4.4.4. Tez sahasındaki sondaj kuyularının özellikleri ve verimleri 64
4.5. Hidrokimya ve Hidrojeokimya 67
4.5.1. Giriş 67
4.5.2. Kimyasal analiz sonuçlarının doğruluğu (kesinliği) 67
4.5.3. Yüzey suyu 68
4.5.3.1. Genel özellikleri 68
4.5.3.2. Majör iyonlar 69
4.5.4. Yeraltı suyu 71
4.5.4.1 Genel özellikler ve ana (majör) iyonlar 71
4.5.4.2. İkincil (minor) iyon 86
4.5.4.3. Eser elementler 87
4.5.5. Yüzey ve yeraltı sularının kimyasal sınıflandırılması 91
4.5.5.1. Yarı logaritmik Schoeller diyagramı 91
4.5.5.2. Piper diyagramı sınıflandırılması 95
4.5.6. Yüzey ve yeraltı sularının değişik kullanımlar için uygunluğu 97
4.5.6.1. İçme suyu kullanımına uygunluğu 98
4.5.6.2. Hayvancılıkta kullanım için uygunluğu 98
4.5.6.3. Suların inşaat yapımında kullanım için uygunluğu 98
4.5.6.4. Suların endüstriyel amaçlar için uygunluğu 99
4.5.6.5. Sulama suyu için uygunluk 99
4.6.Hidrojeokimyasal Modelleme 103
4.6.1. Giriş 103
4.6.2. Jeokimyasal türleşme modellemesi (Geochemical speciation modeling) 104
4.6.3. Aktivite katsayıları 105
4.6.4. Jeokimyasal türleşme sonuçları (Geochemical speciation results) 107
4.6.4.1. Karbonat mineralleri 108
4.6.4.2. Sülfat mineralleri 109
4.6.4.3. Diğer mineraller 117
4.6.5. Karbondioksit basıncı (P_{CO2}) ve doygunluk indeksi (SI) ilişkileri 117
4.6.5.1. karbonat mineralleri 118
4.6.5.2. Sülfat mineralleri 122

4.6.6. Hidrojen iyon aktivitesi (pH) ve doygunluk indeksi (SI) ilişkisi.....126
4.6.7. Reaksiyon yolu modelleri. 130
4.6.7.1. Ters jeokimyasal modelleme uygulaması 131
4.5.8. Karıştırma Süreç modelleme.....134
4.5.9. Tartışma 137
4.6. İzotop Çalışmaları 139
4.6.1. İzotop analizleri.....139
4.6.2.Hidrojen ve oksijen kararlı izotopu 139
4.6.3.Döteryum fazlası 141
4.6.4. Çalışma alanının yeraltı suyunun izotopik kompozisyonu 142
4.6.5.Teeb ve Dewereg akarsularının ve sığ yeraltı suyunun izotop bileşimleri ...148
4.6.6.Trityum (^{3}H).....149

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 151
5.1. Sonuçlar.....151
5.2. Öneriler.....154

KAYNAKLAR 154

EKLER 171

ÖZGEÇMİŞ.....189

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Ca^{+2} : Kalsiyum
Mg^{+2} :Magnezyum
Cl^{-} : Klor
K^{+} : Potasyum
Na^{+} :Sodyum
NO_3^{-} :Nitrat
SO_4^{-2} :Sülfat
P_{CO2} : Karbondioksit basıncı
SI : Doygunluk indeksi
S : Depolama katsayısı
m : metre
meq/ℓ : miliekivalen/litre
mg/ℓ : miligram/litre
γ_i : iyon etkinlik katsayısı

Kısaltmalar

CBS : Coğrafi bilgi sistemi
AKBÖ: Arazi Kullanım ve Bitki Örtüsü
Diğ. : Diğerleri
Ark. : Arkadaşları
USDA : ABD Tarım Bakanlıgı
SMOW: Standart ortalama okyanus suyu
GMWL: Küresel Meteorik Su Hattı
MMWL: Akdeniz Meteorik Su Hattı
NRCS : Doğal Kaynakların Korunması Servisi

1. GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora tezi olarak sunulan bu çalışma, Irak'ın güneyinde bulunan Missan İli'nin kuzey doğusundaki sığ yeraltı sularının hidrojeokimyasal evrimi ve yüzey suları ile ilişkisinin araştırılmasıdır. Proje alanı ile ilgili yer altı sularının, hidrojeokimyasal evrimi ve çevresel izotoplarına yönelik ayrıntılı bir çalışma ilk kez bu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, inceleme alanındaki tüm hidrokimyasal ve iklimsel bilgilerin elde edilmesi ile yatay ve düşey değişimlerin araştırması yapılacaktır. Böylece ana jeokimyasal süreçler ve değişiklikleri, beslenme bölgesinden boşalım bölgesine doğru belirlenecektir. Ayrıca, çalışma bölgesindeki yeraltı sularının kalite veya kimyasından sorumlu olan süreçler ve önemli reaksiyonlar (su-kaya etkileşimi) tanımlanacaktır. Çalışma bölgesinde, yeraltı sularının beslenme alanını yeraltı sularının yaşını ve akiferde dolaşım sürelerini belirlemek amacıyla Oksijen-18(^{18}O), Trityum (^{3}H), Döteryum (^{2}H) izotop çalışmaları yapılmıştır. İzotop çalışmaları Irak'ta ilk defa kullanılan yeni bir tekniktir. Suların yaşını belirlemek için alınan örnekleri alındığı istasyonların geçmişteki iklim bilgileri, yağmur ve meteorolojik verileri izotop ve kimyasal analizlere ek olarak değerlendirilecektir. İnceleme alanında, 2010-2013 yılları arasında jeoloji çalışmaları yapılmıştır. Araziden derlenen su ve toprak örneklerinin laboratuvarda analizleri yapılarak elde edilen veriler yorumlanmıştır.

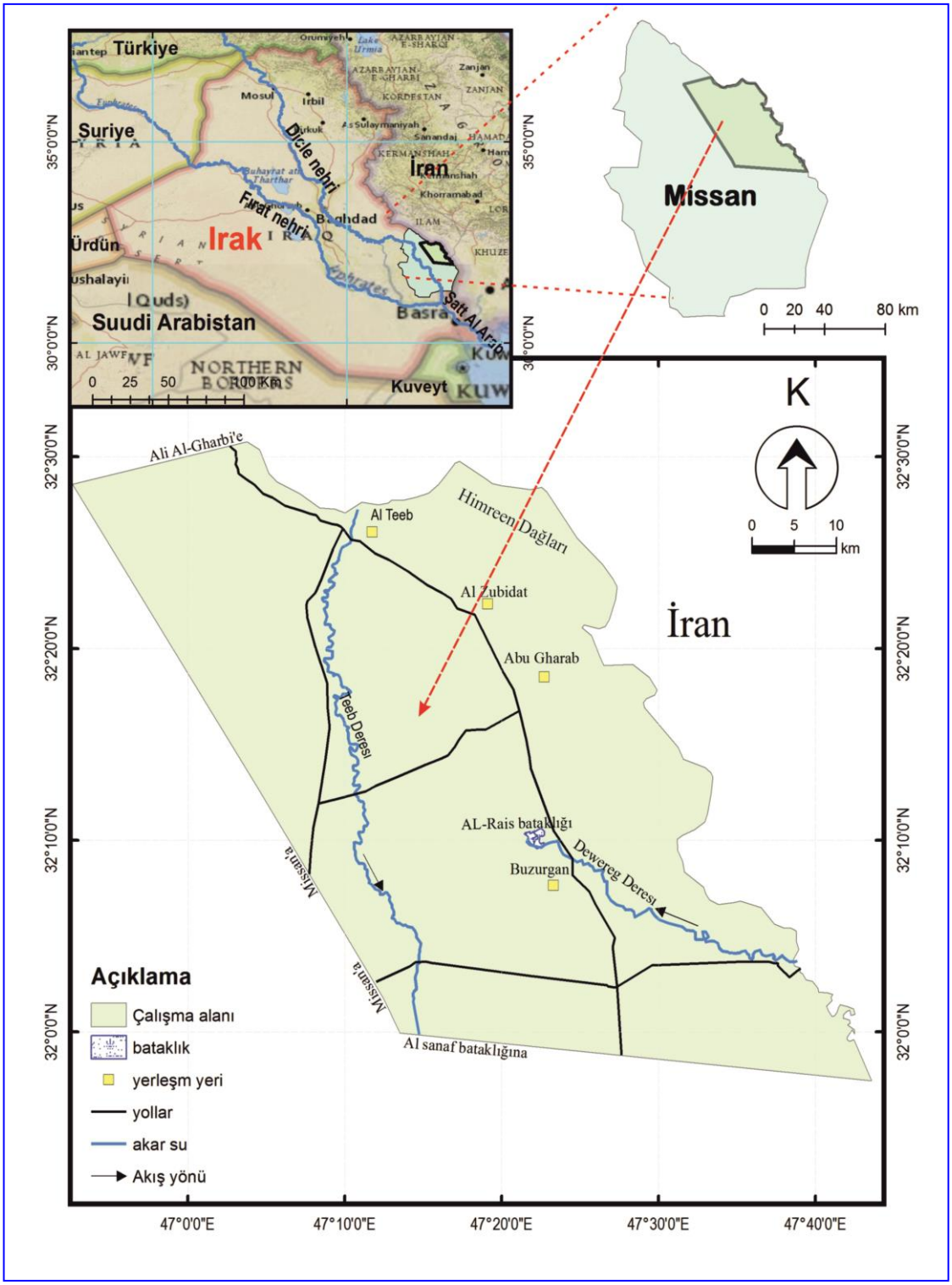
Son yıllarda hızla artan su talebi, Irak'taki kuraklık ve çölleşme, komşu ülkelerin su politikaları, ayrıca suyun kentleşme ve gıda güvenliğindeki önemli rolü, yüzey suyu kıtlığına yol açmıştır. Ayrıca, bölgede yoğun şekilde gözlenen buharlaşma ve yağışın çok az olmasından dolayı, mevcut yeraltı suyu rezervlerinin hızla tükenme noktasına gelmesi, gelecek nesiller için önemli bir tehlike oluşturmaktadır.

Bu araştırmada, yeraltı ve yüzey sularının, hidrojeokimyasal evrimi ve yeraltı sularının kökeni ve yaşı, değerlendirilmiştir. Böylece çalışma bölgesinde, sığ akifer sisteminin en iyi şekilde korunması ve yönetilmesi için önlemler ve öneriler sunulabilmiştir.

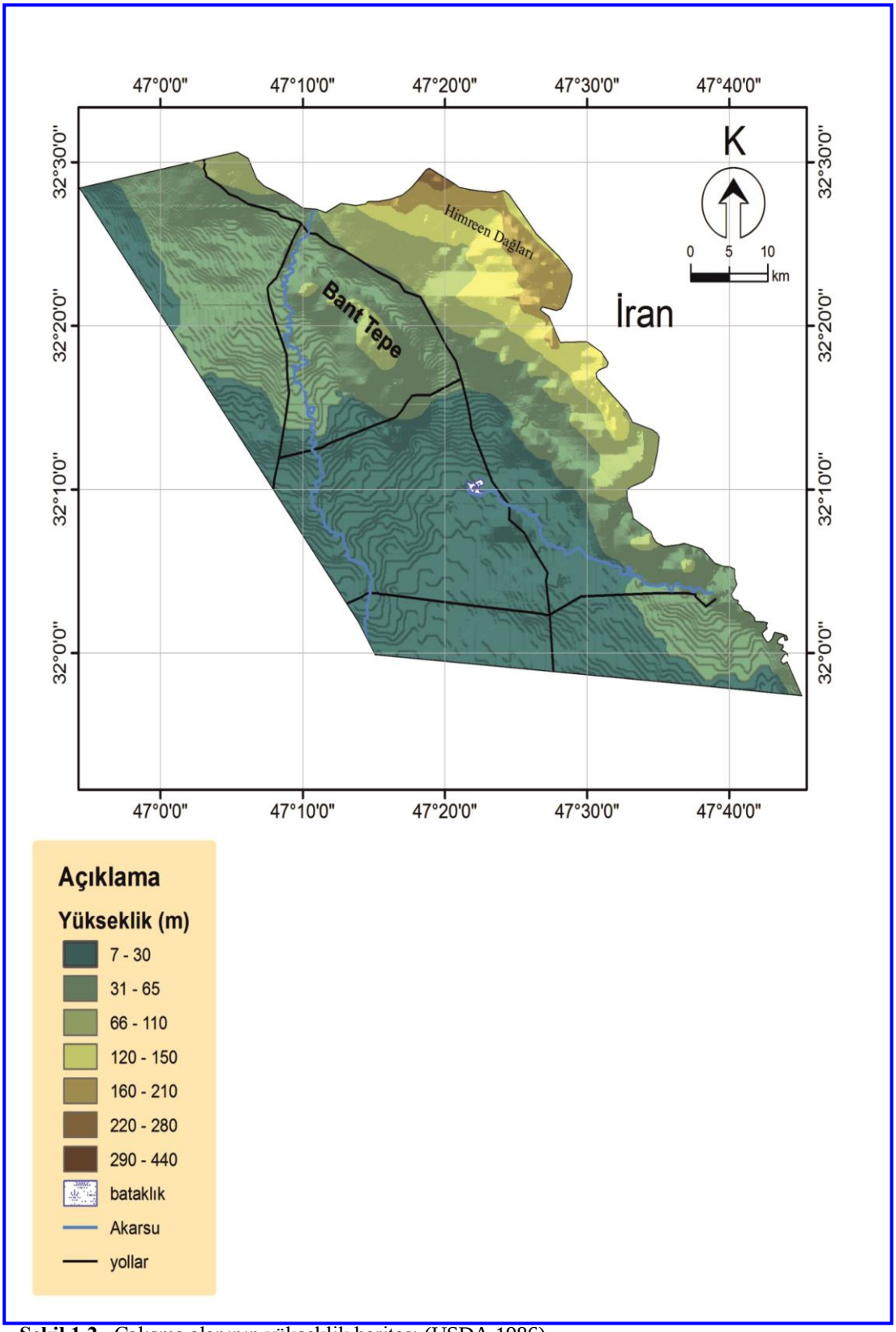
1.2. Çalışma Alanının Konumu ve Topografyası

Irak'ın güneyinde yer alan inceleme alanı, Missan İli'nin yaklaşık 90 km kuzey doğusunda ve İran sınırları içerisinde, Mezopotamya Platosu üzerinde bulunmaktadır (Şekil 1.1). Deniz seviyesinden yüksekliği ise 7 ile 440 m arasında değişmektedir. Çalışma alanı, coğrafi olarak (31º 83´ 25.43″ - 32º 35´ 15.22″) kuzey enlemleri ile (46º 63´ 45.13″ - 47º 43´ 55.33″) doğu boylamları arasında yer almakta olup, yaklaşık 2306 km^2'lik bir alanı kapsamaktadır. Çalışma alanı, Irak N38 ve N39 paftalarında 1/100.000 ölçekli topoğrafik haritaların yaklaşık 2306 km^2'lik bir alanı kapsanmaktadır. Topografya aralıkları ve çalışma alanının orta kesiminde nispeten düz iken kuzeydoğuda Himreen Tepeleri ve Al-Teeb kuzeyinde yükseltiler şeklindedir (Şekil 1.2).

Çalışma güneyde Al-Fugi ve Bazergan şirketleri petrol aramaları yapmak amacıyla jeolojik araştırmalar yapılmıştır. Ayrıca, burası ünlü çakıl ve kum ocakları ile birlikte tuğla sanayisinin bulunduğu bölgedir. Bölgede Irak Su Kaynakları Bakanlığı, Yeraltı Suyu Genel Müdürlüğü tarafından 36 adet sondaj kuyusu açılmıştır. İlaveten de bölge genelinde düzensiz olarak yayılan birkaç keson kuyu açılmıştır. Tarım ve hayvancılıkla ilgili faaliyetler için sulama suyu olarak bölge sakinleri tarafından kullanılmaktadır. Ayrıca, Himreen Tepeleri yakınlarında Al-Zubidat mevkiinde içme suyu olarak kullanmak için beş adet derin kuyusu (artezyen) açılmıştır.



Şekil 1.1 : Çalışma alanının yer bulduru haritaları



Şekil 1.2. Çalışma alanının yükseklik haritası (USDA,1986).

1.3.İklim

İklim bir yerde uzun bir süre boyunca gözlemlenen sıcaklık, nem, basınç, rüzgar, yağış, yağış şekli gibi meteorolojik olayların ortalamasına verilen addır. Hava durumundan farklı olarak iklim, bir yerin meteorolojik olaylarını uzun süreler içinde gözlemler. Bir yerin iklimi o yerin enlemine, yükseltisine, yer şekillerine, kalıcı kar durumuna ve denizlere olan uzaklığına bağlıdır. Çalışma alanı içinde bulanan **Al-Amarah** istasyonu, (707446,08' D ve 3523715.01'K) enlem ve boylamlarında yer almaktadır. Ancak istasyon kapatıldığı için, sıcaklık ve yağış verileri 1970 - 2012 yıllarını kapsamaktadır. Bu istasyon için iklim değişkenleri, aylık ortalama bağıl nem(%), rüzgâr hızı (m/s), sıcaklık, yüzeysel buharlaşma (mm), yağış (mm ortalama sıcaklık ve güneşlenme süresi (h) şeklindedir. Günlük yağış (mm) değerleri yıllık olarak (2000-2009) elde edilmiştir. Irak'ın Güney'inde, çalışma alanı dâhil olmak üzere kurak iklim hüküm sürmektedir. Kış ayları soğuk, yaz ayları ise kurak ve sıcak, ilkbahar ve sonbahar ise serin bir iklim karakterindedir. Yıllık yağışın yaklaşık % 90'ı, Aralık - Mart döneminde değişmektedir.

1.3.1. İklim sınıflandırma

Çalışma sahasının iklimini sınıflandırmak için, iki tür klimatolojik sınıflandırma sistemi kullanılmıştır. Bunlar, Köppen ve Thornthwait sınıflandırma sistemleridir.

1.3.1.1. Köppen iklim sınıflandırması

Köppen iklim sınıflandırması, tüm dünyada en sık kullanılan iklim sınıflandırma yöntemlerinden biridir. Bu yöntem 1900'lü yıllarda Alman klimatolog Wladimir Köppen tarafından ortaya atılmış ve 1918 ile 1936 yılları arasında yine Köppen tarafından büyük ölçüde geliştirilmiştir. Köppen'ın sınıflandırma yönetimine göre, bir çevrenin doğal bitki örtüsü, o yörenin iklimini açıklamak için en iyi değerlendirme aracıdır. Bu nedenle Köppen, iklim bölgelerini ayırırken bitki örtüsünün dağılışını göz önüne almıştır. Köppen sınıflandırması, bir bölgenin yıllık ve aylık sıcaklık ortalaması ile yağış miktarını hesaplayarak, iklim bölgelerinin sınırlarını çizer (McKnight ve Hess, 2000). Bu sınıflandırma sistemini kullanmak için, uzun vadeli yıllık ortalama sıcaklığı $\bar{t}$, ve en sıcak t_{max} ve en soğuk t_{min} ayın aylık ortalama sıcaklık değerleri bilinmelidir. Buna karşılık $\bar{r}$ ve r_{min} yıllık ortalama yağış miktarı ve en kurak ayın yağış miktarı vardır. Ayrıca, Köppen'ın sınıflandırma yönetiminde aşağıdaki terimler kullanılmaktadır.

$r_{s\ max}$: En fazla yağışn olduğu yaz ayı

$r_{s\ min}$: En az yağışn olduğu yaz ayı

$r_{r\ max}$: En fazla yağışn olduğu kış ayı

$r_{r\ min}$: En az yağışn olduğu kış ayı

Köppen'ın sınıflandırma yönetiminde yıllık ortalama sıcaklık değeri ve aşağıda gösterildiği gibi yıllık yağış döngüsü kuraklık eşiğine (r_d) bağlı olarak kullanılırdır. (Lohmann ve ark., 1993):

$$r_d = \begin{cases} 2\bar{t} & \text{Yıllık yağış en az \% 70 kış aylarında meydana gelirse,} \\ \bar{t} + 28 & \text{Yıllık yağış en az \% 70 yaz aylarında ortaya çıkarsa,} \\ 2\bar{t} + 14 & \text{Aksi halde} \end{cases}$$

Köppen iklim bölgelerini (türleri) tanımlarken, sıcaklığı °C, yağış ise cm/ay ölçmüştür **(**Çizelge 1.1). Çalışma alanında bu sınıflandırma sisteminin uygulama alanını BWh, sınıf "Çöl" dür.

1.3.1.2. Thornthwaite İklim Sınıflandırması

Missan bölgesinin akifeleri ve çevresinin genel iklim özellikleri, Thornthwaite iklim sınıflandırma sistemi kullanılarak ayrıntılı olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bu sistem 1937 yılında tasarlanmış ve bunların bitki örtüsü özelliklerine göre iklimleri guruplara ayıran Amerikan iklim bilimci Charls Warren Thornthwaite tarafından 1984 yılında revize edilmiştir. Bitki örtüsü yağış etkinliği "Y/E" tarafından belirlenmektedir. P toplam aylık yağış kadardır ve E, toplam aylık buharlaşma olduğunu. Aylık (Y/E) değerlerinin toplamı ilişkili bitki örtüsü ile beş nem alanları tanımlamak için kullanılır (Y/E) endeksi verir (Çizelge 1.2). İklim sınıflandırmasına göre; (Y/E) 1.89 eşitliğinde bakımından çalışma alanındaki ana istasyon çöl (kurak) olarak iklim sınıfında yer alır (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.1. Köppen'e göre genel bir iklim sınıflandırması (Lohmann ve ark., 1993)

Tip	Tipi	Tanımlama	kriter
A		**Tropikal iklimlerde Yağmurlu**	$t_{min} \geq 18$ ℃
	Af	Tropik Yağmur Ormanı İklim	$r_{min} \geq 6$ *(cm/mo)*
	Aw	Tropikal Savann İklim	$r_{min} < 6$ *(cm/mo)*
B		**Kuru İklimler**	$\bar{r} \leq r_d$
	Bs	Bozkır İklim	$\bar{r} \leq r_d/2$
	Bwh	Çöl İklim	$\bar{r} < r_d/2$
C		**Nemli mezotermal İklimler**	$-3℃ \leq t_{min} < +18$ ℃
	Cs	Kuru, Yaz ile Sıcak İklim	$r_{rmax} \geq 3r_{smin}$
	Cw	Kuru Kış ile Sıcak İklim	$r_{smax} \geq 10r_{rmin}$
	Cf	Nemli Sıcaklık İklim	$r_{smax} < 10r_{rmin}$ ve $r_{rmax} < 3r_{smin}$
D		**Nemli mikrotermal İklimler**	$t_{min} < -3$ °C ve $t_{max} \geq 10$ °C
	Dw	Kuru Kış Soğuk İklim	$r_{smax} \geq 10r_{rmin}$
	Dt	Nemli Kış Soğuk İklim	$r_{smax} < 10r_{rmin}$
E		**Kutup İklimler**	$t_{max} < 10$ °C
	ET	İklim Tundra	$0℃ \leq t_{max} < +10$ ℃
	EF	Permafrost İklim	$t_{max} < 0$ °C

Çizelge 1.2. Thornthwaite iklim sınıflandırma sistemi

Y/E (Yağış Etkinliği)	İklim sınıflandırma
> 127	Islak (Yağmur ormanı)
64 – 127	Nemli (orman)
32 – 63	Yarı nemli (otlak)
16 – 31	Yarı kurak (bozkır)
< 16	Kurak (çöl)

1.3.2. İklim elemanları

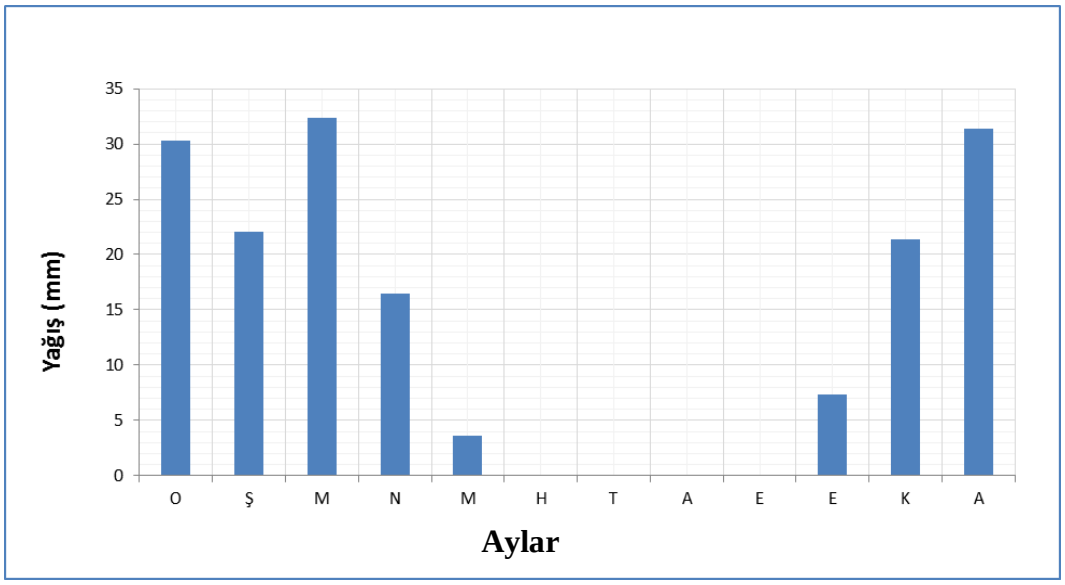
Aşağıdaki iklim elemanları analizleri çalışma alanının iklim koşulları olarak kabul edilir:

1.3.2.1. Yağış

İnceleme alanı içinde meteoroloji istasyonu bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışma alanına en yakan **Al-Amarah** istasyona ait değerler kullanılmıştır. **Al-Amarah** Meteoroloji İstasyonu'ndan elde edilen yağış ve sıcaklık değerleri ile 1980-2013 yılları arasına ait aylık ortalama yağış değerleri ve aylık ortalama sıcaklık değerleri hesaplanmış ve Çizelge 1.3'te verilmiştir. Çalışma alanının yağış rejimi, hiçbir yağış meydana gelmeyen Haziran'dan Eylül ayına kadar uzun bir sıcak kuru mevsim ve Mayıs ayına kadar uzayan yağmurlu bir süre karakterindedir. Mayıs ve Ekim aylarında yağış miktarı oldukça düşüktür. Ortalama yağış değerinin en fazla olduğu ay 32.4 mm ile Aralık ayıdır (Şekil 1.3). 37 Yıllık yağış toplamının ortalaması 161.9 mm olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 1.3. AL- Amarah Meteoroloji İstasyonu'ndaki aylık ortalama yağış değerleri (32 yıllık ortalama:1980-2012)

Aylar	Yağış (mm)		
	Min.	Max.	Ortalama
Ocak	0.001	111.00	30.3
Şubat	0.200	106.80	22.1
Mart	0.300	152.50	32.4
Nisan	0.001	63.60	16.5
Mayıs	0.001	22.30	3.6
Haziran	0.000	1.00	0.01
Temmuz	0.000	0.00	0.00
Ağustos	0.000	0.00	0.00
Eylül	0.000	0.40	0.08
Ekim	0.000	42.10	7.3
Kasım	0.000	113.00	21.4
Aralık	0.001	112.20	31.4



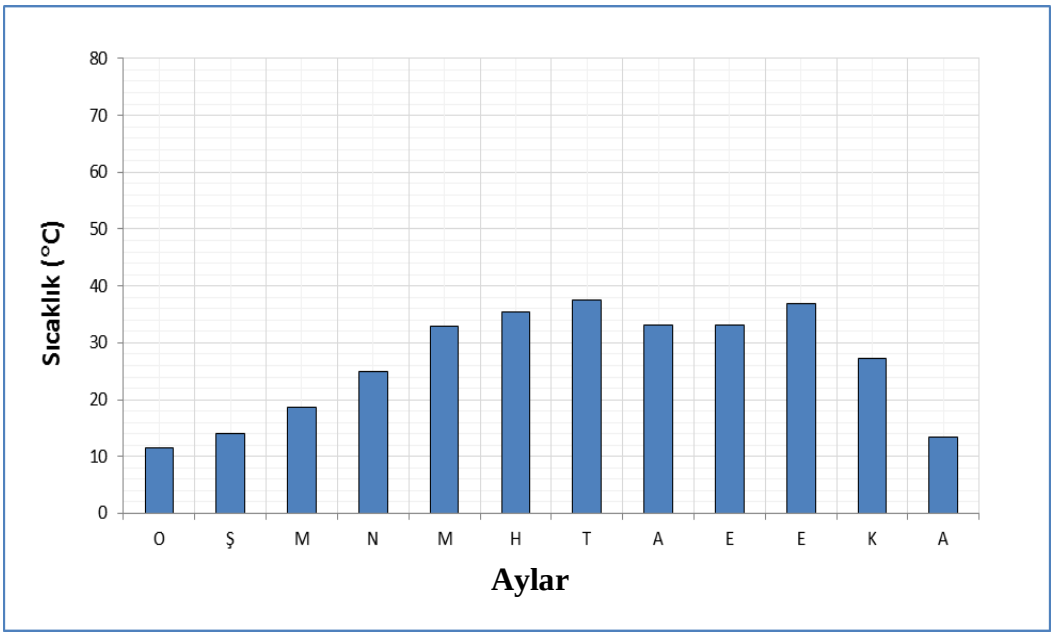
Şekil 1.3. İnceleme alanının 1980 – 2012 yılları arasında aylara göre ortalama yağış grafiği

1.3.2.2. Sıcaklık

Tez alanına ait 1980–2012 yılları arasındaki ortalama sıcaklık değerleri AL-Amarah Meteoroloji İstasyonu'nda yapılmış ölçümlerden (Çizelge 1.4) alınmıştır (şekil 3.4). En yüksek sıcaklık, Temmuz ayında 45,9°C olarak ölçülmüştür. En düşük sıcaklık, Ocak ayında 6,5°C olarak kaydedilmiştir (Çizelge 1.4 ve Şekil 1.4). Çalışma alanı içerinde en yüksek sıcaklık 50°C olup, sıcaklık sıfırın altında nadiren düşmektedir.

Çizelge 1.4. AL- Amarah Meteoroloji İstasyonu'ndaki aylık ortalama sıcaklık değerleri (33 yıllık ortalama:1980-2012).

Aylar	Sıcaklık (°C)		
	Min.	Max.	Ortalama
Ocak	6.36	16.65	11.51
Şubat	8.28	19.75	14.01
Mart	12.36	24.63	18.50
Nisan	17.99	31.69	24.84
Mayıs	23.88	38.70	31.29
Haziran	27.14	43.37	35.26
Temmuz	29.11	45.87	37.49
Ağustos	28.28	45.20	36.74
Eylül	24.10	42.16	33.13
Ekim	19.01	35.23	27.12
Kasım	12.56	25.74	19.15
Aralık	7.82	18.85	13.33



Şekil 1.4. İnceleme alanının 1980 – 2012 yılları arasında aylara göre ortalama sıcaklık grafiği.

1.3.2.3. Rüzgâr

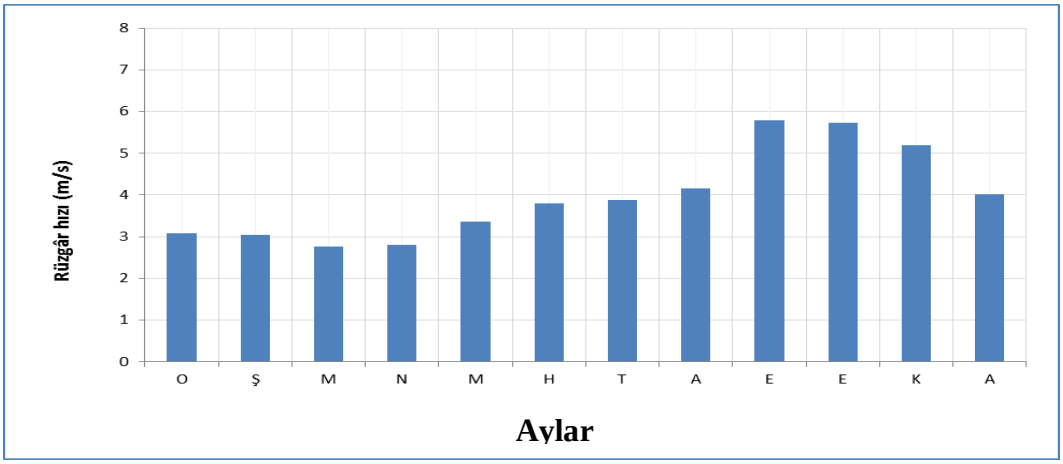
Al Amarah Meteoroloji İstasyonu'ndan elde edilen rüzgar hızı değerleri ile 1980-2012 yılları arasına ait aylık maksimum, minimum ve ortalama güneşlilik değerleri hesaplanmış ve Çizelge 1.5'de verilmiştir (Şekil.1.6). Al-Amarah istasyonunda, hâkim rüzgârlar özellikle kuzeybatı ve batı rüzgârları vardır. Çalışma alanında hâkim rüzgâr yönü kuzeybatıdır. Bu rüzgârların hızı gün boyunca genellikle güçlüdür ve gece biraz azalmaktadır. Çalışma alanında güneydoğu rüzgârı genellikle yaz aylarında mevcuttur. Bu rüzgârlar genellikle sıcaktır, neme doymuştur ve bazen kum ve toz fırtınalarını getirmektedirler. Rüzgârın aylık ortalama hızı Haziran ayında 5,80 m/s olarak ölçülmüştür.

1.3.2.4. Güneşli Saatler ve bulut

Güneşli saatler, buharlaşma sürecini etkileyen ana faktör olarak kabul edilmektedir. Al Amarah Meteroloji İstasyonu'ndan elde edilen güneşlenme değerleri ile 1980-2012 yılları arasına ait aylık maksimum, minimum ve ortalama güneşlilik değerleri hesaplanmış ve Çizelge 1.6'de verilmiştir. Bu çizelgede görüldüğü gibi; aylık ortalama güneşlenme süresi 29 gün'dir.

Çizelge 1.5. AL- Amarah Meteoroloji İstasyonu'ndaki aylık ortalama Rüzgâr değerleri(1980-2012).

Aylar	Rüzgâr hızı (m/s)		
	Min.	Max.	Ortalama
Ocak	1.60	4.20	2.80
Şubat	2.20	4.80	3.36
Mart	2.30	5.90	3.79
Nisan	2.00	5.70	3.87
Mayıs	2.40	6.50	4.15
Haziran	3.80	8.20	5.80
Temmuz	3.70	9.80	5.73
Ağustos	2.90	8.30	5.19
Eylül	2.10	6.30	4.02
Ekim	1.90	4.90	3.09
Kasım	1.90	5.20	3.04
Aralık	1.80	3.90	2.77



Şekil 1.6. İnceleme alanının 1980 – 2012 yılları arasında aylara göre ortalama rüzgâr hızı grafiği

Çizelge 1.6. Bulutlu gün sayısı ortalama.

Ay	O.	Ş.	M.	N.	M.	H.	T.	A.	E.	E.	K.	AS.
Bulutlu gün sayısı	3	2	3	3	2	0	0	0	0	1	2	3

1.3.2.5. Buharlaşma ve Terleme

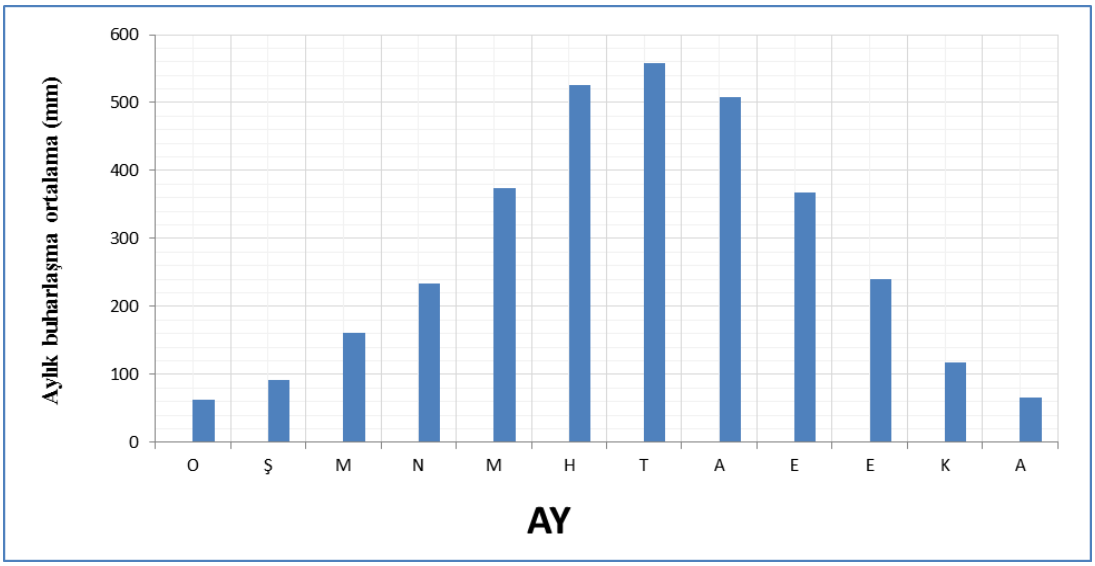
Su yüzeyinde meydana gelen su kayıplarına buharlaşma, bitkilerden meydana gelen su kaybına terleme denir. Bitkilerden ve civarındaki topraktan meydana gelen su kaybına ise evapotransprasyon adı verilir. Buharlaşma, hidrolojik döngüde su transferinin ana sürecini oluşturmaktadır. Sıvı ya da katı fazda olan suyun su buharı haline dönüşmesi ve atmosfere karışması sürecine buharlaşma denir. Buharlaşma

miktarı; solar radyasyon, su ve hava arasındaki buhar basıncı farkı ve rüzgâr hızı ile doğru orantılıdır. Suyun içindeki erimiş tuz içeriği, atmosferik basınç ve havanın nem oranı ile ise ters orantılıdır.

Çizelge 1.7'deki buharlaşma verileri bir grafik halinde değerlendirilecek olursa Şekil 1.7'deki dağılım ortaya çıkar. Grafik dikkatle incelenirse Ocak, Şubat, Aralık ve Ekim ayları gerçek buharlaşmanın en az gerçekleştiği dönemdir. Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında ise artan sıcaklık değerine karşın yağış miktarında düşüş görülmekte, buharlaşma miktarında da artış gözlenmektedir.

Çizelge 1.7. AL- Amarah Meteoroloji İstasyonu'ndaki aylık ortalama buharlaşma değerleri (1980-2012).

Aylar	buharlaşma (mm)		
	Min.	Max.	Ortalama
Ocak	40.3	84.3	61.9
Şubat	61.6	125.9	91.5
Mart	95.1	203	161.5
Nisan	175.2	302	234.3
Mayıs	296.0	473.6	374.3
Haziran	420.5	649.6	525.8
Temmuz	427.2	708.6	557.9
Ağustos	343.3	647	507.7
Eylül	276.1	477.7	367.5
Ekim	186.1	437.5	240
Kasım	74.4	160.3	117.8
Aralık	42.2	103.1	66.3



Şekil 1.7. İnceleme alanının 1980 – 2012 yılları arasında aylara göre ortalama buharlaşma değerleri grafiği.

1.3.2.7. Meteorolojik Su Bütçesi

Çalışma alanında Missan ili‟ne ait 1980–2012 yılları arası 32 yıllık uzun dönem “Yağış - Sıcaklık” verileri Thornthwaite (1948) Yöntemi‟ne göre değerlendirilmiştir. Bu yöntemle potansiyel ve gerçek buharlaşma – terleme değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 1.8).

Thornthwait'in aylık potansiyel buharlaşma-terlemeyi veren formülü:

$$Etp = 16\left(\frac{10t}{I}\right)^{a} \text{ dir.} \quad \text{.....(1-3)}$$

$I = \sum i$ dir. $i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$ olup, ...(1-4)

i = sıcaklık indisidir

a = 6.75 x 10^{-7}x I ³ – 7.71 x 10^{-5}x I² + 1.79 x 10^{-2} x I + 49.29 x 10^{-2}

t: Aylık sıcaklık ortalaması (^{o}C).

Etp: Aylık potansiyel buharlaşma-terleme miktarı (cm).

Önce her ay için ayrı ayrı i değerleri hesaplanmaktadır. 12 aya ait i değerleri toplanarak I elde edilir. I, a'yı veren formülde yerine konur ve a hesaplanır. a bulunduktan sonra her aya ait t değerlerine göre değişen, aylık potansiyel buharlaşma-terleme hesaplanmaktadır.

Aylık potansiyel buharlaşma-terleme değerleri, enlem dairesi düzeltme katsayısı ile çarpılarak düzeltilmiş potansiyel buharlaşma-terleme değerleri elde edilmektedir. İnceleme dönemine ait ayları ilgilendiren değerler toplanarak, dönem için potansiyel buharlaşma-terleme miktarı bulunmaktadır (Canik, 2007).

AL-Amarah meteoroloji istasyonundan alınan ağış ve sıcaklık değerleri kullanılarak thornthwaite(1948) yöntemi kullanılarak inceleme alanına ait deneştirmeli nem bilançosu hazırlanmıştır. Yağış- buharlaşma terlemenin değişim grafiğine göre ocak ayı sonundan şubat ayı sonuna kadar yağış buharlaşma terlemeden büyüktür. Toprağın su yedeği 100 olduğundan bu aylarda su fazlası görülmektedir.

Mart ayında yağış buharlaşma terlemeden az olmakta su ihtiyacı faydalı su yedeğinden tamamlanmaktadır. Nisan ayı sonunda yağış sıfır olup toprağın su ihtiyacı faydalı su yedeğinden tamamlanmakta ve aynı zamanda su noksanı görülmektedir.

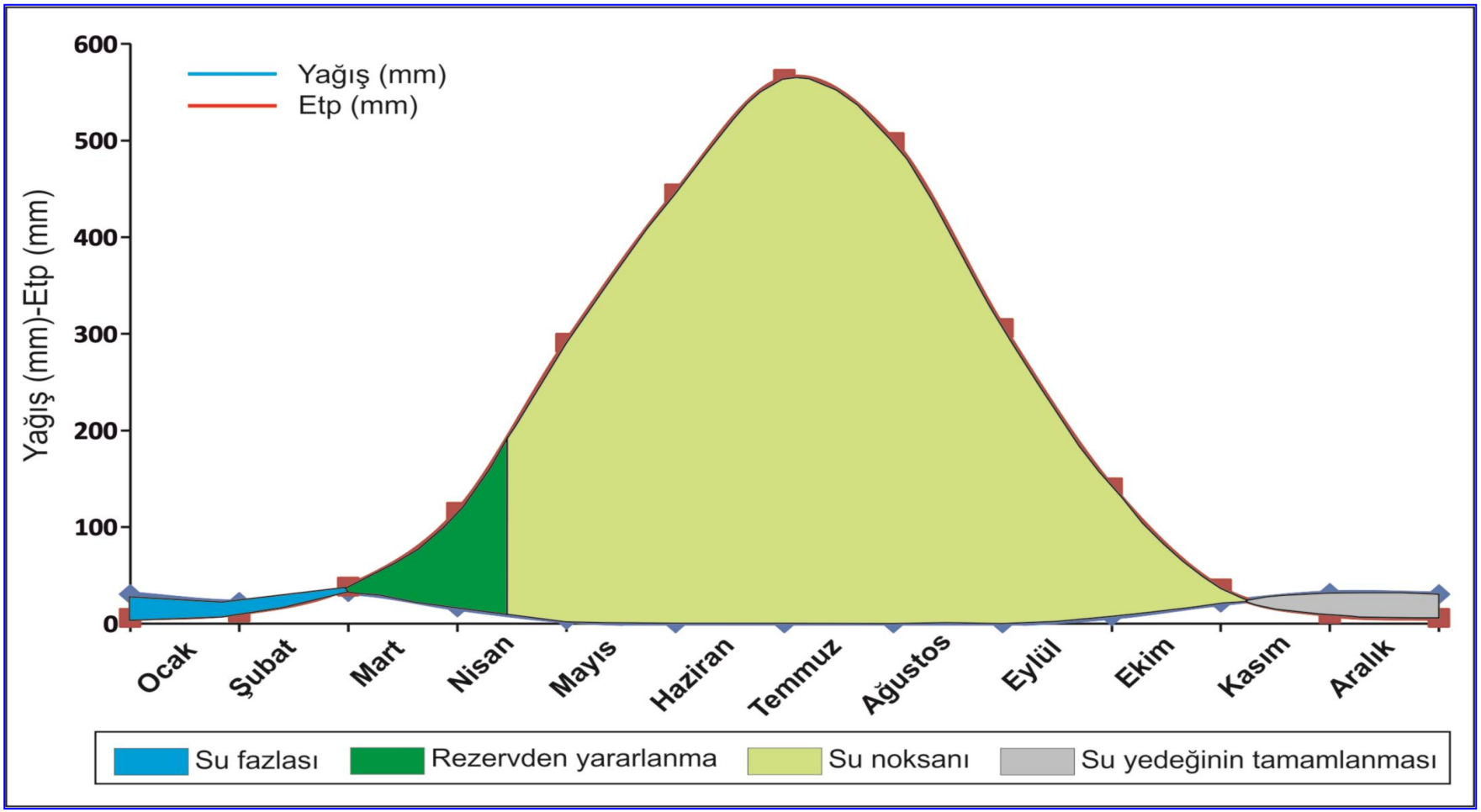
Mayıs-haziran-temmuz-ağustos –eylül-ekim-kasım aylarında yağış buharlaşma terlemeden az olup toprağın su yedeği de sıfır olduğundan gerçek buharlaşma terleme yağışa eşit olmakta aynı zamanda bu aylarda su noksanı gözlenmektedir.

Aralık ayı sonunda yağış buharlaşma terlemeden fazla olmakta ve toprağın su yedeği tamamlanmaya çalışılmaktadır. (Çizelge 1.8, Şekil 1.8)

İnceleme alanının 32 yıllık yağış ve sıcaklık değerlerine göre yapılan deneştirmeli nem bilançosuna göre yağış 165,09 mm, gerçek buharlaşma terleme 209 mm olup, buharlaşma-terleme yağışın %100 ünü geçmekte olup, P = %126 ETP_C dir.

Çizelge 1.8. İnceleme alanının (1980-2012 yılları arası) deneştirmeli nem bilançosu1 Thornthwaite 19489

AYLAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Aylık sıcaklık ortalaması (^{0}C)	11.51	14.01	18.5	24.84	31.29	35.26	37.49	36.74	33.13	27.12	19.15	13.33	
Sıcaklık indisi	4	4.76	7.25	11.32	16.06	19.25	21.12	20.4	17.51	12.93	7.64	4.41	146.27
Potansiyel Buh-Ter (ETp-mm)	7	13.7	37.03	106.15	242.18	371.10	462.02	429.8	297.0	145.2	41.9	11.4	
Enlem düzeltme katsayısı	0.88	0.85	1.03	1.09	1.2	1.2	1.22	1.16	1.03	0.97	0.87	0.86	
Düzeltilmiş Buh-Ter (ETpc-mm)	6	11.6	38.1	115.7	290.6	445.3	563.67	498.61	305.9	140.9	36.4	9.87	2463
Yağış-mm	30.3	22.1	32.4	16.5	3.6	0.01	0	0	0.08	7.3	21.4	31.4	165.09
Faydalı su yedeği-mm	100	100	94.2	0	0	0	0	0	0	0	0.00	21.5	
Gerçek Buh-Ter (ETr-mm)	6	11.6	38.1	110.7	3.60	0.01	0.00	0.00	0.08	7.30	21.4	9.87	209
Su fazlası-mm	24.3	10.4	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0.00	34.76
Su noksanı-mm	0	0	0	4.944	287.0	445.3	563.67	498.61	305.8	133.6	15.0	0	2254.07



Şekil. 1.8. Yağış- buharlaşma-terlemenin değişim grafiği (1980-2012 yılları arası)

1.4. Jeolojik Özellikleri

Üst Miyosen ve Pliyosen yaşlı kayaçlar Irak-İran sınırının doğusu boyunca sınır eteklerinden Mezopotamya ovasına doğru eğimlidir. Bu kayalar, Pleistosen ve Holosen yaşlı kalın tabakalı çökeller, Mezopotamya ovasının altında gömülüdür. Çalışma alanının büyük bir kısmı akarsu, göl ve son olarak eoliyen çökelleri ile kaplıdır. Tersiyer çökelleri % 28 yayılma, Kuvaterner çökelleri ise yaklaşık % 72 ile temsil edilir (Şekil 1.9 a ve b). İnceleme alanının genelleştirilmiş dikme kesiti (Şekil 1.10).'de verilmiştir.

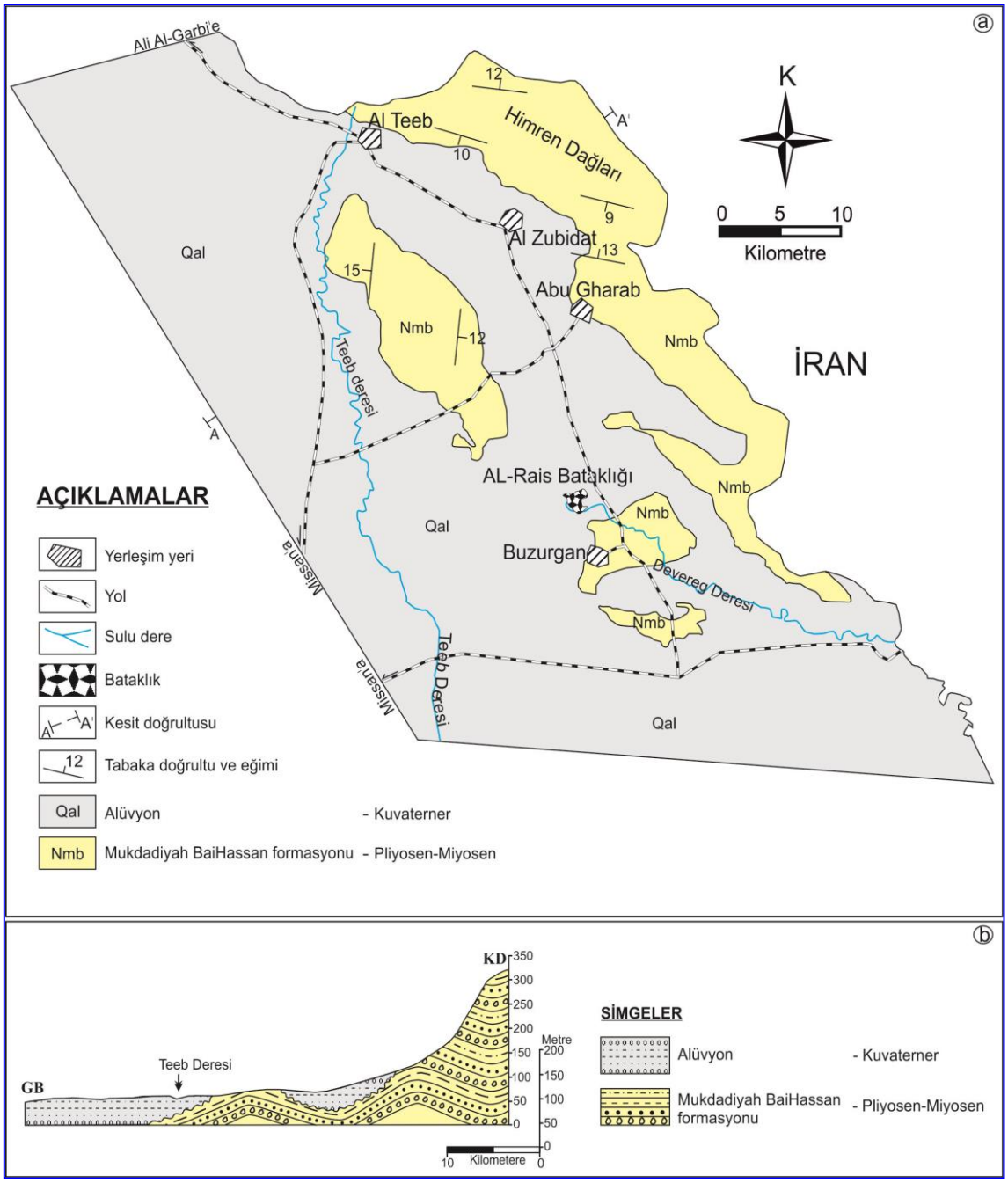
1.4.1. Stratigrafi

Çalışma alanında litostratigrafik birim ayırtlama ilkesine uygun olarak aşağıdaki formasyonlar incelenmiştir.

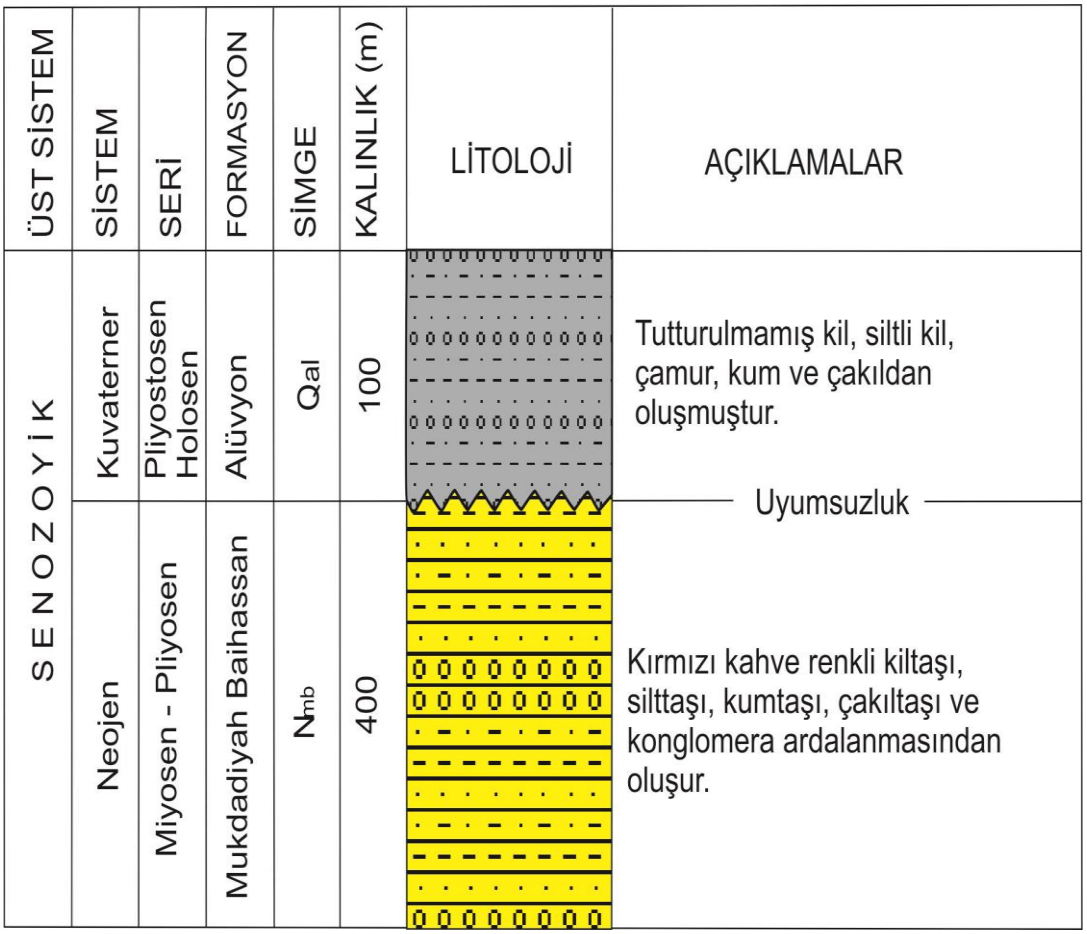
1.4.1.1. Mukdadiyah ve Bai Hassan (Alt ve üst Bakhtiari) Formasyonu

Bakhtiari ilk olarak İran'da tanımlanmıştır. Bellen ve ark. (1959), formasyonu önce Irak'ta tanımlamış, daha sonra bunu Alt ve Üst Bakhtiari formasyonu olarak ikiye ayırmıştır. Jassim ve ark., (1984) tarafından Üst ve Alt Bakhtiari formasyonlarının adını Mukdadiya ve Bai Hassan olarak tanımlamışlardır.

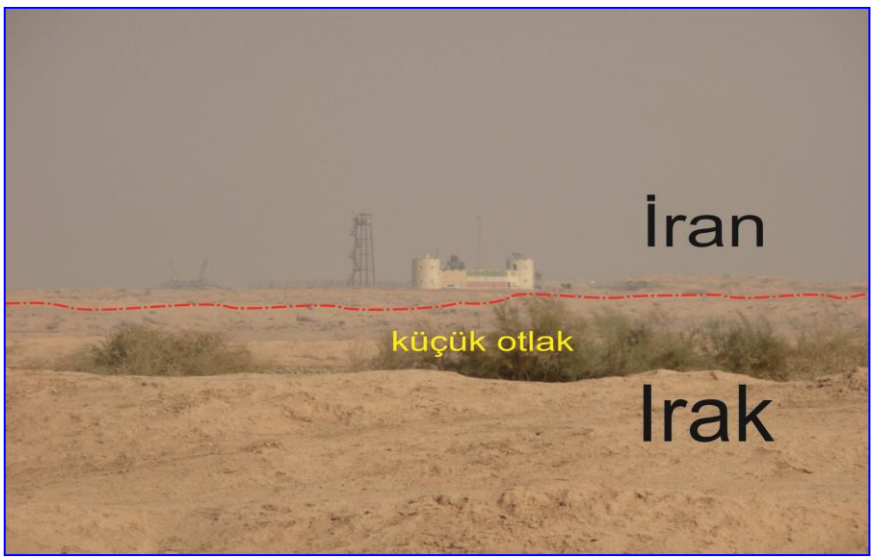
Bu çalışmada da formasyonun adı Mukdadiya ve Bai Hassan adlaması olarak esas alınmıştır. Bu iki formasyon, oldukça açık şekilde farklı jeolojik zamanlara aittir ancak dağ etekleri ve yüksek kıvrımlı bölgeler yoluyla tanınabilir. Bu iki formasyona Irak sınırında yer alan Jabal Himreen'den Jabal Faugi'ye doğru Irak sınırı boyunca güneybatı sırtlarında rastlanır (Parsons, 1957) (Şekil 1.11). Mukdadyia Formasyonu, 2000 metreye kadar yukarı doğru incelen çakıllı kum, kumtaşı ve kırmızı çamurtaşı dairelerinden oluşur (Jassim ve Goff, 2006). Formasyon, Kuzeydoğu Irak' ın yüksek kıvrımlı bölgelerinde, ancak Kuzey Irak' ta değil, neredeyse tamamen Bai Hassan konglomeratik görüntüyle yer değiştirir. Mukdadiya Formasyonu, hızla alçalan havzada flüviyal bir ortamda çökelmiştir. Bakhtiari Formasyonu yaşını, Jassim (1969) Pliyosen olarak tanımlamıştır. Bu çalışmada da formasyonun yaşı Pliyosen olarak kabul edilmiştir. Üst ve Alt Bakhtiari arasındaki sınır sadece fasiyes değişikliğinden kaynaklanır ve tahmini olarak ilk kaba taneli konglomeranın taban sınırı olduğu varsayılır. Bu formasyon çalışma alanında bulunan akifeleri oluşturmaktadır. Akiferin özelliği ise derin akiferdir.



Şekil 1.9. Çalışma alanın jeoloji haritası ve kesiti



Şekil 1.10. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafi kesiti (AL Kaabi, 2009'den yararlanılarak)



Şekil 1.11. Çalışma alanının kuzeydoğusu boyunca Irak - İran sınırındaki tepeler

1.4.1.2 . Kuvaterner çökelleri

Çalışma alanının büyük kısmı, farklı türde Kuvaterner çökelleri ile kaplanmıştır. Bunlar genellikle Pleistosen- Holosen yaşlardan kalma kum ve alüvyon çökelleridir. Kuvaterner çökelleri bir arada değildir ve genellikle alttaki Mukdadiya ve Bai Hassan Formasyonlarına göre daha ince tanelidir (Bellen ve ark., 1959; Naqib, 1967 ve Al-Siddiki, 1978). Alüvyal fan, taşkın yatağı, depresyon dolgu ve rüzgâr kaynaklı (aeolian) çökeller, çalışma alanındaki Kuvaterner çökellerinin temel birimleridir. Alüvyal birikintiler, çakıl, kum ve siltli kumdan oluşur. Bu tortular, dağ eteği boyunca bir şerit oluşturur.

Alüvyal birikintilerin maksimum kalınlığı 15 metreye kadar ulaşabilir. Zayıf şekilde sıralanan kaba çakıl birikintileri ve bazen iri kaya parçaları yerini, daha ince taneli ve daha iyi sıralanmış flüvyal çökellere bırakır. Katların dış kenarları kum ve siltten oluşur. Taşkın yatağı çökelleri, silti kil ve kilden oluşur ve tipik olarak 10 - 20 cm kalınlıktadır, ancak bazen 1 metreye kadar ulaşabilir. Depresyon dolgusu birikintileri genel olarak kızıl kahverengi, ince kum, silt ve kilden oluşmaktadır. Alanda şu anda üç tip aeliyon çökeltisi vardır: toz dolgu, mobil ya da net bir biçimi olmayan kum tepecikleridir. Kızıl kahve renkli olan toz birikintileri siltli ve karbonatlıdır (Şekil 1.12) (Jassim ve Goff, 2006).



Şekil 1.12. Çalışma alanının Kuvaterner çökelleri ve Bai Hassan formasyonları (Al Teeb)

1.4.2. Tektonik

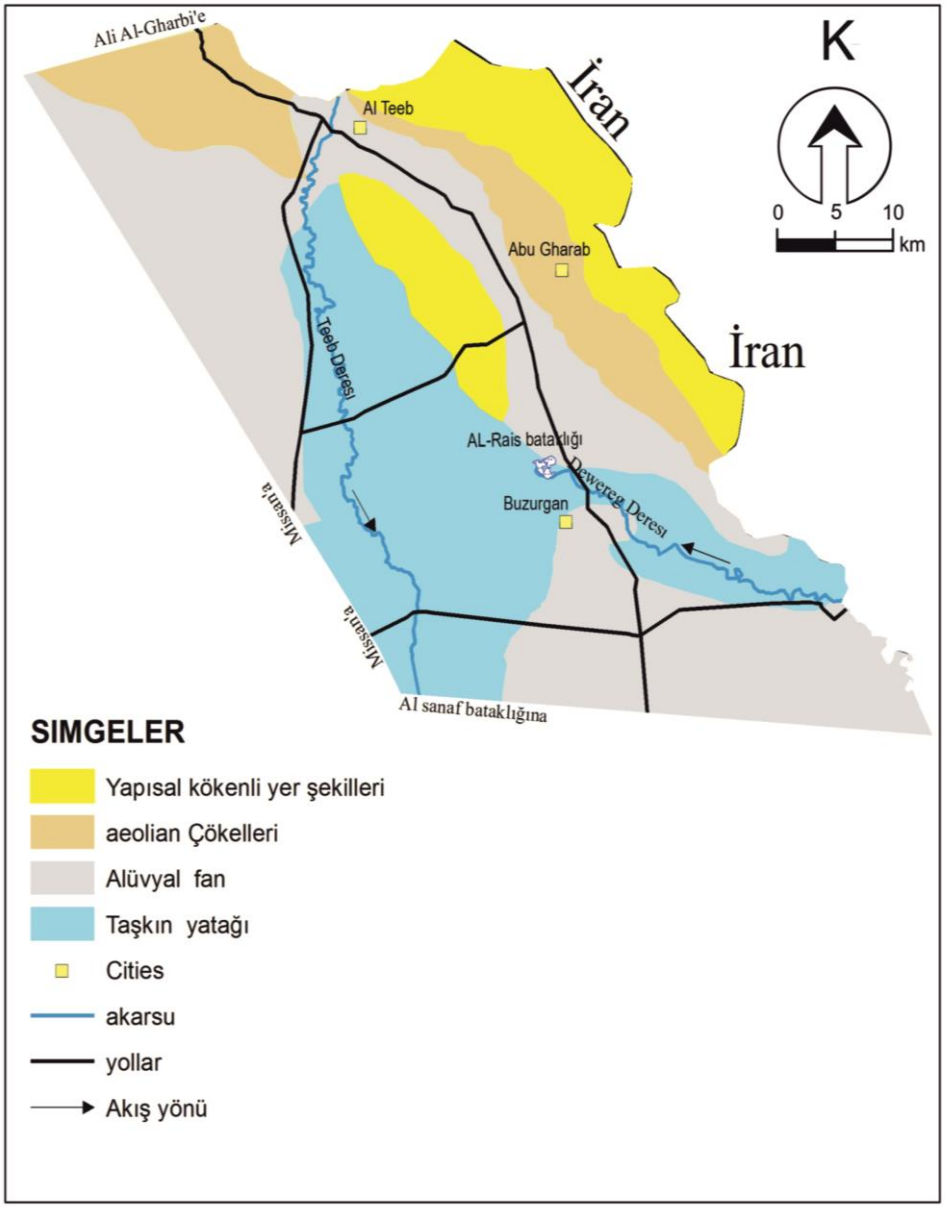
Irak, üç tektonik alana bölünmtür. Bunlar; gömülü kemer ve antiformların bulunduğu ancak antiklinallerin yer almadığı **Kararlı Raf Zonu,** yüzey antiklinallerinin bulunduğu **Kararsız Raf** ve radiolaryalı çört (silistli şist), magmatik ve metamorfik kayaçların bulunduğu **Zagros Derzi'**dir (Jassim ve Goff, 2006). Çalışma alanının en büyük bölümü **Mezopotamya** Bölgesi içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanının doğusunda kalan Mezopotamya Bölgesi, duraylı bir tektonik bölgedir. Kuzeydoğusunda kıvrımlı sıradağlar, doğuda Pesh-i-Kuh ve kuzeyde Himreen Tepeleri ile çevrilidir. Bölge, muhtemelen Hersiniyen deformasyonu sırasında yükselmiştir. Ancak Permiyen döneminin sonlarından itibaren çökmeye başlamıştır. Kıvrımlı yapılar genel olarak Kuzeybatı-Güneydoğu bölgesindedir ve güneyde ise Kuzey - Güney doğrultusundadır.

1.4.3. Jeomorfoloji

Bir alanın jeomorfolojik özellikleri, akarsu, taşkın, yeraltısuyu beslenmesi ve bir dereceye kadar yağış durumunu belirler. Çalışma alanı düzdür ve fazla özellikli olmayan yüzeyi, kuzeydoğuda, Irak - İran sınırı boyunca dağ eteği ile (Himreen Tepeleri) kaplıdır. Bu sıradağların yönü güneydoğudur ve Zagros dağlarına bitişik olarak düşük kıvrımlı paralel serileri takip ederler. Tepeler sürekli yapıda değildir ancak eksenleri kuzeybatı güneydoğu yönünde duran yükseltiler gibidir. Bu tepelerin üst kısmı hava olayları ve erozyon nedeniyle yok olmuş ve ince tanecikli kalın bir toprak katmanını oluşturmuştur (Parsons, 1957 d). Bu jeomorfolojik birim, Irak - İran sınırı boyunca devam eden dar bir kemerle sona ermektedir. Çalışma alanındaki en yaygın arazi şekilleri şunlardır (Şekil 1.13):

1.4.3.1. Vadi ağı

Özellikle Teeb bölgesinde yaygın arazi şekillerine rastlanmıştır. Bu vadiler, yoğun yağışlardan sonra su ile dolmuş ve yeraltı sularının oluşumuna önemli katkılarda bulunmuştur. Vadiler, meydana geliş şekillerine göre iki gruba ayrılabilir; dağlık ya da düz alan vadileri. Dağlık vadiler çok engebelidir ve İran' dan gelen kuvvetli suların etkisiyle bölünmüştür. Düz alanlardaki sığ vadiler basit çöküntülerdir ve hafif bir eğimleri olup, genel olarak bataklıklar ile son bulurlar (Şekil. 1.14). Bunlar çakıl, kum ve silt çökellerinin karışımından meydana gelir.



Şekil 1.13. Çalışma alanının jeomorfoloji haritası (Barwary 1993'ten değiştirilerek alınmıştır)



Şekil 1.14. Çalışma alanında bulunan sığ vadiler

1.4.3.2. Alüvyal yelpazeler

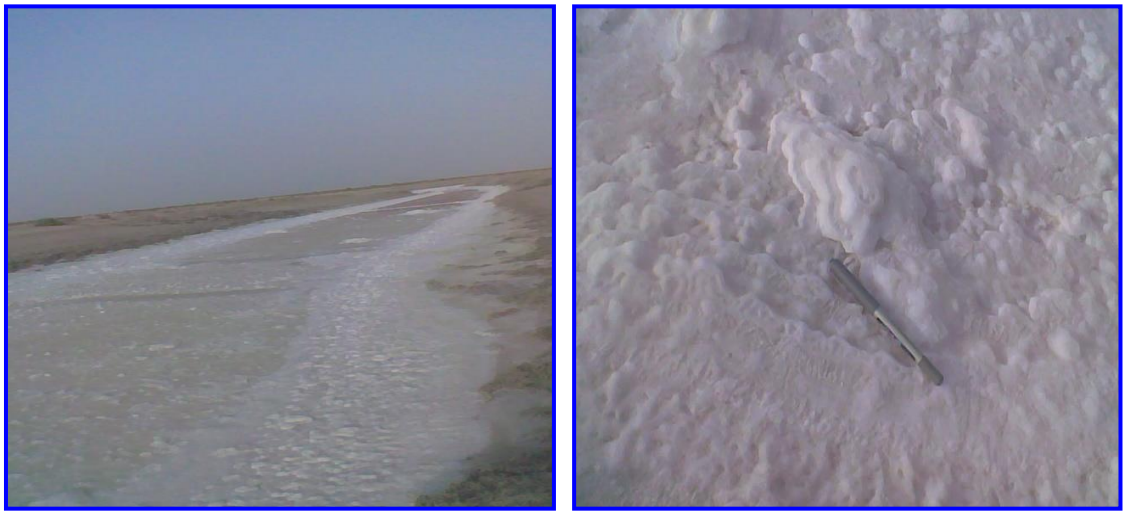
Alüvyal yelpazeler ve kayaç kalıntıları, ince tortullar oluşturacak şekilde erozyona uğramış ve ardından kısa süreli akımlar nedeniyle vadi zeminlerine taşınmış, havza çevresindeki yüksek kotlarda dağların kademeli olarak alçalması sonucu buralarda birikmiştir. Bu sedimanlar daha sonra alüvyal yelpaze (alüvyal fan) adı verilen arazi şekillerine dönüşmüştür. Çalışma alanındaki alüvyal birikintiler Mezopotamya'da dağ eteği bölgesinin sınırı boyunca oluşmuştur. Bunlar, dağ eteği bölgesini kuzeydoğuya iten geçici akımlar sonucu birikmiştir. Bu yelpazelerin yüzeyleri genellikle parçalıdır ve kırmızı kil parçaları ve çöl kumu ile kaplı kaba partiküllerden oluşur (Jassim ve Goff, 2006). Daha eski yelpaze oluşumları sıklıkla yenileri tarafından kesilmiştir. Yelpaze birikintileri, zayıf şekilde sıralanmış inceden kabaya kum ve çakıl tanelerinden ve çeşitli miktarda kilden meydana gelmiş merceğe benzer yapılardır.

1.4.3.3. Taşkın yatağı

Taşkınlar, Teeb ve Dewerage akımlarının her iki kenarında meydana gelmiş ve daha sonra büyük miktarlarda tortullar ile dolmuş düz alanlardır. Bu çökellerin kalınlıkları birkaç metreye ulaşabilir ve çok dik eğime sahiptirler. Kalınlık, Irak sınırı yakınında gözle görülür şekilde azalmaktadır. Tortullar genel olarak farklı kombinasyonlarda kum ve kilden oluşmaktadır.

1.4.3.4. Tuzlu Topraklar (Sebkhas)

Kış aylarındaki dönemsel yağışlar sırasında İran tarafından gelen sular düz alanlara süzülerek durumsal taşkınlara neden olur. Bu suyun buharlaşması, büyük bir alanda tuz birikintileri oluşturur (Şekil 1.15). Sebkhahları dolduran tortullar, kum, silt, kilden oluşur ve farklı kombinasyonlara sahiptirler.



Şekil 1.15. Çalışma alanında tuzlu topraklar (Buzurgan)

1.4.3.5. Bataklıklar (Ahwar)

Bataklıklar, açık göl ve sazlık adaları oluşturan sazlık yataklarından geçen karmaşık bir kanal yapısını içermektedir (Jassim ve Goff, 2006). Yüzey tortulları genelde kumlu ve killi siltten oluşur (Aqrawi ve Evans, 1994). Bataklık tortulları organik madde açısından zengindir, genellikle griden zeytin yeşili rengine değişir ve 1 metreye kadar derinlikleri olduğu bilmektedir (Şekil 1.16).



Şekil 1.16. Çalışma alanındaki bataklıklar (AL-Rais bataklığı)

1.4.3.6. Kumullar

Kum tepecikleri gevşek yapılı, düzün sıralanmış ve rüzgâr sonucu oluşmuş, kum tanelerinin meydana getirdiği dalga şekilli kümeler ya da rüzgârın hâkim olduğu dönem ve zerre hareketlerine bağlı olarak karakteristik şekilleri değişen sıralardır. Teeb alanındaki rüzgardan oluşan (aeolian) birikintiler alüvyal yelpazelerden gelmiştir. Bunlar genellikle tanecik açısından zengindir ve daha eski Miyo-Pliyosen oluşmuştur boyut ve sabitlik dereceleri değişen bir dizi kum tepeciği, Himreen Sıradağlarına paralel olarak uzanmaktadır (Buday ve Jassim, 1987) (Şekil 1.17).



Şekil 1.17. Çalışma alanında kumullar (Al Teeb)

1.5.Modelleme

1.5.1. Coğrafi bilgi sistemi (CBS)

Dünya üzerindeki karmaşık sosyal, ekonomik, çevresel vb. sorunların çözümüne yönelik mekana/konuma dayalı karar verme süreçlerinde kullanıcılara yardımcı olmak üzere, büyük hacimli coğrafi verilerin; toplanması, depolanması, işlenmesi, yönetimi, mekansal analizi, sorgulanması ve sunulması fonksiyonlarını yerine getiren donanım, yazılım, personel, coğrafi veri ve yöntemler ile bu verilerin kullanıcıya sunulması işlevlerini bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir (Vikipedi, 2014). Coğrafi Bilgi Sistemleri, coğrafi nesnelere ait coğrafi verilerin toplanması, doğrulanması, bu verilerin veri tabanı işlemleri, sorgulamalar, dönüşümler ve coğrafi analizler ile coğrafi bilgiye dönüştürülmesi ve coğrafi veri ve bilgilerin gösterimi için

kullanılan gelişmiş bilgi sistemleridir. Bu işlemlerin gerçekleştirilebilmesi için veriler sistemde katmanlar halinde bulunmaktadır (Şekil 1.18).

Coğrafi Bilgilerin Analizinde amaç; oluşturulan coğrafi veri tabanının, amaca ve uygulama alanına göre kullanılması ve böylece kullanıcıların hedeflerine ulaşmasının sağlanmasıdır. (Rhind, 1989). Coğrafi Bilgi Sistemi ile ilgili yazılımlarda mevcut verilere sıralamalarındaki düzeylerine bağlı olarak özel isimler verilir. Veri analizleri ise tek ve çok katmanlı olarak iki şekilde uygulanabilmektedir (Şekil 1.18).

Çok katmanlı veri tabanında, her bir veri sınıfı diğer veri ile katman mantığına göre veri tabanına girilir. Tek katmanlı verilerde ise tek "sınıf" ve bunun "öznitelik" leri yer alır. Her bir katman için tema analizi yapılarak örneğin tek başına taşlılık, ya da bünye haritası yapılabileceği gibi, örneğin drenaj, taşlılık vb. istenilen birden fazla öznitelik bilgisi birlikte tanımlanarak "sorgulama" yapılabilmaktedir.



Şekil 1.18. Coğrafi bilgi sistemi bileşenleri (ESRI,1999)

1.5.2. Jeokimyasal modelleme

Jeokimyasal modelleme; temel su-kaya etkileşimleri üzerine araştırmadan düzenleyici gereksinimlere ve endüstriyel ve tehlikeli atıklarla ilgili kararlara kadar geniş bir dizi uygulama için popüler ve kullanışlı bir araç olmuştur (Nordstrom, 2007). Jeokimyasal modelleme, madencilik ortamlarındaki jeokimyasal süreçleri değerlendirmek için güçlü bir araçtır. Düzgün bir şekilde kısıtlanır ve makul bir şekilde uygulanırsa, modelleme maden drenajındaki kirletici atıkların serbest bırakılmasının, taşınmasına ve kontrol edilmesi süreçlerinde önemli rol oynayabilir. Jeokimyasal süreçlerin yorumlanması için, yazılım (bilgisayar programı) geliştirmede geçen 35 yıllık süre boyunca sürekli bir gelişim sağlanmıştır. Türleşme modellerindeki gelişmeyle eş zamanlı olarak jeokimyacılar nicel olarak zemin suyu sistemlerindeki

kimyasal evrimi niteliksel olarak yorumlamaya başladılar. Su-kaya etkileşimlerini yorumlamak için üç genel strateji, "analiz", "tersine" modelleme ve "ileri" modellemedir. Çok değişkenli ilişki analizi, faktör analizi, kümelenme analizi ve diğer istatistiksel teknikler su-kimya verilerini hidrokimyasal süreçlerle ilişki kurabilen diziler halinde gruplandırabilir (Drever, 1997; Puckett ve Bricker, 1992). Kimyasal evrimi niteliksel olarak değerlendirme yeteneğine sahip nümerik kodların gelişimi "tersine" ve "ileri" jeokimyasal modelleme olarak iki yönde ilerleme göstermiştir. Tersine jeokimyasal modelleme yaklaşımı, su-kaya sistemlerindeki mineral ve gaz kütlelerinin taşınmasını tahmin etmek için jeokimyasal kütle dengelerini gözlemlenen kimyasal madde ve evrimsel yeraltı sularının izotopik bileşimine (orijinal olarak Garrel ve Mackenzie 1967, tarafından gösterildiği gibi) uygular. Ters jeokimyasal modelleme yazılımı BALANCE (Parkhurst ve ark 1982), NETPATH (Plummer ve ark., 1994 ve 2004) (El-Kadi ve ark., 2010) PHREEQC (Parkhurst, 1995; Parkhurst ve Appelo, 1999), PHREEQCI (Charlton ve ark., 1997; Charlton ve Parkhurst, 2002), PHREEQC versiyon 3 (Parkhurst ve Appelo, 2013) ve SPREADBAL (Bowser ve Jones, 2002) içerir. Bunun aksine "ileri modelleme yaklaşımı", kabul edilen reaksiyonlar dizisi üzerine yapılan bir başlangıç koşulları tanımına ve kapsamlı termodinamik veritabanı kullanımına dayanılarak, hipotetik reaksiyonların sonucunun simülasyonunu yapmak için kullanılırlar (örneğin PATHI;EQ3/6; PHREEQE; PHREEQCI). İleri modelleme, sadece sulu özel reaksiyonların değil aynı zamanda fazlar arası kütle taşınma reaksiyonlarının da uzunluklarını hesaplar (Glynn ve Plummer, 2005).

Jeokimyasal modellerin uygulanmasındaki tipik sorunlar:

- Sulu inorganik çeşitlenme ve karmaşıklık
- Doygunluk indislerinin (mineral çözünürlüğü ve çökelme) belirlenmesi
- Mineraller veya gazlar için denge/dengesizlik ayarlanması
- Farklı suların karışması
- Sıcaklık etkilerinin modellenmesi
- Stokiyometrik reaksiyon (örneğin titrasyon)
- Katılar, sıvılar ve gazlı fazlarla reaksiyonlar (açık ve kapalı sistemlerde)
- Soğurma (katyon değişimi, yüzey karmaşıklığı)
- Ters modelleme
- Kinetik olarak kontrol edilen reaksiyonlar
- Reaktif taşıma (transport).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

MacFayden (1938) Yeraltı suları hakkındaki ilk kitapta Fırat nehrinin batısı ve İran sınırı boyunca bulunan alanlarda jeolojik bilgiler sunulmuştur.

MacDonald ve ark. (1969) alüvyonlu akifer sistemlerinin arazi iyileştirme sorunları üzerine bir kaç rapor sunmuşlardır.

Parsons (1955a, 1957d) ve Hassain et al. (1977) tarafından çalışma alanındaki akiferler araştırılmıştır. Hassain ve ark., (1977) Mezopotamya ovası ile sınırlı bölgedeki alüvyon akifer sistemler üzerinde çalışmıştır. Mezopotamya ovasının akiferlerinden alt tabakalardaki hidrolikten ayrı olan Mandali–Badra – Tib yelpazeleri hariç çoğu yelpazelerin Mazopotamya akifer sistemine hidroliğe bağlı olduğunu belirttiler (yüzey akış çökelleri). Akifer sistemini bölen bir bariyer daha vardır. Yelpazeler yukarıda sınırlandırılmamış, aşağıda ise sınırlı ve kapalıdırlar.

Barwary (1993) Irak Geological Surver ve Madencilik kuruluşların için hazırladığı bir jeolojik raporda, İran- Irak sınırı boyunca Hemmerian tepelerindeki dağ eteklerinde üçüncü zamana ait oluşumlar varken alanın %95'inin dördüncü zamana ait oluşumların bulunduğunu ifade etmiştir.

Krasny (1982) Kut, Ali Al-Garbi ve Al-Teeb bölgelerindeki derlenmiş, kullanılabilir verilerin ölçülmesi çalışmasını ortaya koymuştur. Bunlar 10 m ve 20 m den daha fazlaya kadar derinliği olan ve Tepelerden güneydoğu yönüne doğru olan yeraltı suyu hareketleridir. Havzanın içlerine doğru, ilgili alanın kalite tipi Ca/Mg Sülfatın, Na-Klorür'e dönüştüğünü göstermiştir. Ayrıca toplam çözünmemiş katı ortalama miktarının 2000-3500 m/ℓ olduğunu fakat bazı yerlerde, özellikle bölgenin güneybatı kısmı 11000 m/ℓ'e kadar oluşabileceğini belirtmiştir. Bakhtiyari formasyonunun hidrolik ölçümü, Teeb bölgesinde Alsam ark., (1990) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Lazim (2002) yeraltı sularının Bazargan bölgesindeki kullanımı üzerine bir çalışmasında yeraltı sularının insan veya endüstriyel kullanıma uygun olmadığını belirtti. Yeraltı sularının akış yönü de tuz yüzdesinin arttığım ifade etmiştir.

Bashu (2002) bir çalışmasında Doğu Missan İlindeki Yeraltısuları Müdürlüğü verilerine göre, bazı kuyulardaki suların WHO ve Irak standartlarına göre insanların

kullanımına uygun olmadığı anlaşılmaktadır. Ayrıca bölgede yeraltı sularının özellikle TDS seviyesinin 3000 m/ℓ'i geçtiği yerlerde tarım için dikkatli bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Al-Jaburi (2005), Ali Al-Garbi yöresinde yaptığı hidrojeolojik ve hidrokimyasal çalışmalarına dayanarak çalışma alanının, kimyasal bileşimine göre iki ana akifer bölgesine ayrılabileceğini açıklamıştır. Birincisi, dağ ve dağın eteklerinde oluşan (Bai-Hassin ve Mukdadiya akifer fomasyounları) sülfat türü ile karakterize edilmişler. Diğeri ise Mezopotamya ovasındaki akifer olup, klörür türü ile karakterize edilmiştir.

Al-Moozani (2008) Missan İlinin doğusunda jeomorfolojik ve hidrolojik temel yaklaşımlar üzerinde çalışmıştır. Çalışması, yeraltı sularının kalitesinin ve miktarının ve alan topografyasıyla eşleşen akış yönünde ve kuzey kuzeydoğudan-güney güneydoğuya doğru yerin ve yeraltının doğrusal yapısının uzaysal varyasyonlarını gösterdi. Yeraltı sularının kalitesi açısından, sular ovadaki çökel kayalarda klorür iken, doğu yaylaları bölgesinde çoğunun doğasında sülfatlı olduğunu belirtmiştir.

Al-Kaabi (2009), çalışma alanının hidrojeokimyasal karakteristiği yardım ile güneyde bulunan diğer kuyuların sularını Mg-SO4, Na-Cl türü olarak sınıflandırılmışken çoğu ortak su türlerinin Na-SO4'lı sular olarak sınıflandırmıştır. Ayrıca bazı jeokimyasal formüllere dayanarak, çoğu suyun kökenin kıtasal olduğunun düşünüldüğünü belirtmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez kapsamında yapılan çalışmalar ve kullanılan materyal ve yöntemler üç alt bölüme ayrılarak açıklanmıştır. Bunlar arazi, laboratuvar ve büro çalışmalarıdır.

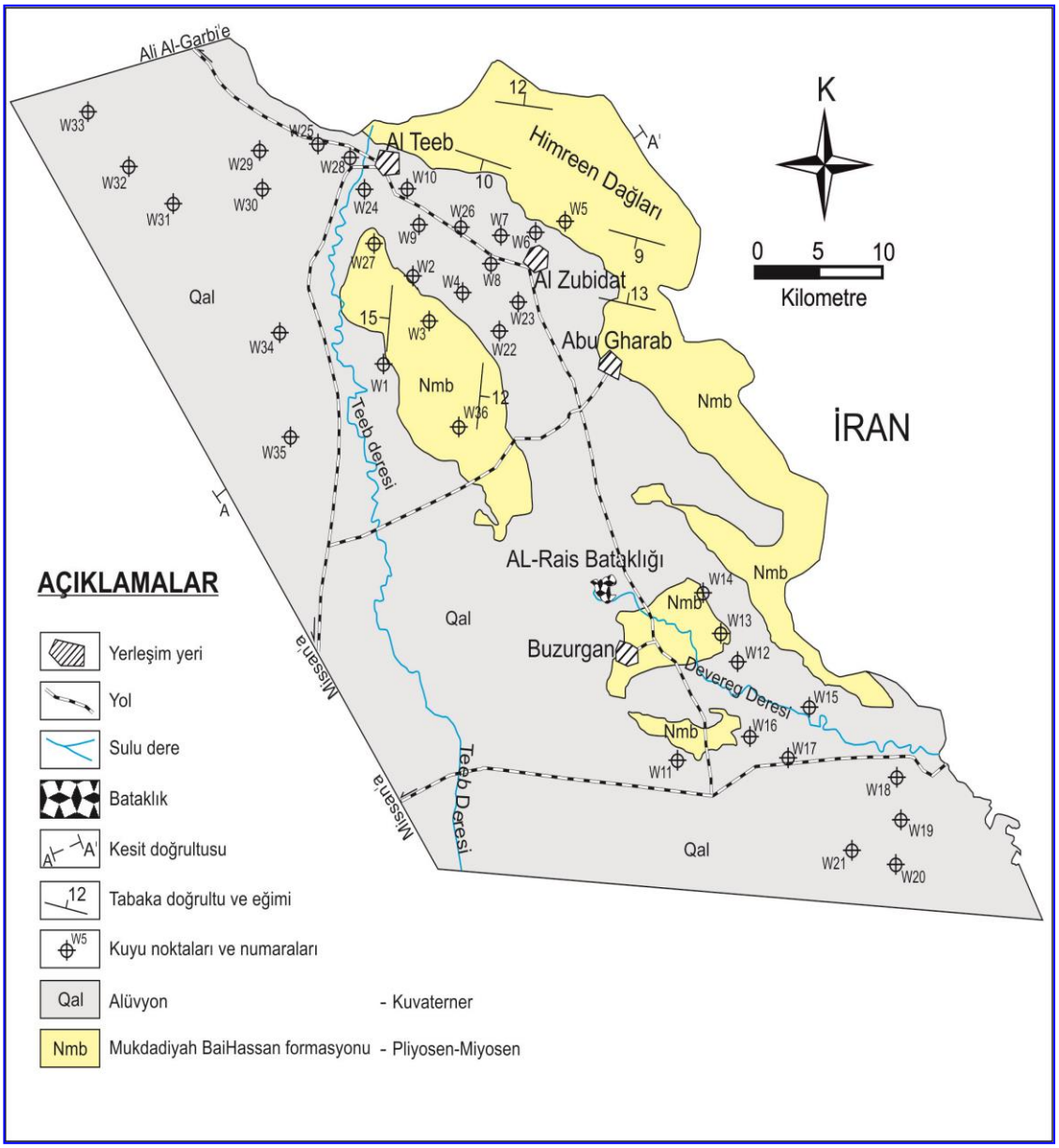
3.1. Arazi Çalışmaları

Arazide yapılan çalışmalar 1/25.000 ve 1/100.000 ölçekli topografik ve jeolojik haritalar yardımıyla yapılmıştır. Arazide su noktalarindaki bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerin ölçümü için yapılan yerinde analizler de büyük önem taşımaktadır. Yağış, yüzey ve yeraltı suyu kuyularında, pH metre, kondüktivimetre, termometre kullanılarak yerinde ölçümler yapılmıştır. Çalışma alanındaki tüm su noktalarının, UTM koordinatları, GARMIN marka el tipi GPS kullanılarak harita üzerine işaretlenmiştir. Arazide, örnek alımı, örneğin laboratuvara getirilmesi ve korunması, standartlara uygun olarak yapılmıştır. Çalışma ortamını temsil edecek doğru örneğin alınması, büyük önem taşımaktadır. Hidrojeokimyasal analizler için örnek alımında, polipropilen şişeler kullanılmıştır. Su kimyası ve izotop analizleri iki dönemde kurak (Mayıs ayı) ve yağışlı(Aralık ayı) yapılmıştır. Örnek alınan şişeler, en az 3 kez örnek suyu ile çalkalanmış, daha sonra içinde hava kabarcığı kalmamasına dikkat edilerek kapakları kapatılmıştır. Her su noktasında, anyon ve katyonlar için ayrı ayrı 500 ml'lik polipropilen şişelere örnekler alınmıştır. Laboratuvar ortamına getirilinceye kadar geçen sürede, katyon örneklerinin korunması amacıyla, derişik HNO_3 ilave edilerek pH< 2 olması sağlanmıştır. Suların majör anyon, katyon ve metal analizleri için kurak dönemde (Mayıs 2011) 36 adet, yağışlı dönemde (Aralık 2011) 30 adet su örneği alınmıştır (Şekil 3.1).

Oksijen-18, döteryum izotop analizleri için, kurak dönemde (Mayıs 2011)100 ml'lik polipropilen örnek şişelerine 10 adet, yağışlı dönemde (Aralık 2011) 25 adet su örneği alınmıştır. Trityum (^3H) analizleri için 500 ml'lik polipropilen örnek şişeleri ile kurak dönemde (Mayıs 2011) 10 adet, yağışlı dönemde (Aralık 2011) ise 20 adet su örneği alınmıştır. Örnekler şişelendikten ve etiketlendikten sonra $+4^oC$'de muhafaza edilerek laboratuvara getirilmiştir.

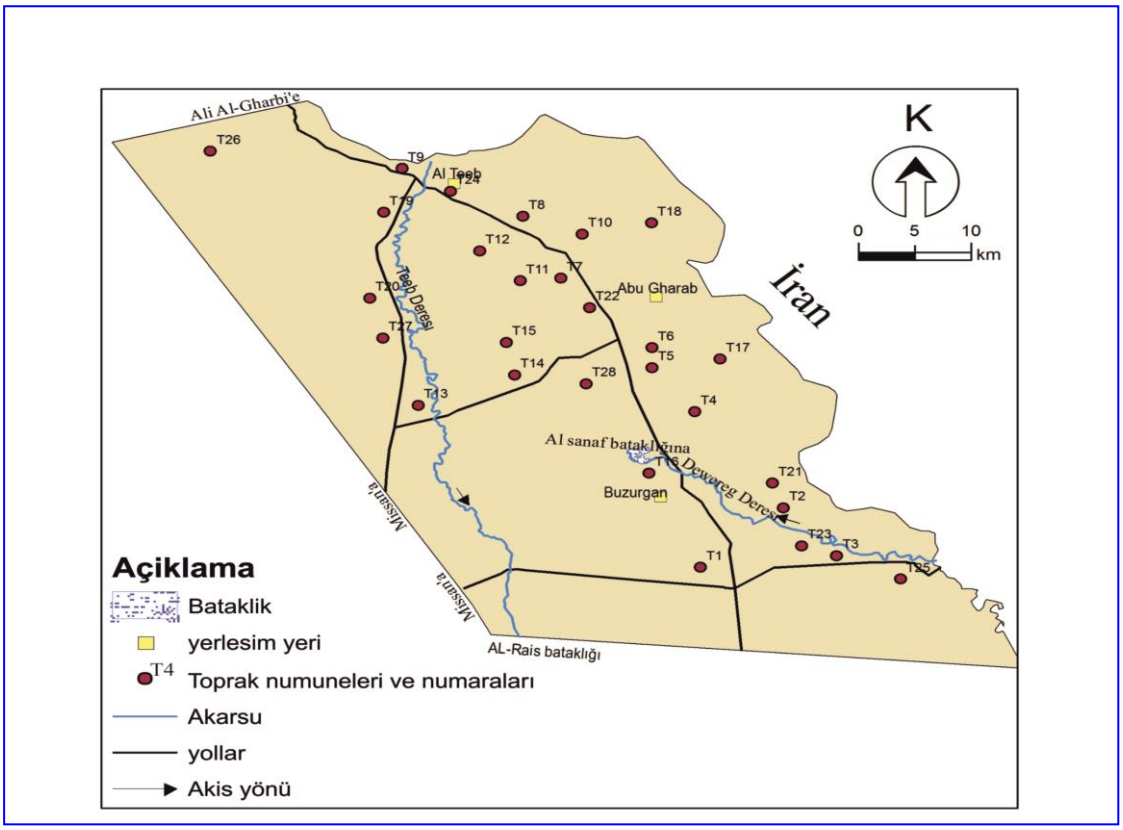
Toprak sınıfları ve özellikleri ile porozite ve permeabilite özelliklerini belirlemek için 25 farklı lokasyondan örnek alınmıştır (Şekil 3.2). 500mg'lık poşetlere temiz bir kürek yardımıyla yüzeyden sediman ve toprak örneklemesi yapılmıştır.

Çalışma alanından derlenen örneklerin elek analizleri, Basra Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Bölümü toprak laboratuvarında yapılmıştır.

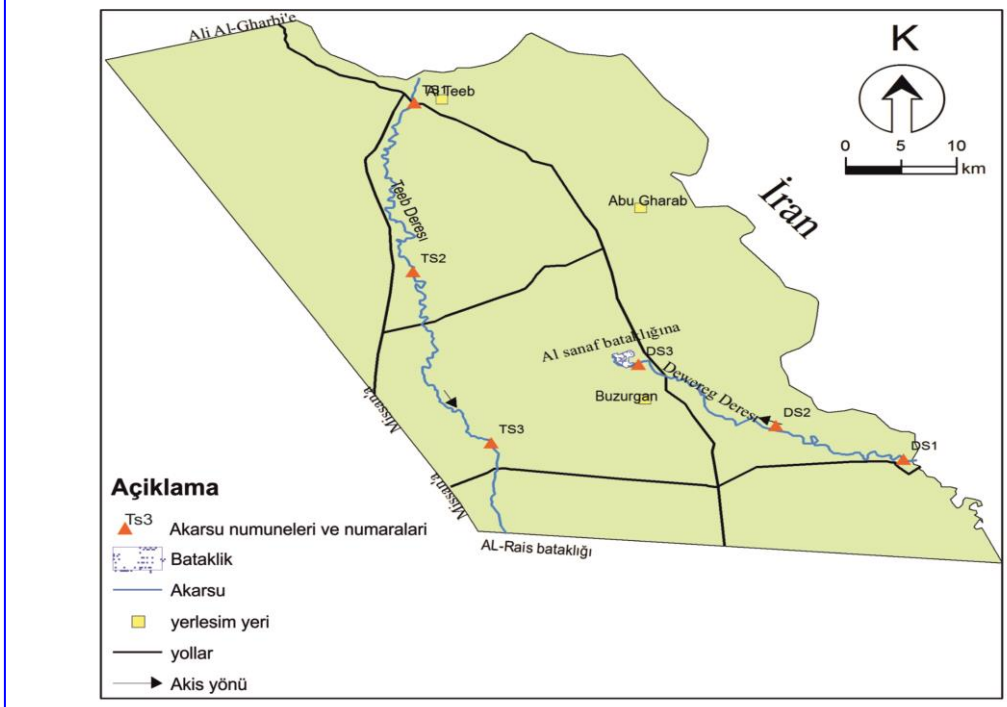


Şekil 3.1: Su örneklerinin alındığı noktalar

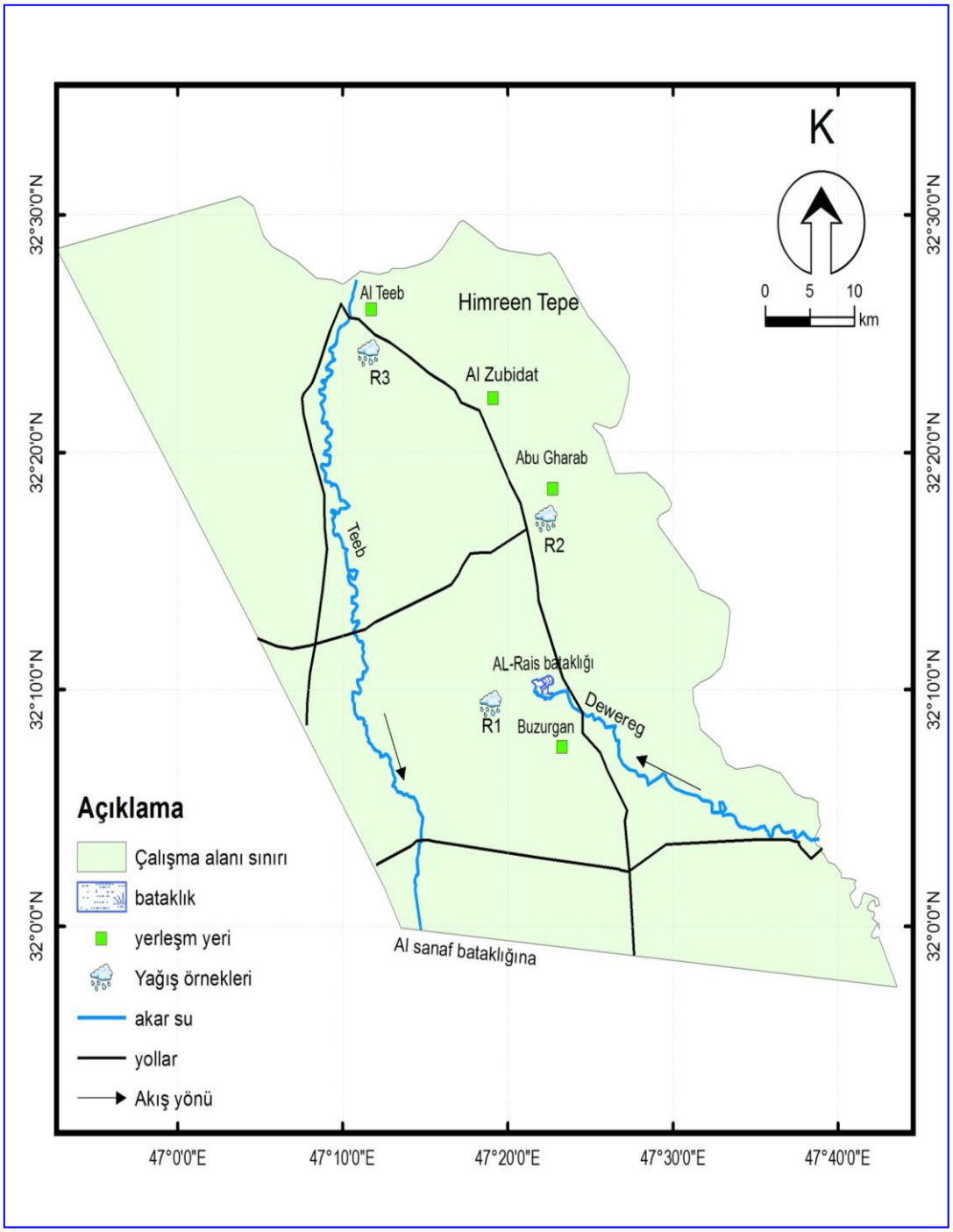
Geçici akımların ortalama derinliği ve genişliği bir ölçüm bandı kullanılarak ölçülür. Yüzey suyu olarak Teeb ve Dewereg Dereleri boyunca, aşağı ve yukarı kesimlerinden örnekler alınmıştır (Şekil 3.3). Çalışma alanın içinden uç adet yağmur suyu örneği alınmıştır (Şekil 3.4). Çalışma alanında akışlarının toplam uzunlukları ArcMap yazılım ölçme aracı kullanılarak ölçülmüştür.



Şekil 3.2: Toprak örnekleme noktaları haritası



Şekil 3.3: Akarsu örnekleme noktaları haritası



Şekil 3.4: Yağmur örnekleme noktaları haritası

3.2. Laboratuvar Çalışmaları

Toplanan toprak örneklerinin tane dağılımı, Basra Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Bölümü/Toprak Laboratuvarı'nda, elek analizi, yoluyla ölçülmüştür. Silt ve kil boyutlarındaki tanelerin ölçülmesi ise hidrometrik analiz yöntemiyle yapılmıştır. Alek analizi bu yöntem mekanik bir analiz yöntemidir. Yöntemde toprak-su süspansiyonunun yoğunluğu özel bir aletle ölçülmektedir. Dispersiyondan sonra topraktaki fraksiyonlar için, belli olan zaman süresi kadar beklenerek kum, silt ve kil fraksiyonlarının yüzde oranları bulunmaktadır. Laboratuvar çalışmalarında; araziden alınan su örneklerinin, analiz yapılana kadar korunması işlemleri ile analiz gerçekleştirilmiştir. Alınan su örneklerinin element içerikleri endüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometrisi (ICP-MS) analiz yöntemi ile tespit edilmiştir. Yağış, yüzey ve yeraltı sularından örnekler alınarak kurak ve yağışlı dönemde alınan su örneklerinin, katyon (Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^{+}, K^{+}) ve iz element analizleri, Kanada'da "ACME Analyticl Laboratories Ltd." laboratuvarlarında yaptırılmıştır. Çalışma alanındaki yüzey, yağış ve yeraltı sularından olmak üzere toplam 60 noktadan alınan su örneklerinin, anyon (Cl^{-}, SO_4^{-2}, HCO_3^{-}, NO_3^{-}) analizleri, Irak Su Kaynakları Bakanlığı Yeraltı Suyu Genel Müdürlüğü laboratuvarında yapılmıştır. Duraylı izotoplardan $^{2}H(D)$ ve ^{18}O analizleri Optima Stable Isotope Ratio Mass spectrometer (SIRMS) ile Kaliforniya Üniversitesi - UC Davis duraylı izotop Laboratuarında (ABD) yaptırılmıştır. Trityum (^{3}H) analizleri ise Türkiye'de Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı (TAKK) Ankara, İzotop Laboratuvarı'nda yaptırılmıştır.

Hidrojeolojik çalışmalar için araziden alınan örneklerin porozite, permeabilite ve elek analizleri, Basra Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Bölümü su kimyası laboratuarında, sabit ve değişken seviyeli permeametre ve Afnor serisi elek takımı yardımı ile yapılmıştır.

3.3. Büro Çalışmaları

Büro çalışmaları genel olarak, jeoloji haritaları ve ilgili şekillerin çeşitli çizim ve grafik programları ile (ArcGIS, CorelDRAW, Excell) çizilmesi ve diğer genel bilgisayar yazımlarının kullanılmasını ve tezin sonuçlanmasını kapsamaktadır. Tez döneminde inceleme alanını ve civarını kapsayan sayısal yükseklik haritaları Yeraltı Suyu Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Bu haritalar, ArcGIS (10), Global Mapper ve Surfer gibi yazılımlarla desteklenerek çeşitli bölgelerin yükseklik ve jeoloji haritalarının

oluşturulması sağlanmıştır. Arazide ve laboratuvarda üretilen tüm veriler ArcGIS (10) programında coğrafik özellikleri ile birlikte incelenecektir.

Yeraltısularında bulunan kimyasal bileşenlerin en önemli kaynağı olarak bilinen su-kayaç etkileşimi bu çalışmanın ana konusunu oluşturmuştur. Analizi yapılan su örnekleri, dünya çapında kabul görmüş çağdaş hidrojeokimyasal programlar (NETPATH Plummer 2012, PhreeqC version 2 – Parkhurst ve Appelo, 1999) yardımı ile değerlendirilip yorumlanmıştır.

Aynı zamanda inceleme alanındaki su kaynaklarının doygunluk hesabı için PhreeqC (versiyon 2, 2012) 2.14.1 Interactive programı kullanılarak ve suların çeşitli minerallere olan doygunlukları hesaplanmıştır. Laboratuvarda yapılan kimyasal analiz sonuçlarıyla ilgili veriler diyagramlara yerleştirilerek suların AquaChem 2012. 1. 123 (Schlumberger Water Services, 2013), AQQA (6) ve NETPATH (Plummer 2012) programları ile değerlendirilmiştir. Su noktalarının fizikokimyasal ve hidrokimyasal verileri ise, SPSS (versiyon 15) istatistik programı ile istatistiki açıdan değerlendirilmiş ve elde edilen veriler yorumlanmıştır. Meteorolojik verilerden eksik verilerin tamamlanabilmesi için ise ET_OFAO Calculater istatistik programı kullanılmıştır.

Çalışma alanı sınırları içerisinde kurulu hiçbir meteoroloji istasyonu olmadığından, çalışma alanının en yakın olanı Al-Amarah istasyonundan iklimsel verileri alınmuştur. Bu istasyon için mevcut iklimsel değişkenleri aylık ortalama bağıl nem (%), rüzgâr hızı (m/s), rüzgâr yönü, minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık (C), buharlaşma (mm), yağış (mm) ve güneşlenme süresi (saat) kullanılmıştır. Ayrıca 2000-2009 yılları arasında günlük yağış (mm) ölçümleri elde edilmiştir. Al-Amarah istasyonu için iklim verileri, Bağdat Hava Genel Komisyonu'ndan elde edilmiştir. Bu çalışmanın temel veri kaynağı hakkında bilgiler ise Yeraltısu Genel Komisyonu/Su Kaynakları Bakanlığından alınmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Arazi Kullanım ve Bitki Örtüsü (AKBÖ)

Arazi kullanımı ve arazi örtüsü terimleri farklı anlamlar taşımaktadır. Arazi örtüsü terimi, zeminin yüzey örtüsü, yani bitki örtüsü, su ile örtülü alanlar, boş toprak anlamlar ifade etmektedir. Arazi örtüsü terimi sıkça arazi kullanımı tanımı ile birlikte kullanılır. Fakat bu iki terim eş anlamlı değildir. Arazi örtüsü yeryüzünü kaplayan bitki örtüsü ve insan yapımı yapıları ifade etmektedir. Arazi kullanımı ise araziye ilişkin insan faaliyetlerini ifade eder (FAO, 1976). Arazi örtüsü terimi, dünya üzerinde var olan özelliklerin çeşidi ile ilgilidir. Tarım alanları, göller, ağaçlar ve otoyolların hepsi arazi örtüsü çeşitlerine örnektir. Arazi kullanımı terimi ise belirli arazi parçası ile ilgili insan faaliyeti ve ekonomik fonksiyonu ile ilişkilidir. Birçok farklı bilim dallarında ilgilenilen çeşitli alanların güncel ve doğru bilgilere sahip arazi kullanımı haritalarına gereksinim vardır. Bununla beraber, ”arazi kullanımı” terimi normal olarak arazinin uygunluğunun veya arazinin potansiyel kullanımının aksine, hem arazinin örtü tiplerini hem de arazinin gerçek kullanımını içeren birbiriyle bağıntılı bir anlamda kullanılır. Böylece, arazinin birçok gerçek kullanımının, herhangi bir yükseltiden toplanmış uzaktan algılama verileri ile doğrudan bilinemeyeceği, ancak bu verilerden dolaylı olarak elde edilebileceği anlaşılmaktadır. Diğer anlatım şekli ise uzaktan algılanan verilerden çeşitli yüzey özelliklerini veya bitki örtüsü tiplerini tanımak ve sınıflandırmak olasıdır. Ancak halkın bu alanı kullanımını ifade eden belirli faaliyeti ise, çoğu kez yersel çalışmalarla belirlenmek veya incelenmek zorundadır.

Ortadoğu ve Afrika AKBÖ haritası ArcGIS 10 da bir raster olarak çizilmiştir. Bu dosya daha sonra çalışma alanının AKBÖ tematik harita sayısallaştırma, coğrafi referanslı, rektifiye ve çalışma alanının AKBÖ tematik harita oluşturmak için, çalışma alanının maske oluşturarak mekânsal analisti uzantısı kırpma komutunu kullanarak çalışma alanı için kırpılmıştır (Şekil 4.2). AKBÖ haritaları altı çalışma bölgesine ayrılarak açıklanmıştır (Şekil 4.3).

a-Fundalık ve çalılık: Bir bitki topluluğu çalıların hâkim olduğu bitki örtüsü ile karakterize edilmektedir. Çalılıklar ya doğal olarak ya da insan faaliyetlerinin sonucu oluşabilirler. Belirli bir bölgede olgunlaşan bu bitki türleri yangınlara sebep olabilmektedir. Bu alanlar Şekil 4,2’deki sınıflama haritasında açık kahverengi renkle gösterilmiştir.

b-Yerleşim ve çıplak arazi: Yerleşim yeri, asfalt ve patika yollar, mera içi kayalık yüzeyler, fabrikaları ve sınır bölgesidir (Şekil 4.1). Bitki varsa örtüsü fundalık ve çalılık bu daha geniş aralıklı ve çalılık olduğunu (Anderson ve ark., 1976). Bu alanlar Şekil 4.2'deki sınıflama haritasında kırmızı renkle gösterilmiştir.

Su Yüzeyleri: Bataklık ve akarsu gibi su sistemlerini veya büyük ölçeklerdeki su depolama alanlarını (yağış) tanımlamaktadır. Bu alanlar Şekil 4.2'deki sınıflama haritasında mavi renkle gösterilmiştir.

C- Doğal otlak: Otlak Antarktika hariç tüm kıtalarda doğal olarak ortaya çıkmaktadır. Ilıman bölgelerde, yerli otlaklarda süreli kalabilen ot türleri egemen olup, sıcak iklimlerde ise mevsimlik türler bitki örtüsünün büyük bir kısmını oluşturur. Bu alanlar Şekil 4.2'deki sınıflama haritasında kırmızı renkle gösterilmiştir.

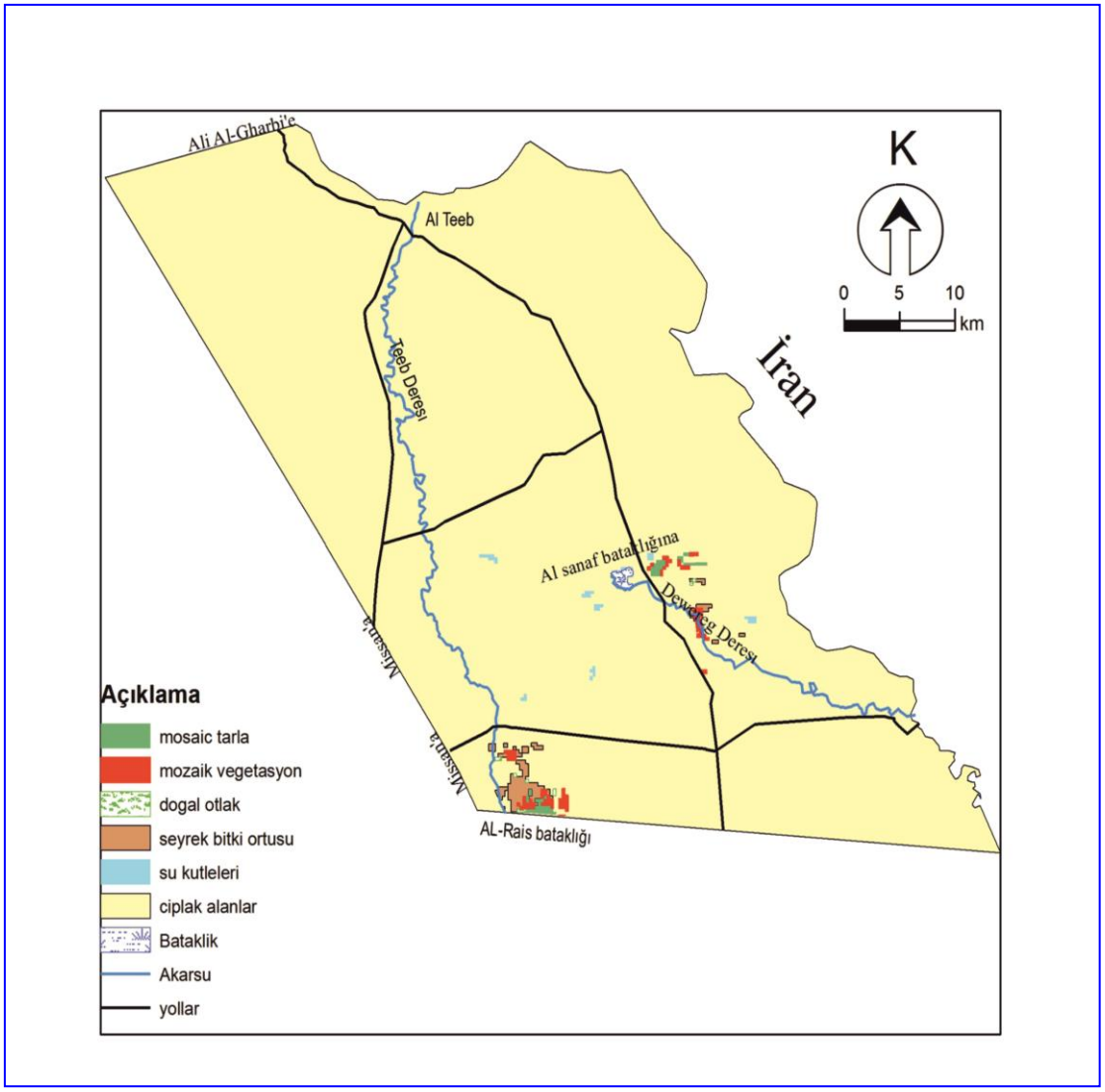


Şekil 4.1. Çalışma alanında doğal otlak (Al zubidat)

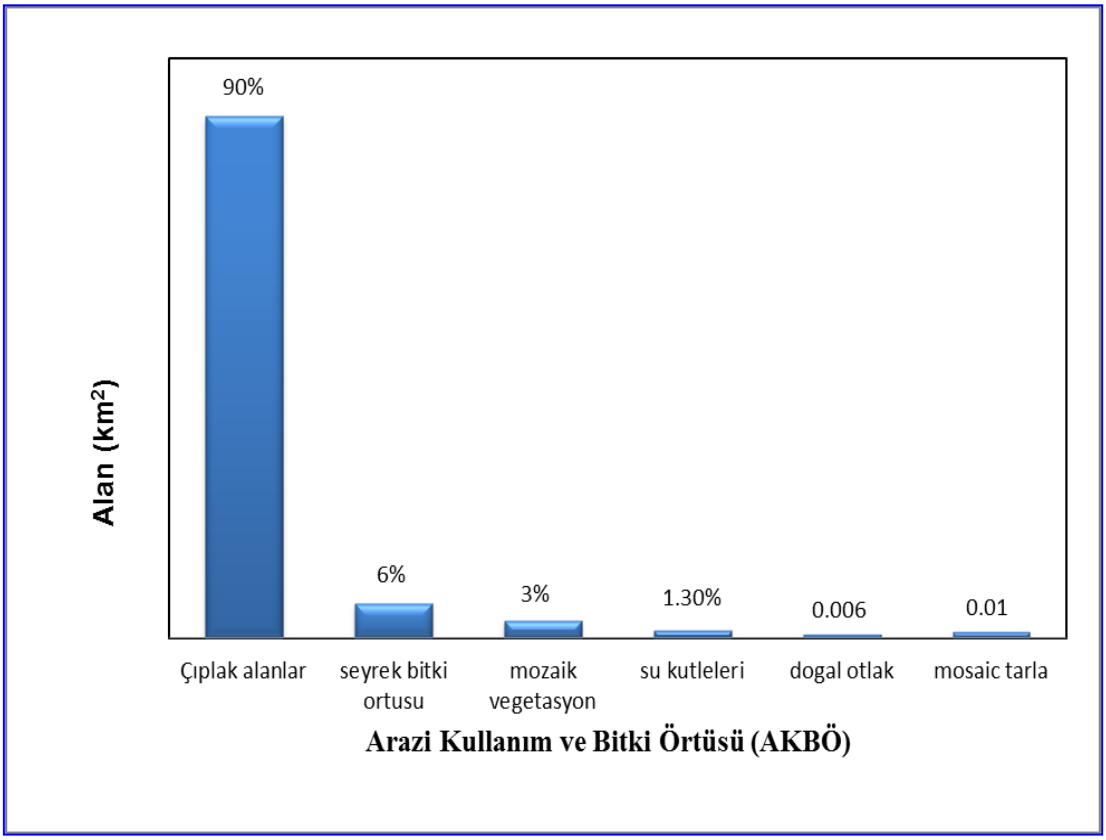
d- Seyrek bitki örtüsü: Çalışma alanı bitki örtüsü bakımından genelde fakirdir. Belirli bir alan içerisinde bulunan, doğal, damarlı (vasküler), bir yıllık, iki yıllık ve çok yıllık bitkilerin oluşturduğu bitki topluluğu bulunmaktadır. Bitki örtüsünü oluşturan elemanlar ağaç, çalı ya da yarı çalı bitkiler de olabilir. Bu bitkilerin hepsi bir araya gelerek alanın bitki örtüsünü oluşturur. Bu alanlar Şekil 4.2'deki sınıflama haritasında koyu kahverengi renkle gösterilmiştir.

e- Tarla: Bitki yetiştirmek için kullanılan bir arazidir. Bu alanlar Şekil 4.2'deki sınıflama haritasında koyu kahverengi renkle gösterilmiştir.

f- Vejetasyon mozaiği: Vejetasyon, herhangi bir coğrafi bölgenin bir kesimi üzerinde, yaşama şartları birbirine benzeyen bitkilerin bir arada toplanma şeklidir. Vejetasyon ağaç, çalı, yosun, mantar ve likenlerden oluşan orman örtüsüyle bir orman olabildiği gibi, bataklıklarda büyüyen saz, kamış ve benzeri bitki gruplarından veya sudaki alglerden ya da çöllerde olduğu gibi seyrek dağılmış kaktüslerden ya da çıplak kayalar üzerinde kabuk şeklinde büyüyen likenlerden ibaret olabilir (Wikipedia, 2013). Bu alanlar Şekil 4.2'deki sınıflama haritasında yeşil renkle gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Çalışma alanının arazi kullanımı ve örtüsü haritası (ArcGIS 2010)



Şekil 4.3. Çalışma alanın arazi kullanımı ve bitki örtüsü (AKBÖ) oranları

4.2. Toprak

Toprak; yeryüzünün büyük bir kısmını, devamlı bir örtü halinde kaplayan; iklim ve canlıların, topoğrafik koşullara bağlı olarak, zamanla ana materyal üzerine yaptıkları ortak etkilerle ortaya çıkmış karakteristiklere sahip; açık, dinamik, üç fazlı, üç boyutlu, doğal bir bütündür. Arazi ise; toprağı da içine alabilen daha geniş kapsamlı bir kavramdır. Farklı topografyası, üzerinde görülen bitki örtüsü çeşidi, taşlılık, kayalılık vs. gibi kendine özgü özelliklerle, bitişiğindekilerden yapay ya da doğal sınırlarla ayrılan bir yeryüzü parçasıdır. İnsanların yeryüzünün bir kesimine duydukları ilgi, birtakım, sosyal, ekonomik ve psikolojik faktörlerin etkisi altındadır. Yani arazi değerini etkileyen etmenler, kullanma amacına göre büyük ölçüde değişir. Özellikle üzerinde verimli toprakların bulunduğu arazilerin, daha karlı olacağı düşüncesiyle, tarım dışı kullanımları, o ülke ve ulus için uzun vadede giderilmesi imkânsız bir kayıptır (Şimşek, 2000).

Sınıflandırma; tüm yaşamımızda uyguladığımız ve hayatımızı kolaylaştıran bir eylemdir. Toprak bilimi açısından sınıflandırma ise toprağı iyi analiz ettikten sonra

belirli kategorilerle sınıflandırmak, onu belirli bir sistem içerisinde daha kolay değerlendirmemizi sağlamaktır. Bir sistem içerisinde toprak özelliklerinin belirlenmesi açısından toprakların sınıflandırılması büyük önem arz etmektedir.

4.2.1. Hidrolojik toprak grupları

Toprak özelliklerinin, Missan havzasının hidrolojik özellikleri ve yüzeysel akış özellikleri üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla hidrolojik toprak grupları çıkartılmıştır. A, B, C ve D gruplarından oluşan bu toprak grupları, eğim ve arazi örtüsünden bağımsız olarak hidrolojik içeriklerine bağlı olarak oluşturulmuştur (USDA, 1986; Boorman ve ark., 1995). Hidrolojik toprak grupların sınıflamasında kullanılan A, B, C ve D gruplarının özellikleri aşağıda Çizelge 4.2'de verilmiştir. Sızma ve akış yeterli ölçümü geçmişe yönelik ölçümü bulunmayan havza için karmaşık bir iştir. Bu nedenle, güçlü çabaları toprak dokusu toprak özellikleri ilişkilendirmek yapılmıştır. Toprak doku bir toprak mineral parçacıkların farklı boyutlarda oransal dağılımı belirlemek için kullanılan bir terimdir. Büyüklüklerine göre, bu mineral parçacıkları "ayrı" ayrılmıştır. Ayrı bir toprakta, çapı mm olarak tanımlanan boyut sınırlamaları içinde uygun mineral tanecikler bir grup oluşturur. Sistemlerinin çeşitli tane boyutu aralığını tanımlamak için kullanılır. Çoğunlukla ABD Tarım Bakanlığı (USDA) tarafından kullanılır (Çizelge 4.1).

On iki büyük dokusal sınıf vardır. Bunların bileşimler diğer ilgili faktörlere göre USDA tarafından tanımlanmıştır (Çizelge 4.2) (Şekil 4.4). Toprak dokusu, Üçgen kum, silt ve kil çeşitli kombinasyonları ile ilgili isimleri verir Analizle topraktaki kum, kil ve silt miktarları bulunduktan sonra; kil çizgisinde kil miktarını gösteren noktadan kum çizgisine bir paralel, silt çizgisinde silt miktarını gösteren noktadan da kil çizgisine bir paralel çizilir. Bu hatların kesiştikleri noktanın bulunduğu bölüm toprağın doku sınıfını verir. Örneğin kil %'si 20, kum %'si 40 ve silt %'si 40 olan toprak tın "balçık" dokusundadır (Şekil 4.1).

Çizelge 4.1. Toprak dokusal sınıflandırma sisteminin ayrı toprak boyut sınırları (USDA).

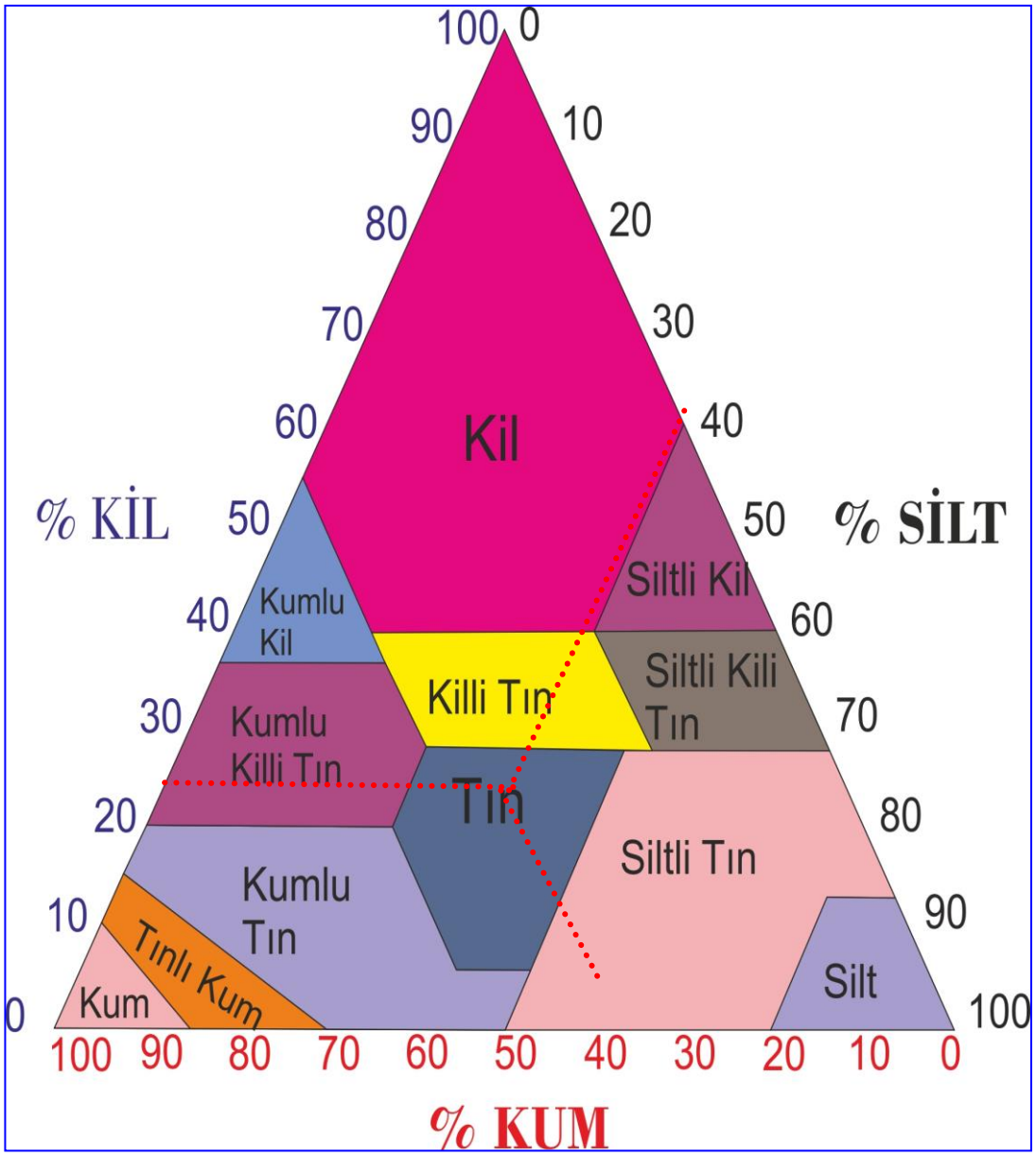
Ayrı toprak Adı	çap (mm)
KUM	**2.00 - 0.05**
Çok kaba	2.00 – 1.00
Kaba	1.00 – 0.50
Orta	0.50 – 0.25
İnce	0.25 – 0.10
İncecik	0.10 – 0.05
SİLT	**0.05 – 0.002**
Kaba	0.05 – 0.02
Orta	0.02 – 0.005
İnce	0.005 – 0.002
KİL	**< 0.002**
Kaba	0.002 – 0.0002
İnce	< 0.0002

Çizelge 4.2. Toprak dokusuna göre sınıflandırılmış hidrolojik toprak özellikleri (Rawls ve ark., 1982)

Toprak doku sınıfı	Etkin su kapasitesi (inç/inç)	SCS Hidrolojik toprak grubu
Kum	0.35	A
Balçıklı kum	0.31	A
Kumlu verimli toprak	0.25	B
Verimli toprak	0.19	B
Silt balçık	0.17	C
Silt	0.15	C
Kumlu killi balçıklı	0.14	C
Balçıklı	0.14	D
Siltli kil balçık	0.11	D
Kumlu kil	0.09	D
Siltli kil	0.09	D
Kil	0.08	D

3000'den fazla özel olarak adlandırılmış toprak tipi kullanılarak, Doğal Kaynakların Korunması Servisi (NRCS) tarafından, geçirimsiz toprakların sınıflandırılması ve diğer kriterlere bağlı olarak dört hidrolojik gruba ayrılmıştır. (Çizelge 4.3).

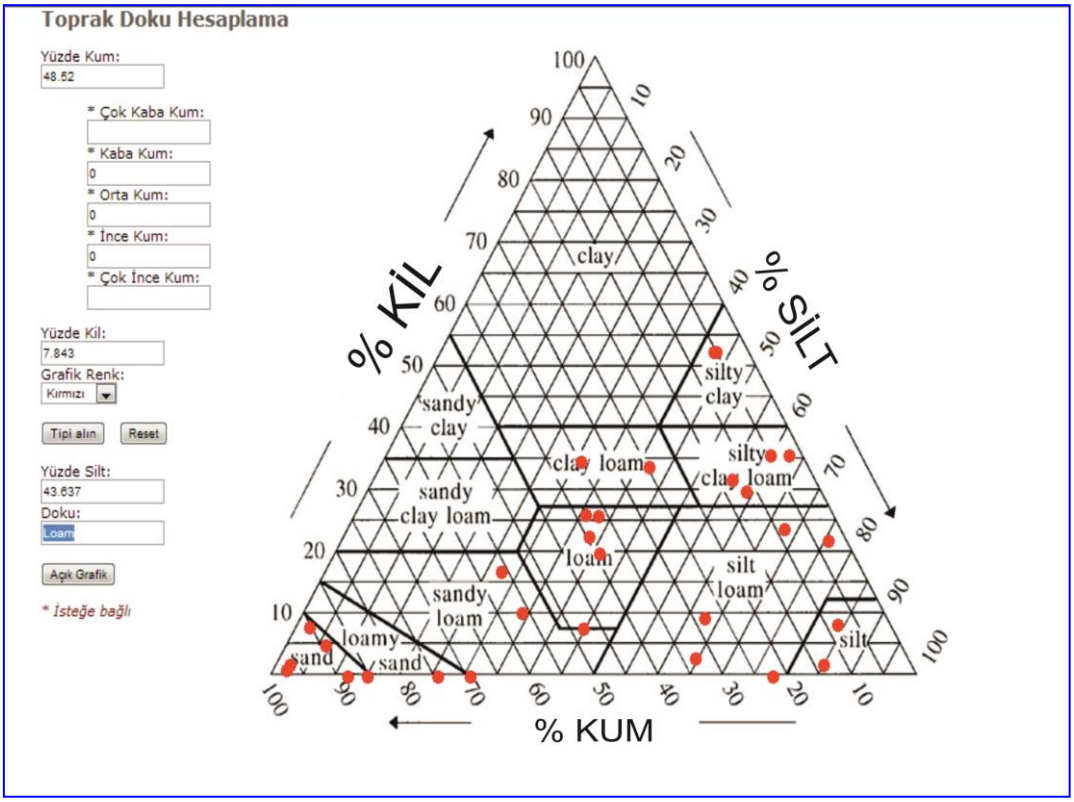
Dokusal sınıflandırma seviye I içinde zorunludur. Ancak, Seviye I için her bir katmanın bir karmasında parmak testine dayalı bir kestirme, USDA dokusal sınıflarına göre toprak dokusunun sınıflandırılması için kabul edilebilir. İlave olarak kil içeriğine ilişkin bir kestirme de zorunludur (http://soils.usda.gov/technical/aids/investigations/texture/), (Çizelge 4.4) ve (Şekil 4.5).



Şekil 4.4. Toprak malzemelerinin tane boyu sınıflandırılması (USDA,1986).

Çizelge 4.3. Çalışma alanındaki SCS Hidrolojik toprak grubu (USDA, 1986)

Toprak grubu	Tanımlama	Final infiltrasyon oranı (mm)
A	(Düşük akım potansiyeli); nemli olsalar dahi içeriklerinde kum veya çakıl bulunmasından dolayı **yüksek geçirgenlik oranına sahiptirler**.	8 – 12
B	**Orta derecede geçirgenlik özelliklerine sahip olup**, ince ve kaba doku içerikleri de orta derecedir. Bu tür topraklardaki su iletkenliği de orta düzeydedir. A grubundaki topraklara yakındır.	4 – 8
C	**Yavaş geçirgenlik oranına sahiptir**. Orta ince ve ince doku içerikleri orta derece olup geçirgenlikleri yavaştır. Su iletkenlikleri de düşük orandadır. D grubundaki topraklara yakındır.	1 – 4
D	(Yüksek akım potansiyeli); **çok düşük geçirgenlik** özelliklerine sahiptir. Yüksek kil içeriğine sahip bu topraklar yüzeydeki kil tabakasından dolayı su iletkenliği çok yavaştır.	0 – 1

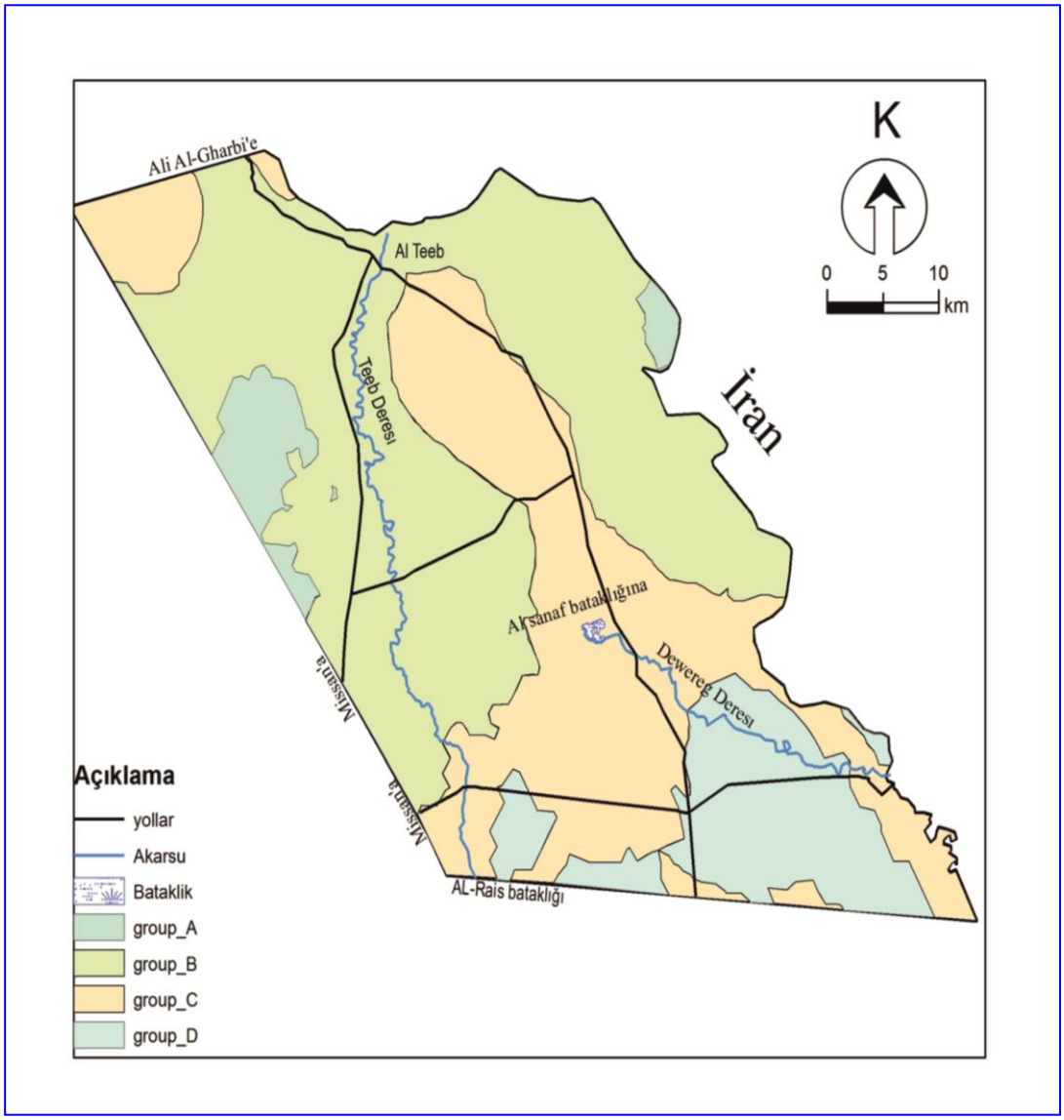


Şekil 4.5. Çalışma alanındaki toplanan örneklerin toprak doku tipleri.

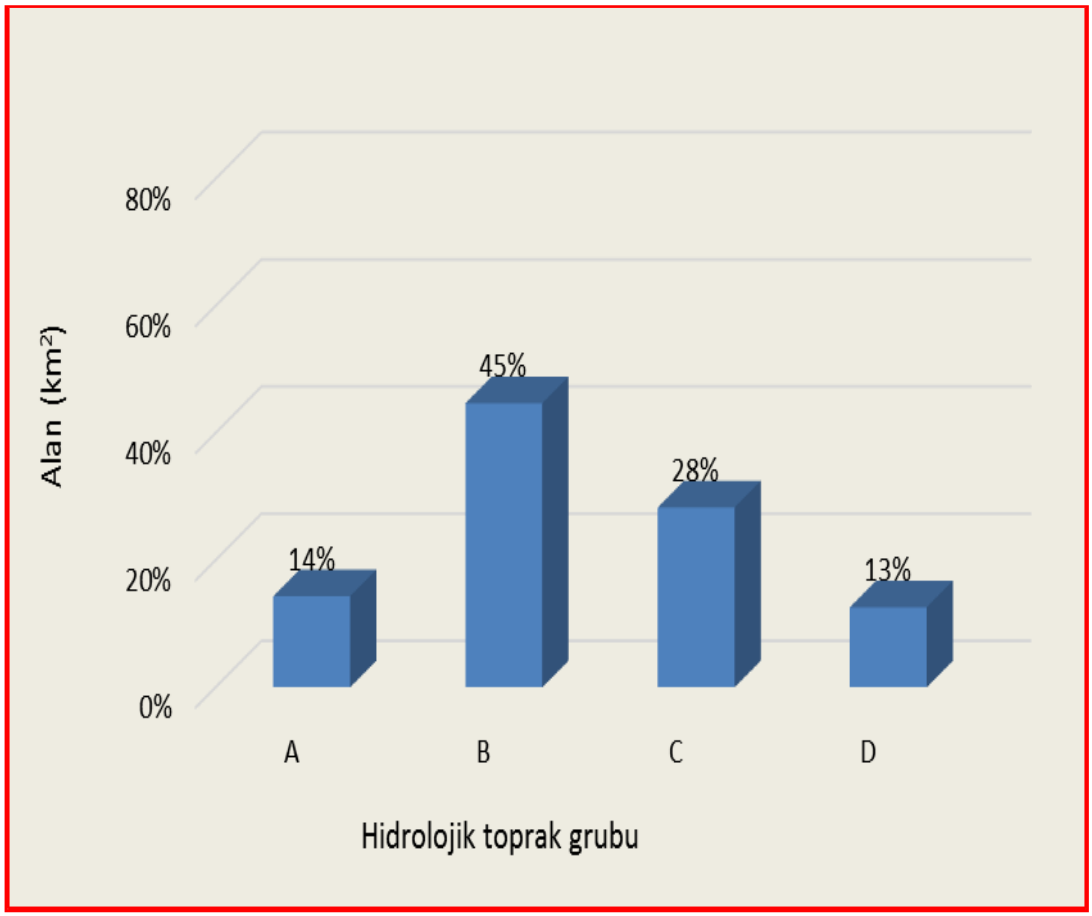
Çizelge 4.4. Çalışma alanındaki toprak örneklerinin özellikleri

Örnek No	Doğu (m)	Kuzey (m)	Kil %	Silt %	Kum %	Çakıl %	Toprak doku	SCS Hidrolojik toprak gruplama
T1	731753.4	3548745.6	2	83.7	14.3	0	Silt	C
T2	736244.8	3555958.8	36	61.5	2.5	0	Silt killi tın	D
T3	739262.9	3552324.8	30	57.9	12.1	0	Silt killi balçık	D
T4	728337.7	3566166.8	8.5	82.8	8.7	0	Silt	C
T5	724552.6	3572969.9	24	66.7	9.3	0	Silt balçık	C
T6	724552.6	3572969.9	26	10.1	37.06	26.84	balçık	B
T7	717339.5	3582075.5	22	74.6	3.4	0	Silt balçık	C
T8	713035.6	3585339.3	32	54.7	13.3	0	Siltli killi balçık	D
T9	704701.2	3592333.5	17	26.3	56.7	0	kumlu balçık	B
T10	718316.5	3585027.3	0	0	89	11	Kum	A
T11	714536.5	3579938.4	3	63.4	33.6	0	Siltli balçık	C
T12	709185.6	3583252.5	9.5	61.6	28.9	0	Siltli balçık	C
T13	705495.7	3565372.5	0	30	70	0	kumlu balçık	B
T14	712287.5	3570063.9	0	14	86	0	kum	A
T15	711560.4	3573521.4	0	5	75	20	kumlu balçık	B
T16	726160.2	3560891.3	0	77	23	0	Siltli balçık	C
T17	730610.1	3571768.8	2	1	97	0	kum	A
T18	724508.4	3586226.8	1	1	98	0	kum	A
T19	702115.5	3587354.1	8	1	91	0	kum	A
T20	701629.0	3578226.7	5	5	90	0	kum	A
T21	735268.5	3558586.7	22.76	35.61	40.2	1.4	Balçık	B
T22	717507.2	3579761.7	33.99	39.9	25.28	0.82	Killi balçık	D
T23	739263.0	3552318.7	52.65	41.37	5.95	0.02	Siltli kil	D
T24	706597.4	3589574.5	26.25	34.73	38.97	0.1	Balçık	B
T25	749324.6	3548969.4	35.89	58.55	5.47	0.08	Siltli killi balçık	D
T26	685201.9	3593843.3	34.84	29.68	35.48	0	killi balçık	D
T27	701838.9	3577805.7	10.35	32.76	56.84	0.04	kumlu balçık	B
T28	714458.5	3572525.6	7.843	20.16	48.52	23.47	Balçık	B

Çalışma alanında toprak tipleri daha sonra toprak taksonomisine dayalı toprak geçirgenlik değerlerine dönüştürülür (Çizelge 4.4). Bu sınıflandırmaya göre her toprak hidrolojik grubu için oranlarının bir değer aralığı atanmıştır. Çalışma alanının hidrolojik toprak grup tabakasını üretmek için geçirimsizlik oranlarının ortalama değeri sonra da enterpolasyonlanan "ArcGIS 10.2 Jeoistatistiksel analisti uzantısı kriging" teknikleri kullanılmıştır (Şekil 4.6). Bu grupların her biri çalışma alanına uyarlanarak oranlar belirlenmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.6. Çalışma alanındaki hidrolojik toprak grubu haritası.



Şekil 4.7. Çalışma alanının hidrolojik toprak grubu yüzdeleri.

4.3. Hidroloji

Doğada su sürekli dolaşım halindedir. Bu dolaşımda yağışla yeryüzüne gelen suların bir kısmı yeraltına süzülerek değişik ortamlarda yeraltı suyunu oluştururken, bir kısmı da doğrudan akışa geçerek yüzey sularını oluşturmaktadır. Yağışın buharlaşma, akış ve süzülme şeklindeki dağılımını kapsayan bu olaya hidrolojik dolaşım denir.

Bu bölümde, Missan ve çevresinin hidrolojik özelliğinin tanımlanabilmesi amacıyla akarsu ve kaynaklar hakkında bilgi verilmekte ve yapılan analizler değerlendirilmektedir.

4.3.1. Akarsular

İnceleme alanındaki ana akarsular Teeb Deresi ile ondan biraz daha küçük olan Dewereg Deresi'dir (Şekil 4.5). Bu akarsuların debileri yaz aylarındaki kurak dönemlerde oldukça düşmekte, yağışlı dönem ve dağlık bölgelerdeki karın erimesi ile önemli bir artış göstermektedir.

-Teeb Deresi: İran'dan doğan bu akarsuyun büyük bir kısmı yine İran topraklarında kalmaktadır. Irak'ta, ise güneye doğru akarak Sanaf bataklığı içinde kaybolmaktadır. Irak sınırları içindeki toplam uzunluğu 65 km, ortalama genişliği 50 m ve ortalama nehir kıyısının yüksekliği 10 m'dir. Alüvyonlar üzerinde aktığı için nehrin hareketleri her yıl değişir ve malzeme çökeltir. İran topraklarındaki yağışlar bu akarsuyun tek beslenme kaynağı olarak bilinmektedir.



Şekil 4.5. Teeb Deresi

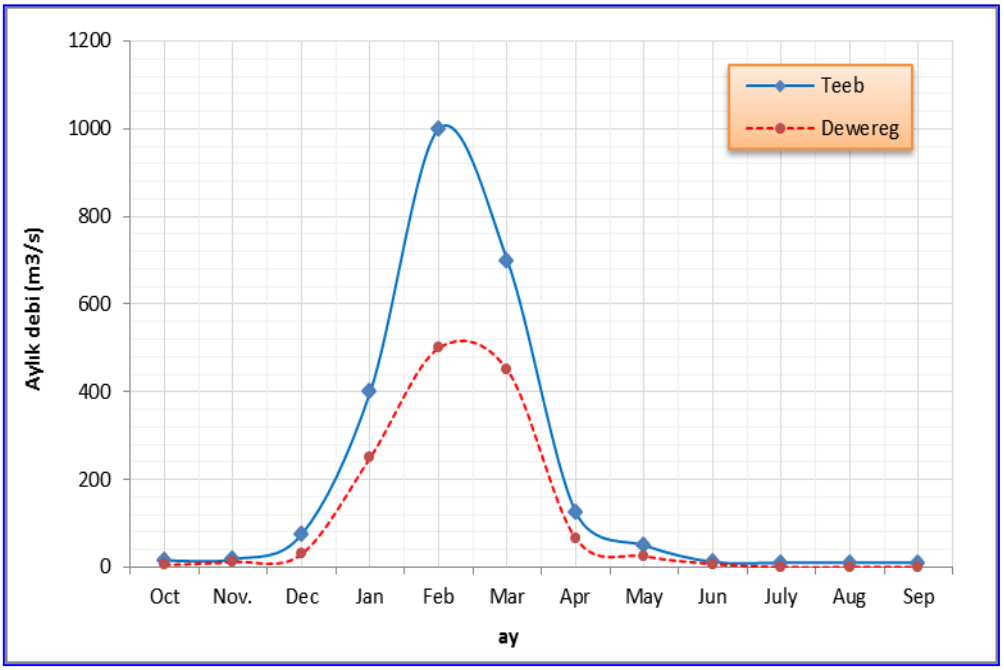
-Dewereg Deresi: Bu akarsu da yine İran'da doğmakta ve akarsuyun ana kaynağını İran topraklarındaki yağışların oluşturduğu mevsimlik bir deredir. Dere Irak'a girdikten sonra batıya doğru akarak Al-Rais bataklığı içinde kaybolmakladır. Irak sınırları içinde nehrin toplam uzunluğu 35 km, ortalama genişliği 30 metre ve nehir kıyısınının ortalama yüksekliği 8 metredir. Her iki akarsuyun da ortalama debileri yağışa bağlı olarak değişmektedir.

Akarsu debilerinde gözlenen azalma, beslenmelerindeki en önemli kaynak olan yağışların azalmayla ilişkilidir. Çöl ikliminin görüldüğü bölgelerde, yağışlardan başka beslenme kaynağı olmayan akarsularda, akarsuyun sürekliliği için özellikle kış yağışlarının hayati önemi vardır. Kış mevsimi dışında diğer mevsimlerin, yıllık toplam yağışlara katkısı daha az olduğundan ve akarsular yazın şiddetli buharlaşmaya maruz kaldığı için, kışın yeterli ölçüde beslenemeyenler yazın kurumayla karşı da karşıya kalırlar.

Teeb ve Dewereg Derelerine ait Su Kaynakları Bakanlığı, Yeraltı Suyu Genel Heyeti'nden sağlanan verilerin gözlem süresi 1990-2007 (17 yıl) tarihlerini kapmaktadır. Bu akımların ortalama aylık debileri Çizelge 4.5'te gösterilmektedir. Aylık ortalama debi grafikleri ise (Şekil 4.8). Her iki akarsuyun debileri kış aylarında (Ocak ile Mart) maksimum miktara, yaz aylarında ise minimum miktara ulaşmaktadır. Dewereg deresinin ortalama debisi yaz aylarında sıfır seviyesine kadar düşerek tamamen kuru bir akış kanalı haline gelmektedir. Her iki akarsu da özellikle Teeb, kış aylarında çevresinde sel oluşturmaktadır. Köprüler ve yollar gibi diğer mühendislik yapılarına da hasara verebilmektedir. Derelerinn su kalitesi analizleri raporlarına göre, yüksek tuz içeriği nedeniyle insan tüketimi için uygun değildir (Çizelge 4.2). Genel olarak tuz içeriği akıntı yönünde artmaktadır.

Çizelge 4.5 Teeb ve Dewereg akarsularının debileri

Dere	Debi (m^3/s)											
	E.	K.	A.	O.	Ş.	M.	N.	M.	H.	T.	A.	E.
Teeb	15	18	75	400	1000	700	125	50	12	10	10	10
Dewereg	5	12	30	250	500	450	65	25	7	0	0	0



Şekil 4.8. Çalışma alanındaki Teeb ve Dewereg aylık ortalama debi hidrografi.

4.4. Hidrojeoloji

4.4.1. Akifer yapısı

Bir akiferin jeolojik modelini oluşturmak birçok hidrojeolojik çalışma için önemli bir adımdır. Geleneksel yaklaşımda bu tip bir model sayısal bir yeraltısuyu akış modeli inşa etmek gibi çeşitli amaçlar için kullanılabilen bir akifer mimarisinin kavramsal bir modelinin inşası ve kuyu litolojisi gibi yüzeye ilişkin bilgiler gerektirir. Bu metod kesin olmamakla birlikte aşağıda belirtilen sebeplerden dolayı hatalara da neden olabilir (Allen ve ark., 2007). :

1. Sondaj işlemi sırasında yüzeye çıkan çökeltilerin karışmasından dolayı, bir jeolojik birimden sonrakine geçiş belirsiz olabilir.
2. Sondaj kuyusundan alınan verilerin kalitesi, matkapların çökelti tiplerini belirlemek konusunda yeterli olmaması sebebiyle kesin değildir.
3. Tortuların doğal heterojenliği ayrıca farklı akifer birimlerini eşleştirme ve bu birimleri daha az geçirgen akitardlardan ayırma sürecinin aksamasına neden olabilir.

Bu sebeplere rağmen, bu metod bu çalışma alanında akifer birimlerinin kavramsal bir modelinin oluşturulmasının tek yoludur. Çünkü akifer sisteminin çok yönlü üç boyutlu bir resminin oluşturulabilmesi için kuyu litolojisi verilerinden varılmış

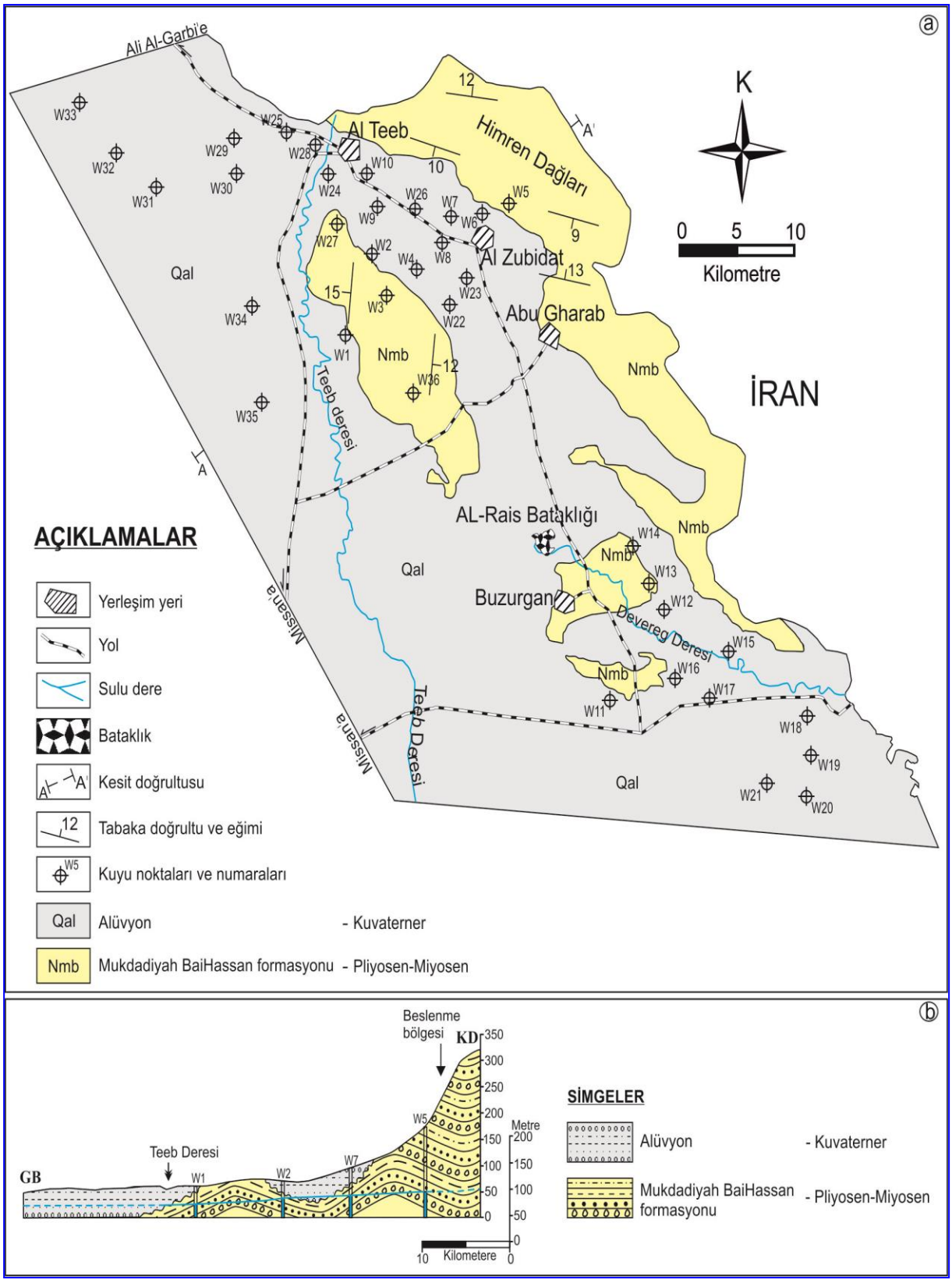
sonuçları destekleyecek jeofizik bilgi veya jeofizik kuyu logları gibi diğer tekniklerde herhangi bir bilgi mevcut değildir. Jeolojik olarak, bu çalışma alanı iki bölüme ayrılabilir; Kuvaterner ve Tersiyer. Kuvaterner ve Kuvaterner öncesi birikimlerin (başlıca Bai Hassan ve Mukdadiyah formasyonları) litolojisi Kuvaterner öncesi çökeltilerin Kuvaterner çökeltilerle hidrolik iletişim içinde olan yerlerde bulunduğunu gösterir (Jassim and Goff, 2006). Bu nedenle, iki bölüm de hidrolik olarak birbirine bağlı bir akifer sistemi olarak kabul edilir.

Yeraltı Suyu Genel Heyeti ve Su Kaynakları Bakanlığı'ndan elde edilen jeolojik kuyu logları akifer sisteminin mimarisi için bu çalışmada kullanılmıştır. Biri inşaat verileri, kuyu sahipleri, kuyu derinliği ve coğrafik koordinatları içeren kuyunun genel bilgileri, diğeri ise mesafe, materyal çeşitleri boruların filtre konumu gibi litoloji verileri olmak üzere iki çeşit veri grubu mevcuttur. Bunlara ek olarak, yeraltı suyu derinliği, statik su seviyeleri, kuyu debisi gibi bilgiler de mevcuttur. Çalışma alanında akifer inşası için on dört kuyu seçilmiştir. Ancak bu kuyuların raporları ve alan boyunca dağılımı henüz tamamlanmamıştır. Sekiz farklı litolojik tür tespit edilmiştir (Çizelge 4.6). Bu kuyu bilgilerine göre alüvyon içinde serbest ve basınçlı olmak üzere iki adet akifer seviye yer almaktadır. Jeolojik bilgilerden yararlanarak tersiyer formasyonu içinde yer alan çakıltaşı ve kumtaşı seviyelerinin de akifer özellikte olduğu anlaşılmaktadır. Tersiyer içinde yer alan kiltaşı seviyeleri ise geçirimsizdir. Tersiyer birimlerinin oluşturduğu akifer türü serbest ve basınçlı olmak üzere iki farklı özelliktedir. Özellikle beslenme bölgesini oluşturan Himreen tepelerinin olduğu alanlarda ve yüzeylendiği Al Teeb ve Buzurgan dolayında serbest akifer özellikte olduğu tahmin edilmektedir (Şekil 4.9). Alüvyonda yer alan akiferler, hidrolik özellikleri tam olarak bilinmeyen daha az geçirgen iki akitard ile birbirinden ayrılırlar. Bu birimlerin yaklaşık kalınlığı Çizelge 4.6'de gösterilmiştir. Alüvyonda yer alan akiferler arasında hidrolik bağlantı olduğu gibi, Tersiyer formasyonunun oluşturduğu akifer de yer yer alüvyondaki akifer sistemleri beslemekte ve ilişkili durumdadır (Şekil 4.9).

Çizelge 4.6. Çalışma alanındaki kuyuların litolojik bilgileri (Yeraltı Suyu Genel Heyeti)

Kuyu No.	UTM koordinatları		Sığ akifer		Birinci akitard		Ana akifer (Tersiyer)		İkinci akitard		Akifer tipi
	Doğu (m)	Kuzey (m)	D (m)	Litoloji	D (m)	Litoloji	D (m)	Litoloji	D (m)	Litoloji	
W2=K7	710838	3582803	12	İnce kum	20	Siltli kil	28	Çakıl ve kum	0	-	Basınçlı
W4=K6	715909	3584711	11	İnce kum	14	siltli kil	31	Çakıl ve kum (ince ve kaba)	4	Silt	Basınçlı
W5=K8	725877	3588081	12	İnce kum	8	Siltli kil	25	Çakıl + kaba kum	0	-	Basınçlı
W6=K9	723264	3573307	30	Kum, çakıl ve silt	8	Siltli kil	22	Çakıl + kum az alüvyonlarla	0	-	Basınçlı
W7=K10	728053	3570549	14	İnce kum	11	siltli kil	28	Çok az Çakıl kum	8	siltli kil	Basınçlı
W12=K12	731199	3552835	5	İnce kum	5	Kil	20	Çakıl ve kum	0	-	Basınçlı
W18=K14	748704	3577073	0	-	5	Kil	29	Kırmızı siltli çakıl ve kum	8	siltli kil	Basınçlı
W19=15	760353	3528835	0	-	30	Siltli kil-ince kum	30	Çakıl ve kum	0	-	Basınçlı
W22=K11	716906	3565576	5	İnce kum	0	-	29	Çakıl + silt	7	Siltli kil + küçük	Serbest
W23=K13	716698	3577073	5	-	7	Kil	42	Çakıl + kum az alüvyonlarla	6	siltli kil	Basınçlı
W24=K5	706569	3589615	6	İnce kum	19	siltli kil	31	Çakıl + kum (ince ve kaba)	4	Kil	Basınçlı
W25=K4	703392	3591452	5	İnce kum	12	Kil	28	Çakıl + kum (ince ve kaba)	0	-	Basınçlı
W31=K3	699668	3588508	9	İnce kum	0	Kil	31	Çakıllı kum + biraz kil	0	-	Serbest
W34=K16	705750	3551641	0	-	20	Siltli kil + ince kum	23	Çakıl + kum	5	silt	Basınçlı
Max.			30		30		42		8		
Min.			0		0		20		0		
Ortalama			9		13		29		3		

D: Derinlik (m)

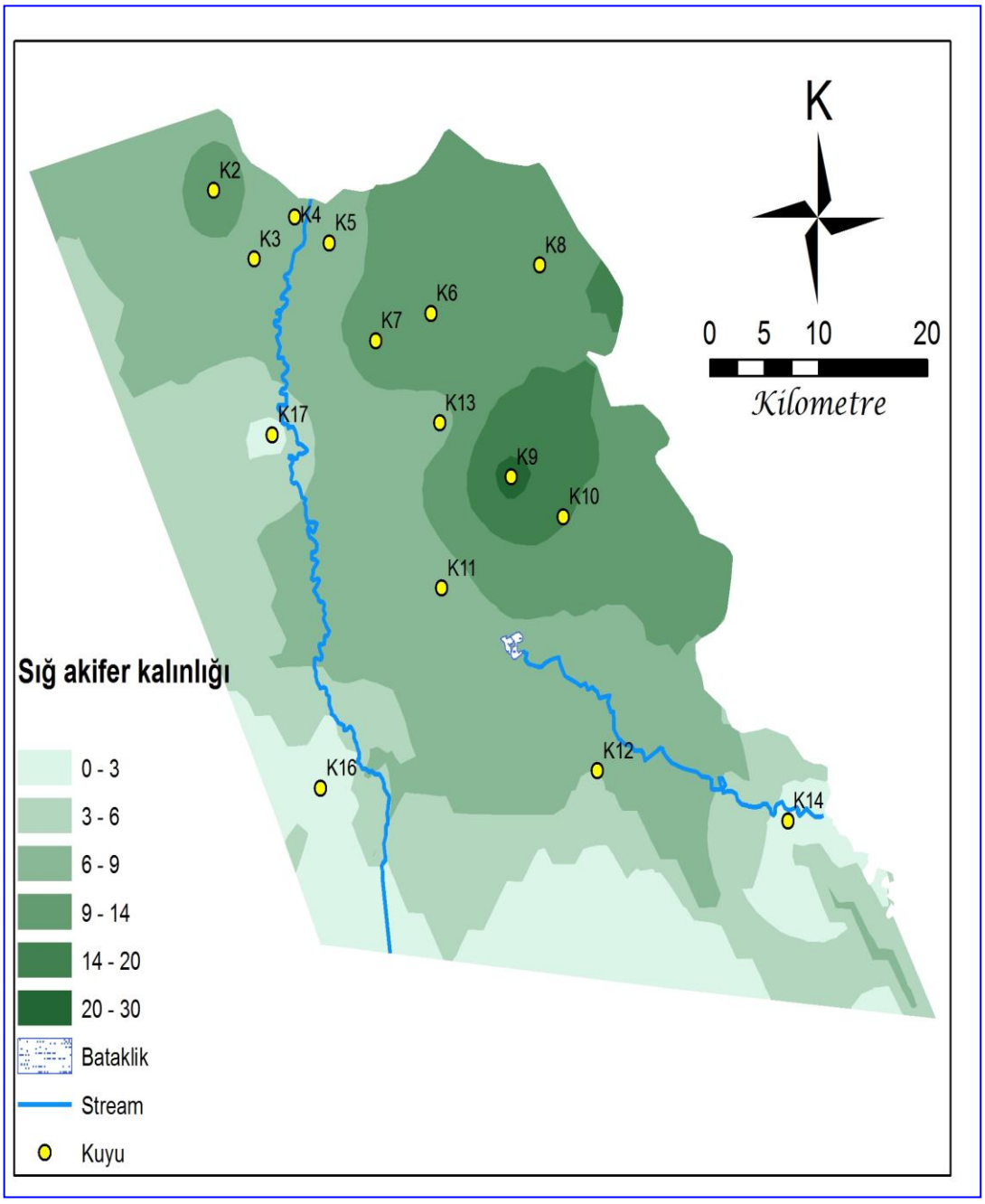


Şekil 4.9. Çalışma alanında seçilen hidrojeolojik kesitler

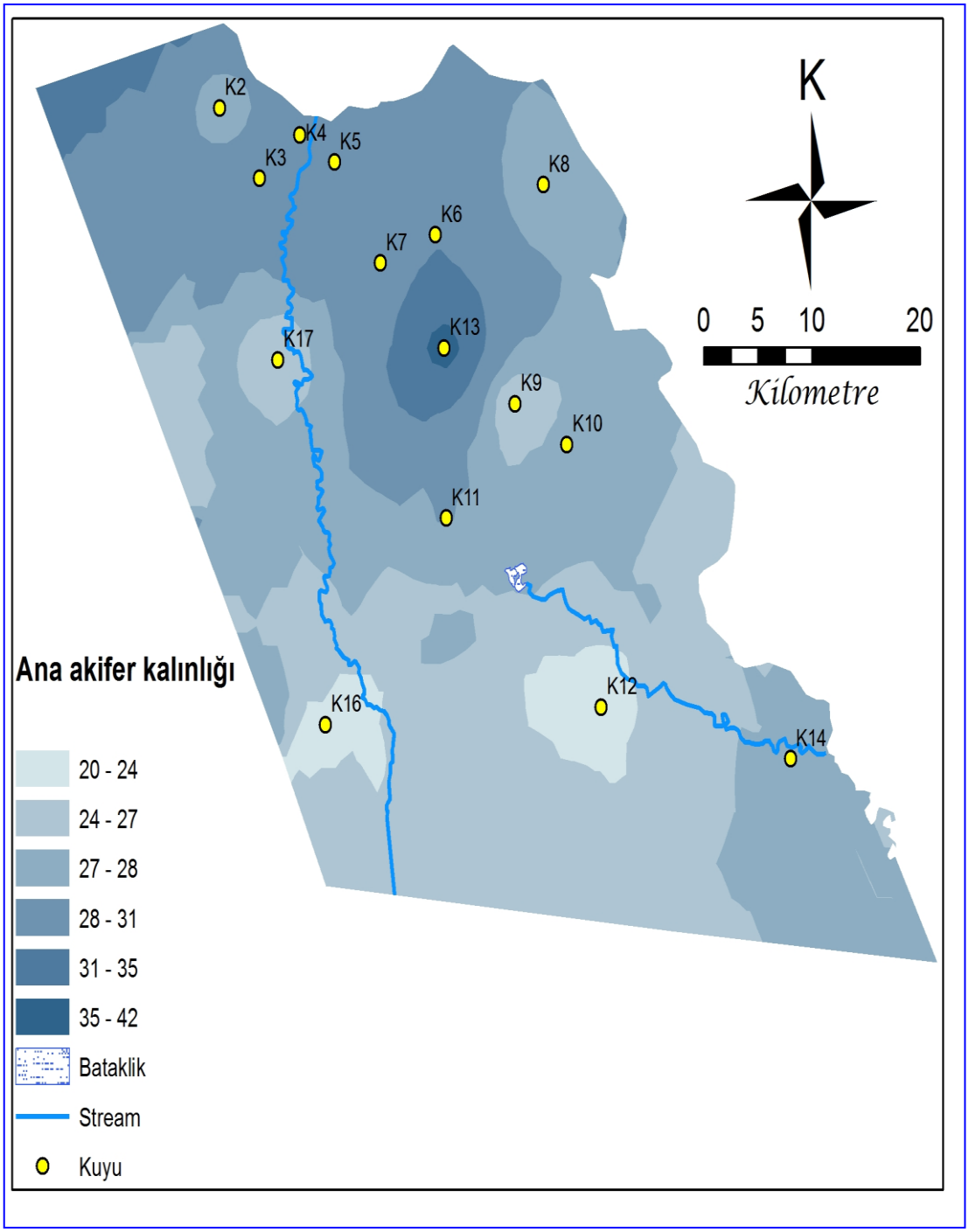
Sığ akiferler doğada serbest halde bulunur. Çalışma alanındaki diğer iki akiferden daha az önem taşır ve su çekimi daha azdır. İnce kum ve az alüvyonlu kum bu birimin ana bileşenlerini temsil eder. Sadece birkaç Keson kuyu ile çiftlik hayvanları ve küçük bir çiftlik için gereken su çıkarılabilir. Keson kuyular sığdır ve akifere tamamen nüfuz etmez, sadece düzensiz bir çapta birkaç metreye iner. Yağmur sularının çoğu bu akifer sistemine gitmesine rağmen, bu suyun kalitesi, yüzeydeki tuzlarla karışması nedeniyle insanların tüketimi için uygun değildir. Yüzey suyunun derinliği 2-5 metre arasındadır. Sığ akiferin kalınlığının mekânsal dağılımı, güneybatıdan kuzeydoğuya doğru belirgin bir kalınlık artışının da görüldüğü Şekil 4.10'de gösterilmiştir. Bu akifer çalışma alanı boyunca sınırlanacak şekilde uzanmıştır ve batı-kuzeybatı yönlerinde gözden kaybolmaktadır.

Çalışır haldeki bulunan çoğu kuyunun belli bir noktaya kadar içine girdiği ana akifer, çalışma alanındaki en önemli akiferdir. Bu akifer aynı zamanda çalışma alanının tümüne yayılmıştır ve ağırlıklı olarak çakıl, kum ve bazı kısımlarında önemli ölçüde alüvyon ve kilden oluşmaktadır. Akiferin minimum kalınlığı 20 metre civarındayken, maksimum kalınlığı 42 metreye kadar çıkabilmektedir. Ana akiferin çalışma alanındaki mekânsal dağılımı Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Basınçlı ve serbest akiferler, tüm çalışma alanının %72'sini ve %18'ini kapsamaktadır. İkinci akitard haritası, kuyu noktalarının litolojik kesimi ile doğrulanmış alanın üzerindeki üst akitard kalınlığının enterpolasyonuyla üretilmiştir.

Derin akifer, alanın doğu kısmında Bai Hassan ve Mukdadiyah Formasyonunun içinde bulunur. Şu anda, sadece beş kuyu bu akiferler içinde çalışmakta ve suyu çekmek için pompalar gerekmektedir. Su taşıma katmanına ulaşır ulaşmaz basınç altında akmaktadır (Şekil 4.12). Bu artezyen kuyuları sabahtan akşama kadar herhangi bir kumanda cihazı olmaksızın çalışmaktadır. Bu sistem bölümündeki yeraltı suyu kalitesi oldukça iyidir. Çünkü çözünmüş katı madde 600 m/ℓ'i geçmektedir. Bu kuyularındaki boşaltımı 1 ℓ/s ile 3 ℓ/s arasında değişmektedir. Litolojik olarak, akiferin bu kısmı çoğunlukla çakıldan ve kumdan oluşur. Bu formasyonun tamamındaki alansal dağılımının çizilmesi için yeterli bilgi mevcut değildir.



Şekil 4.10. Sığ akiferin çalışma alanındaki alansal dağılımının haritası

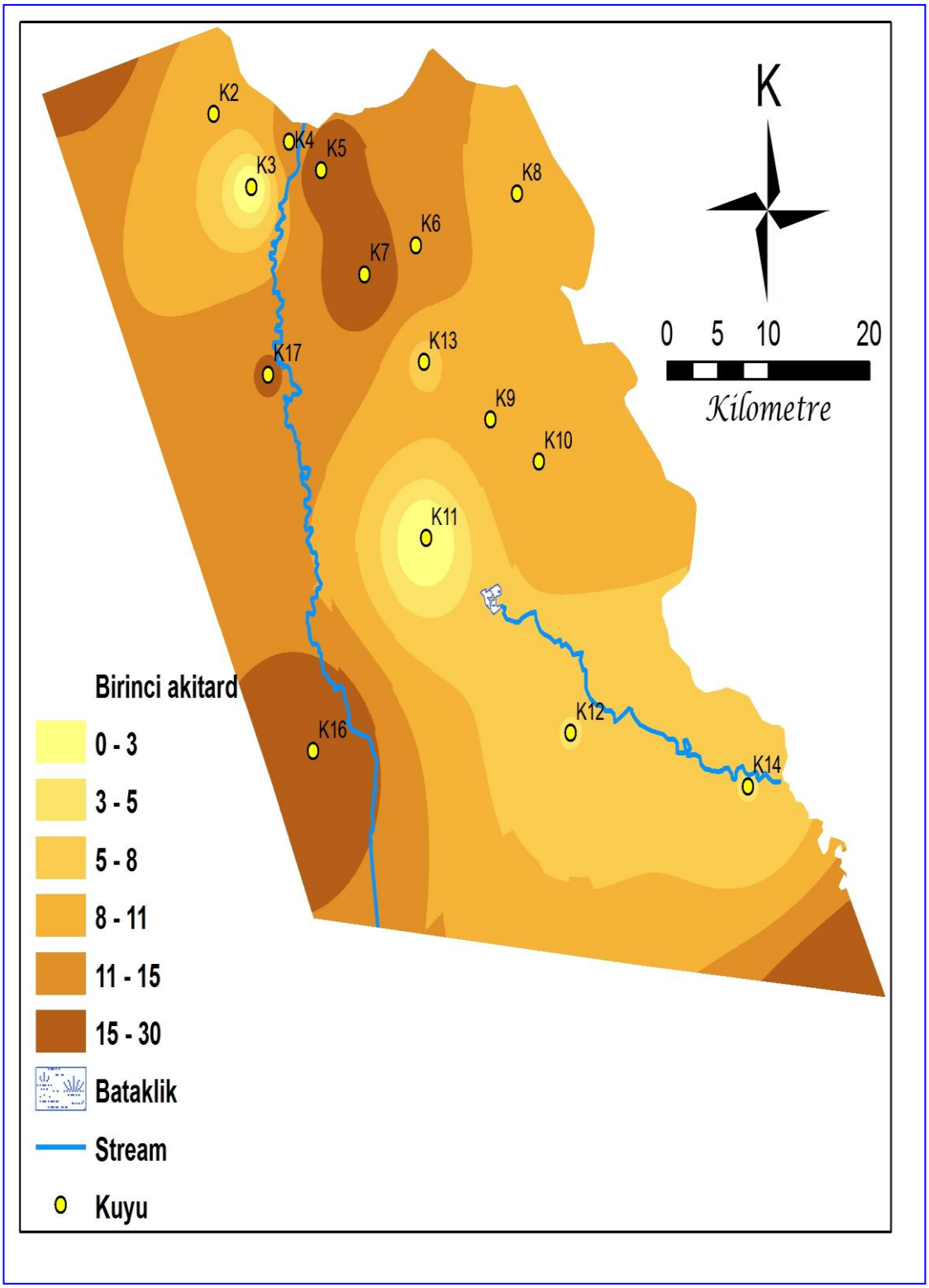


Şekil 4.11. Çalışma alanındaki derin akiferin kalınlığının dağılımının (m) haritası.

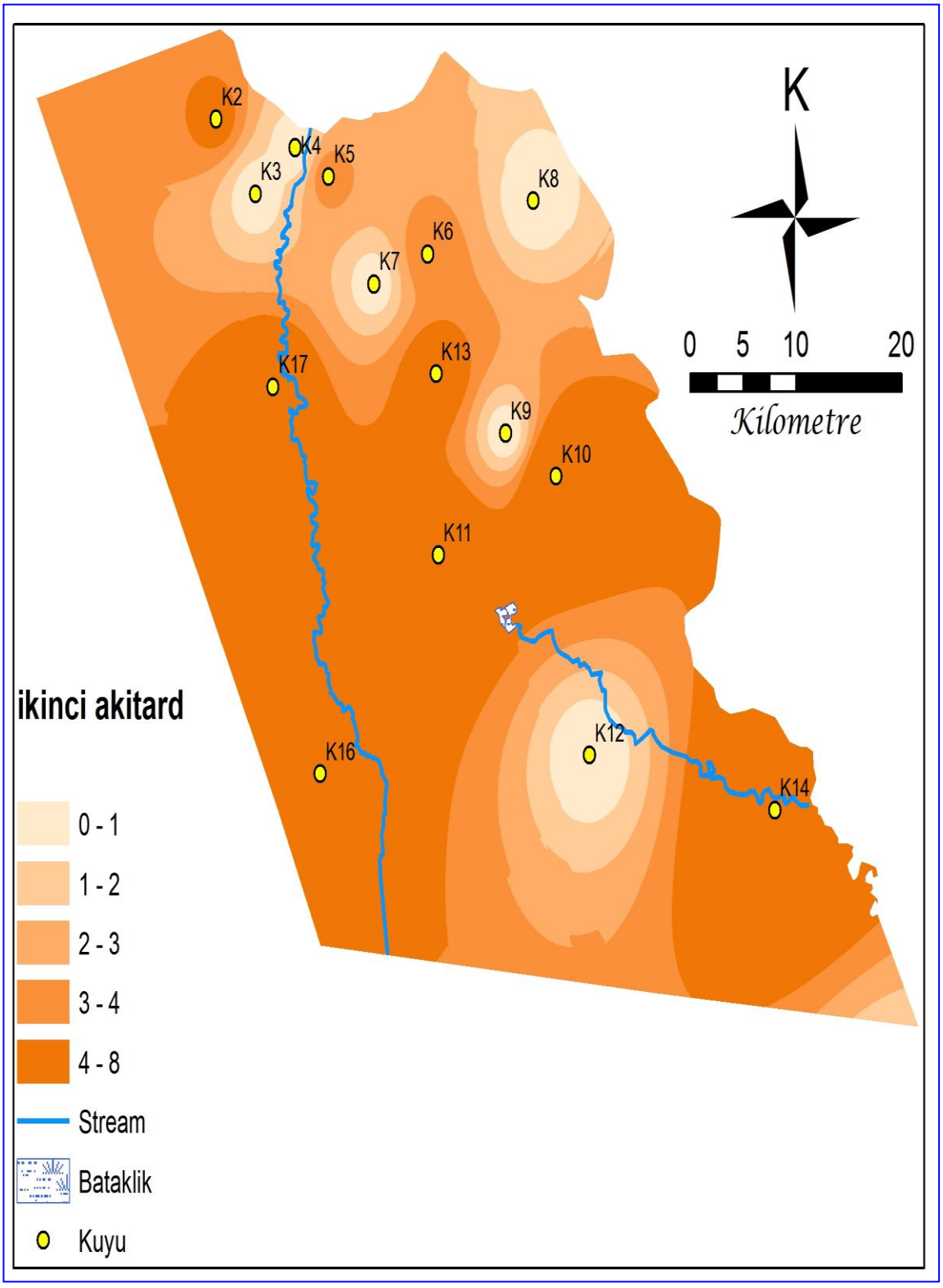


Şekil .4.12. Al-Zubidat bölgesindeki artezyen kuyusu

İki akitard sistemi alüvyon, alüvyonlu kil ve az miktarda kumdan oluşur. Üstteki sistem sığ ve ana akiferi birbirinden ayırır. Bu sınırlı bölgenin minimum ve maksimum kalınlığı ayrı ayrı 0 ve 30 metre olup, coğrafik dağılımı Şekil 3.13'de gösterilmiştir. İkinci akitard ana akiferi artezyen akiferinden ayırır. Bu birimin minimum ve maksimum kalınlığı ayrı ayrı 0 ve 8 metredir. Sıfır değeri, ana ve artezyen akiferlerinin bu kuyu noktası konumunda birbirine bağlı olduğunu ifade eder. Bu birimin kalınlığının alansal dağılımı Şekil 4.14'de gösterilmiştir. Bu birimin kalınlığı kuzeydoğudan güneybatıya doğru artar. Bu sınırlı bölgelerin hidrolik karakteristikleri hakkında bir bilgi yoktur ve bu sınırlı bölge boyunca akifer birimleri arasındaki hidrolik bağlantıya karşı bir kanıt mevcut değildir.



Şekil 4.13. Birinci akitard kalınlığının alansal dağılımı



Şekil 4.14. İkinci akitard kalınlığının alansal dağılımı

4.4.2. Hidrolik özellikler

Akiferlerin hidrolik karakteristikleri yeraltısuyu akışı, kirliliğin analizi ve biçimlendirilmesi için önemlidir. Önemli akifer karakteristikleri:

4.4.2.1. Hidrolik iletkenlik (Permeabilite)

Hidrolik iletkenlik *(K)* damarlı bitkiler, toprak ve kayaya özgü bir özelliktir ve gözenekler ve çatlaklarda suyun ilerleyebilmesinin kolaylığını ifade eder. Malzemenin esas geçirgenliğine ve doygunluk derecesine göre değişir. Doyum noktasına ulaşmış hidrolik iletkenlik, $K_{sat,,}$ doymuş madde boyunca suyun ilerleyişini ifade eder. Genel olarak, hidrolik iletkenlik iki geniş kategoriye ayrılır: Boşlukların ve tanelerin boyutunun dağılımı, toprak dokusu gibi toprak özellikleriyle ilintili olan hidrolik iletkenliğe ***Gözlemsel (Empirical)*** yaklaşım, Darcy yasasına dayanan hidrolik deneylerle belirlenen hidrolik iletkenliğe ***Deneysel (Experimental)*** yaklaşım adı verilir.

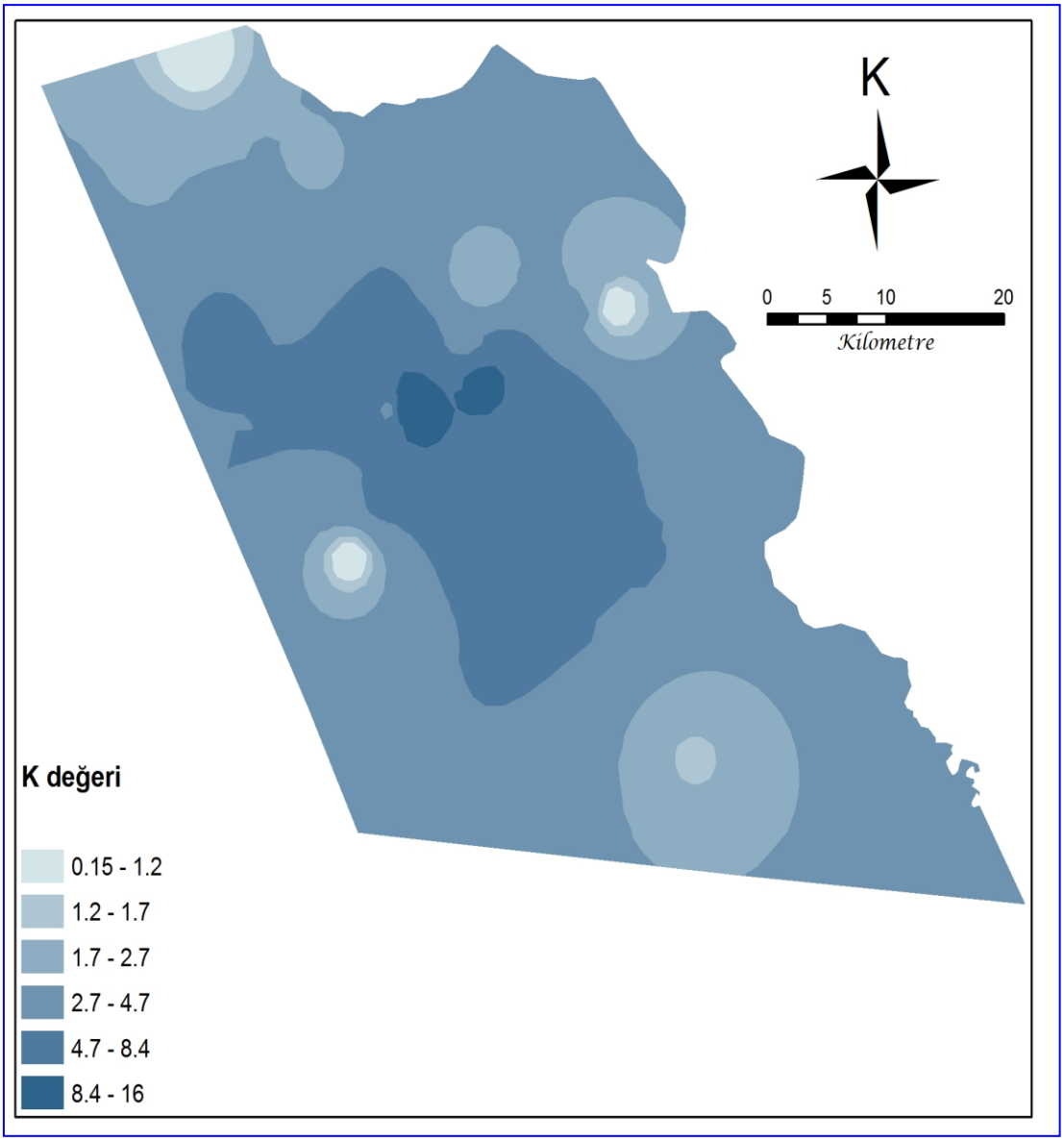
Çalışma alanındaki akiferlerin hidrolik iletkenlik değerleri daha önce çalışan Al-Jaburi, (2005) ve Lazim, (2002) araştırılardan elde edilmiştir. Hangi metodun (gözlemsel veya deneysel) kullanıldığı konusunda bilgi verilmemiştir. Çalışma alanındaki Kuvaterner ve Tersiyer akiferleri Çizelge 4.7'de gösterilmiştir. Kuvaterner bölgedeki hidrolik iletkenlik değerleri Tersiyerden (BaiHassan-Mukdadiya formasyonu) daha azdır. Bunun nedeni Tersiyer'in akiferleri çakıl ve kumden oluşuken, Kuvaterner'in ana akiferinin iletkenliği önemli ölçüde azaltan silt ve kil içeren çakıllı kumdan oluşmayı olabilir. Çalışma alanındaki hidrolik iletkenliğin mekânsal dağılımı Lazim (2002)'nin çalışma alanının orta ve kuzey bölgesine dağıtmış olduğu 14 noktadan verilen değerlerle görülebilir (Şekil 4.15). Bu parametrelerin istatistik özeti Çizelge 4.8'de gösterilmiştir. Genel olarak, bu parametre değerleri Kuvaterner ve Tersiyer formasyonlarının yapısındaki maddelerin doğası gereği güneyden kuzeye doğru artar.

Çizelge 4.7. Çalışma alanındaki sedimanlar'da için hidrolik iletkenlik ve Transmisivite (Al- Jaburi 2005'den alınmıştır)

Sediment tipi	Hidrolik iletkenlik (m/gün)	Transmisivite (m^2/gün)
Kuvaterner	0.5 – 15.5	12 – 290
Tersiyer	2 – 25	400 – 500

Çizelge 4.8. Çalışma alanındaki ana akifer'de hidrolik iletkenlik ve geçirgenlik

Akifer	Hidrolik iletkenlik (m/gün)			Transmisivite (m^2/gün)		
	Min.	Max.	Ortalama	Min.	Max.	Ortalama
Ana	0.15	15.5	4.21	0	322	125



Şekil 4.15. Çalışma alanındaki hidrolik iletkenliğinin dağılımının (m/gün) haritası.

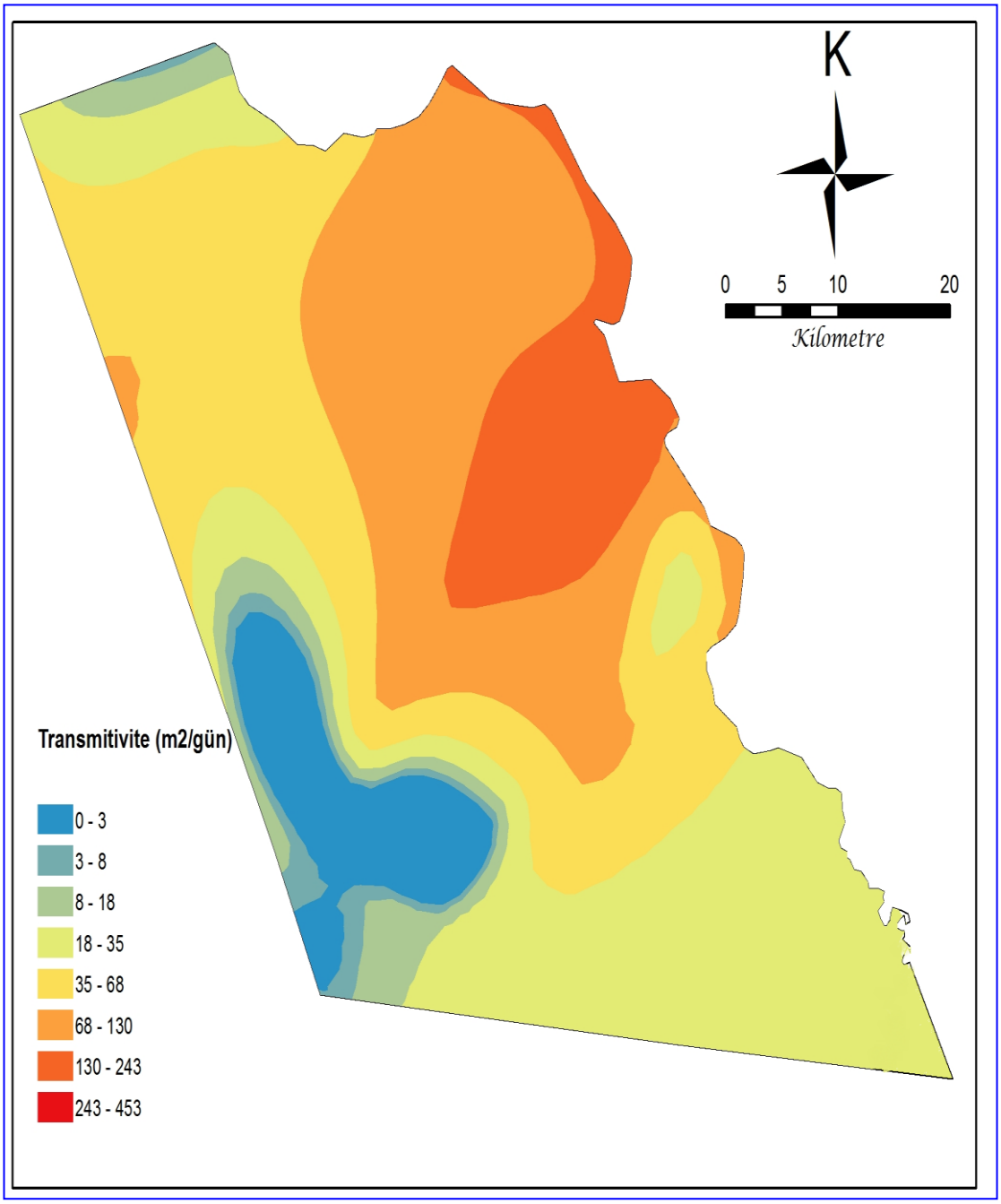
4.4.2.2. İletimlilik (Transmisivite)

İletimlilik (T) terimi yeraltı suyu hidroliğinde yaygın kullanılan bir terimdir. Hidrolik eğim altındaki akiferin genişliği yoluyla iletilen su oranı olarak tanımlanır. Şu şekilde gösterilir:

$$T = kb \quad \text{.....(4-1)}$$

K hidrolik iletkenliği, b ise akiferin kalınlığını ifade eder.

Bu parametre değerlerini almak için ArcGIS mekânsal analist eklentisindeki hücresel tabaka hesaplayıcısı kullanılarak (Şekil 4.16) hidrolik iletkenliğin hücresel bir tabakası (Şekil 4.15) ana akiferin kalınlığı raster katman ile çarpılır. Bu parametre değerleri de güney ve güneybatıdan kuzeydoğuya doğru artar. Ayrıca akiferin Tersiyer bölümünün Kuvaterner bölümünden daha önemli olduğu anlamına da gelir.



Şekil 4.16. Çalışma alanındaki transmitivite dağılımının haritası

4.4.2.3. *Depolama Katsayısı (S)*

Serbest akiferlerde depolama katsayısı, yer çekimine tabi olarak birim miktardaki bir basınç düşmesi altında alçalma konisini terk eden su miktarıdır (Canik, 2007). Serbest akiferlerde S, akiferin özgül verimi ile aynıdır.

Basınçlı akiferlerde S, pompaj etkisiyle su yükünün (basınç) azalması sonucunda akiferde hapsedilmiş olan suyun boşalmasının bir ifadesidir. Su yükündeki birim değişmeye karşılık birim akifer deposuna giren veya çıkan suyun hacmini ifade eder. Depolama katsayısı boyutsuz bir değerdir. S değeri, serbest akiferler için 0.0l ile 0.3 basınçlı akiferlerde ise $0.00005<S<0.005$ arasında değişir (Todd ve Mays, 2006). S değerinin tespit edilmesinin en iyi yolu gözlem kuyulu pompa deneyleridir.

Çalışma alanındaki akifer testlerinden yeterli veri alınamaması, ana akiferin özgül verimi ve depolama katsayısı konusundaki bilgileri sınırlamıştır. Bu yüzden bu parametreyi ve mekânsal dağılımını daha iyi hesaplayabilmek için çalışma alanında birkaç pompa testi yapılmalıdır. Çünkü bu yeraltı su rezervinin değerlendirilmesi ve akifer sisteminin uzun soluklu kullanımı için çok önemlidir.

4.4.3.Yeraltı suyu akış sistemi

Yeraltı suyu oldukça yavaş ilerliyor olsa da (ortalama yatay hız yılda yüz metre, ortalama dikey hız yılda bir metredir), bu hızlar akışın gerçekleştiği alan ile çarpıldığında ortaya çıkan su miktarı önemli ölçüdedir (Rushton, 2003). Genelde, akifer içindeki yeraltı suyu hızını ölçmek pek olası değildir. Ancak, alan içinde gözlem kuyuları inşa edilerek bu kuyuların içindeki su seviyesini tespit etmek mümkündür. Bu kuyulardan elde edilen su seviyesi ölçümleri, bir akifer sisteminin hidrolik yarıçapının üç boyutlu dağılım resmini oluşturur. Su her zaman düşük hidrolik yüklere (düşük seviyelere) doğru aktığı için, yatay akış yönü bu yüklerden hazırlanmış haritalarla anlaşılabilir. Bunun yanı sıra, düşük hidrolik yük alanları genelde yeraltı suyu boşalım alanları olarak bilinirken, yüksek hidrolik yük alanları da yeraltı suyu beslenme alanları olarak yorumlanabilir.

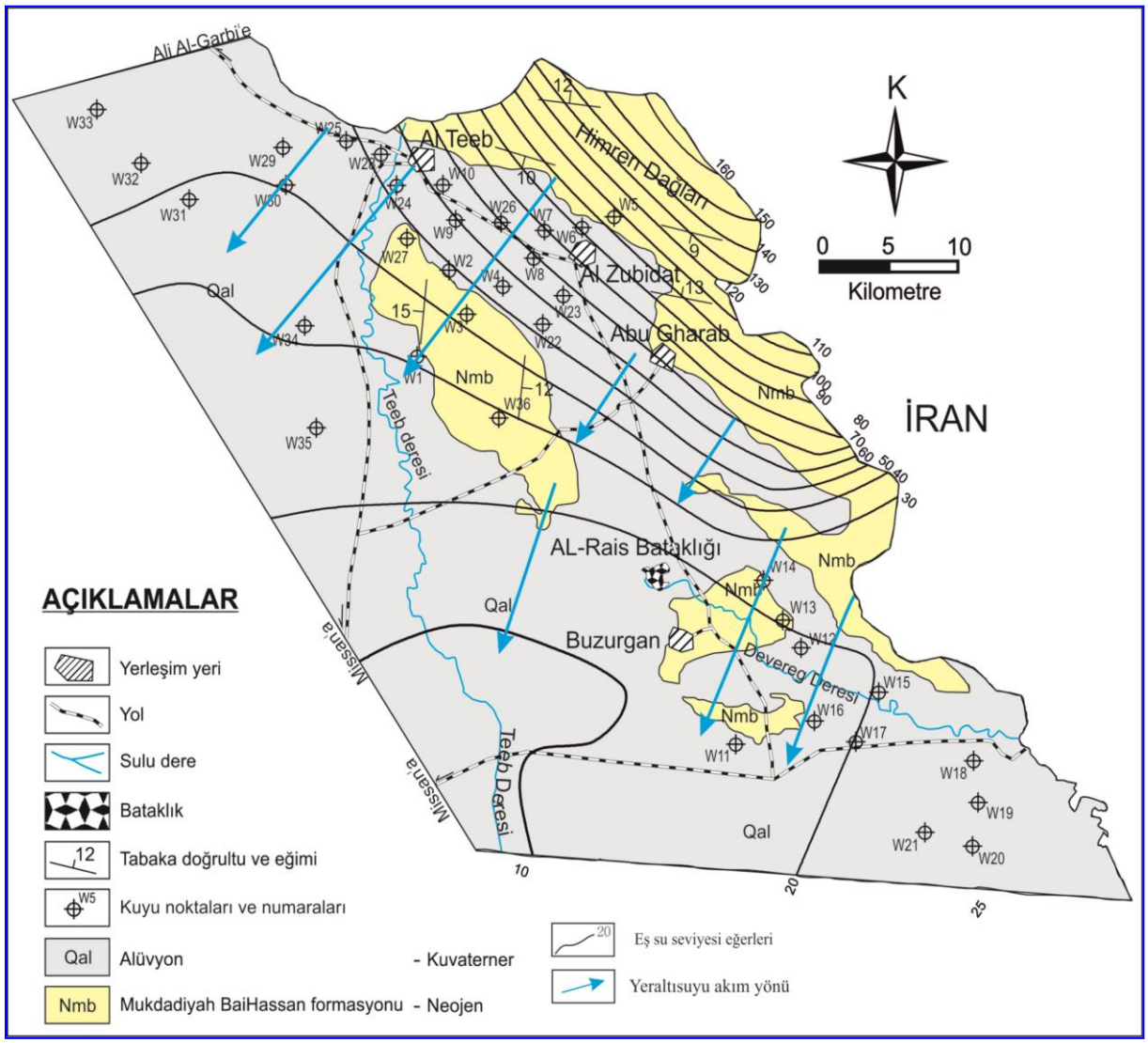
Çalışma alanında gözlem kuyuları mevcut olmadığı için, ondört kuyunun arşivsel hidrolik rakımları aynı ana akiferde gösterilmiştir ve ana akifer için hidrolik rakımı haritası oluşturulabilmek için çalışma alanına eşit olarak dağıtılmıştır, (Çizelge 4.9) ve (Şekil 4.17). Çalışma alanındaki hidrolik yarıçapların ara değerini hesaplamak için ArcGIS 10 yazılımının coğrafi-istatistik eklentisindeki verileri birleştirme tekniği kullanılmıştır. Haritada da görüldüğü gibi kuzeydoğudan güneybatıya doğrulan akış yönü, topografik yükselti yönüyle

benzerlik gösterir. Çalışma alanının güney ve güneydoğu bölgeleri boşalım alanını, kuzey ve kuzeydoğu bölgeleri beslenme alanını tanımlar.

Çalışma alanındaki yeraltı suyu sevesinin haritası (Şekil 4.17) gösterilmiştir. Bu harita yeraltı suyu yarıçapının raster haritasından yüzey yüksekliğinin raster haritasının çıkarılmasıyla oluşturulmuştur (Şekil 4.17). Genelde, yeraltı sularının seviyesi fazla derin değildir, çalışma alanının çoğunun derinliği 5 metre ile 50 metre arasındadır. Sadece çok az bir kısmı 15 metreden daha derindir.

Çizelge 4.9. Ana akifer yeraltı su derinliği (yarı-basınçlı)

Kuyu No.	(X) DOĞRUSAL	(Y) KUZEYSEL	YAS derinlik (m)
w1	707217.24	3578506.47	44
w2	710837.79	3582803.12	44
w5	725876.81	3588081	139
w7	715908.59	3584710.78	54
w12	736705.07	3554668.99	15
w14	748703.82	3549342.15	25
w22	718307.24	3577612.64	42
w23	726250	3583507	121
w24	706569.05	3589615.43	43
w25	703392.07	3591451.59	46
w30	699667.61	3588508	45
w34	701325.74	3576251.78	28
w35	705750.24	3551641.88	10
w36	716906.03	3565576	9



Şekil 4.17. Yeraltı suları seviyesi ve ana akifere göre yönleri

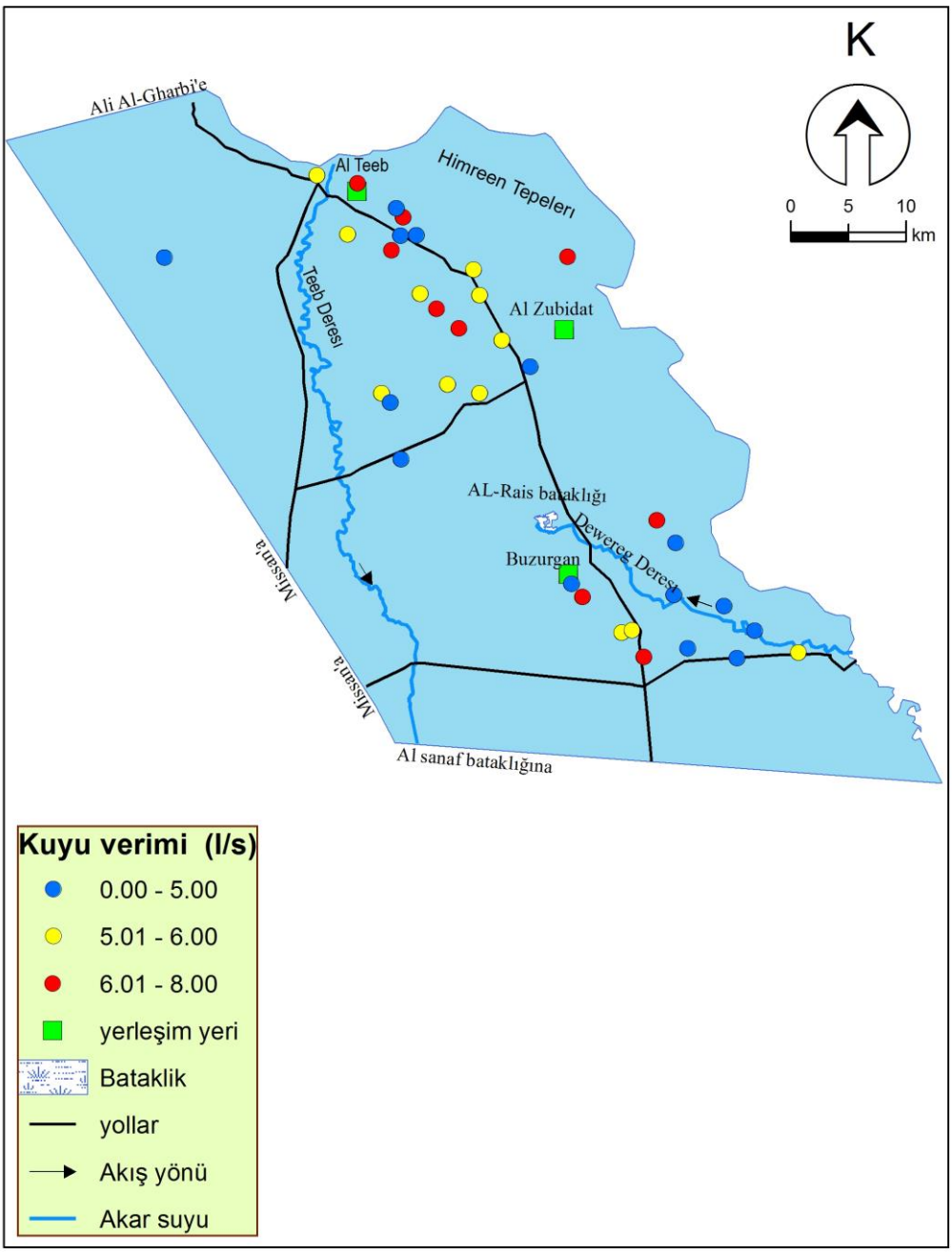
4.4.4. Tez sahasındaki sondaj kuyularının özellikleri ve verimleri

Yeraltı Suları Genel Komisyonu, çalışma alanı olan Missan ve çevresindeki üretim kuyuları için bir kuyu envanteri planı uygulamıştır. Bu plan, her delinmiş kuyunun bilgilerini içeren kağıtların tamamlanması vasıtasıyla gerçekleşmiştir. Bu kağıtlar kuyu koordinatları, toplam derinlik, kuyu çapı, boru uzunlukları, kuyunun durumu (çalışır durumda veya kapalı), tulumba tipi ve kapasitesi, yeraltı suyuna olan derinlik, kuyu boşalımı gibi kuyu hakkındaki gerekli bilgileri ve bazen elektriksel iletkenlik, pH ve ısı gibi bazı kimyasalların ölçümü hakkındaki bilgileri içerir. Kuyu envanterinin sonuçları Teeb ve Dewereg akarsuları arasında bulunan alandaki toplam verimli kuyu sayısının 36'ya ulaştığını ortaya koymuştur. Yıllık kuyu ayrımının hesaplanması için çalışan kuyuların 6 ℓ/s'lik debi değeri ortalama değer olarak alınır ve boşaltım birimlerini ℓ/s'den m^3/yıl değerine dönüştürebilmek için 31104

dönüştürme çarpanıyla çarpılır. Sonra, alandaki toplam boşalımı hesaplamak için bu sonuç 36 kuyuyla çarpılır ve (1244160) (m^3/yıl) sonucu elde edilir. Şekil 4.18'de bu kuyuların boşalımı oranlarıyla birlikte konumları gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. Çalışır durumdaki kuyuların konumları ve debileri

Kuyu No.	Easting	Northing	**Debi (m^3/s)**
W1	729893.58	3552068.82	6
W2	725541.80	3556279.65	5
W3	709019.82	3572827.64	6
W4	710728.10	3567107.02	5
W5	726530.12	3555121.33	6.5
W6	731849.16	3549958.99	7
W7	690192.86	3584631.90	5
W8	710673.82	3586494.46	5
W9	712388.18	3581449.08	6
W10	721944.66	3575121.88	5
W11	714760.68	3573585.94	6
W12	700345.37	3595623.71	6
W13	730776.70	3552233.66	5.5
W14	709960.37	3585228.45	7
W15	732995.46	3561767.20	7
W16	709777.71	3572008.29	4
W17	715785.37	3578430.45	8
W18	710941.31	3588074.73	7
W19	713880.81	3580140.19	7
W20	716990.97	3583562.59	6
W21	706067.18	3586627.01	6
W22	703425.01	3591746.81	6
W23	739874.90	3549849.01	5
W24	735616.80	3550686.51	5
W25	738774.65	3554344.46	5
W26	741433.08	3552209.71	4
W27	745212.72	3550321.34	6
W28	734397.27	3555321.28	5
W29	719452.58	3577412.53	6
W30	725223.57	3584652.60	7
W31	712034.31	3586572.37	5
W32	734581.05	3559855.96	5
W33	706990.89	3591024.72	7
W34	717522.92	3572840.76	6
W35	717546.30	3581343.46	6
W36	710314.97	3588899.77	5



Şekil 4.18. Çalışma alanındaki işletme kuyularının dağılımı

4.5. Hidrokimya ve Hidrojeokimya

4.5.1. Giriş

Hızlı nüfus artışı, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler gibi etkenler suya olan gereksinimi artırmakta ve bu durum ise mevcut su kaynaklarının daha dikkatli kullanılması ve kirlenmeye karşı gerekli tedbirlerin bir an önce alınmasını gerektirmektedir. Artan ihtiyacın karşılanabileceği tek potansiyel, doğal su kaynaklarıdır. Alınacak basit tedbirlerle su kaynaklarımızın kirlenmesi ve tükenmesi önlenebilir. Su kaynaklarının kalitesinin izlenmesi bu anlamda büyük önem taşımaktadır. Yeraltı ve yüzey sularının kalitesi (fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik özellikleri) suların içme, kullanma ve sulamaya uygunluğunun belirlenmesinde, kalitesinin korunmasında en önemli kriterlerdir (Harter, 2003).

İnceleme alanında bulunan yağmur, yeraltı ve yüzey sularının hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenebilmesi için arazi çalışmalarında 2011 yılı Mayıs ve Aralık aylarında olmak üzere toplam 45 adet su örneği alınmıştır. Bunlardan 3 tanesi yağmur suyu örneği, 36 tanesi yeraltı suyu, 6 tanesi ise Dewereg ve Teeb Akarsulardan alınan örnekledir. Bu örneklerden yapılan analizlerin sonuçlarının değerlendirmeleri ilerleyen bölümlerde verilecektir.

4.5.2. Kimyasal analiz sonuçlarının doğruluğu (kesinliği)

Doğruluk; analiz sonucunun gerçek değere ne kadar yakın olduğunun, hassas ölçümlerin birbirine ne ölçüde yakın olduğunun ifadesidir. İyonların analizlerinin doğruluğu veya oran farkı elektro nötraliteyi kullanarak hesaplanabilir. Bu, katyon ve anyon toplamı arasındaki fark olarak tanımlanan mek/ℓ cinsinden ifade edilmektedir (Hem, 1985). Analiz sonuçlarının değerlendirmelerinden önce her bir numunenin aşağıdaki formüle göre iyon dengesi kontrol edilmiştir.

$$R.D.\% = (rc-ra)/(rc+ra)* 100 \quad (4.5)$$

R.D %: Elektronötralite veya bağıl fark oranı
rc: Toplam katyon (mek/ℓ)
ra: Toplam anyon (mek/ℓ)

Burada katyon ve anyon konsantrasyonları mek/ℓ 'dir. Sular elektriksel açıdan nötr olduklarından dolayı anyon ve katyon toplamları eşit olmalıdır. Fakat iyonların kimyasal analizlerinde yapılan hatalardan dolayı çoğu zaman bu eşitlik sağlanamaz. Su analizinin doğru

sayılabilmesi için R.D değerinin %5'den küçük olması istenmektedir. Analiz yapılırken ortaya çıkan hatalar dışındaki %5'ten yüksek hata suda analiz edilmemiş iyon türlerinden bazılarının yüksek derişimde olabileceği şeklinde yorumlanmalıdır (Ford ve Williams, 2007). Çalışma kapsamında toplam 45 adet su örneği alınmış, ancak bunlardan 5 adet yeraltı su örneğinden tez kapsamında yararlanılmamıştır.

4.5.3. Yüzey suyu

4.5.3.1. Genel özellikleri

Çalışma alanında Teeb ve Dewereg akarsuların kimyasal analiz sonuçları ve arazide yerinde yapılan ölçümlerle ilgili diyagramlar çizilmiş ve yorumları yapılmaya çalışılmıştır. Analiz sonuçlarına göre suların fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir (Çizelge4.12). Çalışma alanından alınan örneklerin analizlerinden elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir. İçme sularının özelliklerinin saptanması, iklim koşullarına ve su potansiyeline bağlı olarak ülkeden ülkeye değişmektedir. Bu çalışmada inceleme alanındaki su kaynaklarına ait analiz sonuçları, Irak Standartları (IQS, 2009), Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO, 2008) ve içme ve kullanma suyu yönetmelik standart değerleri ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.13).

-Hidrojen iyon aktivitesi (pH) suyun en önemli kalite parametrelerinden biridir (WHO, 2006). Bu asit ve suyun alkalinitesi için bir göstergedir. Araştırma yapılan kaynaklarda pH değerinin 7.1 ile 7.54 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Bu değerler IQS ve WHO standartlarına uygundur. Teeb akarsuyu değerleri Dewereg akarsuyu değerlerine göre biraz daha yüksektir.

-Elektriksel İletkenlik (EC): Tuzluluk oranına bağlı bir ölçüdür ve sıcaklığa bağlı olarak değişir (Hem, 1985). İnceleme alanında Teeb ve Dewereg akarsularından alınan örneklerin EC değeri sırasıyla 6150-7210, 7690- 13320 µS/cm arasında değişmektedir (Çizelge 4.12). Teeb deresi ve Dewereg deresi debisinden daha yüksek olması nedeniyle seyrelme oluştuğundan EC değerlerinin daha düşük olduğu tahmin edilmiştir.

Çizelge 4.12. Çalışma alanından alınan yüzey suların fizikokimiyasal analiz sonuçları (Aralık, 2011)

Örnek No	pH	EC	T.D.S	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^{+}	K^{+}	Cl^{-}	SO_4^{-}	HCO_3^{-}	NO_3^{-}	R.D
		(µS/cm)	(mg/l)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	%
DS1	7.1	6150	3013	600	209	958	10	1200	2571	173	0.3	0.65
DS2	7.2	6188	3020	707	213	978	11	1628	2063	153	0.7	2.26
DS3	7.4	7210	5057	671	245	1111	15	1416	3063	172	0.8	2.03
Ort.	7.2	6516	3697	659	222	1016	12	1415	2566	166	0.6	-
Min.	7.13	6150	3013	599.7	213	958	10.3	1416	2063-	153	0.3	-
Max.	7.4	7210	5057	707	245	1110.9	14.3	1699.5	3063	173	0.7	-
SS	0.1	491	962	45	16	68	2	175	408	9	0.2	-
TS1	7.6	7690	5421	850	146	1172	23	1420	2666	163	1.1	3.76
TS2	7.7	8790	6210	826	182	1260	22	1584	2742	136	1.0	3.49
TS3	7.6	13320	9335	836	312	1611	28	1849	3676	133	1.7	2.68
Ort.	7.6	9933	6989	837	213	1348	24	1618	3028	144	1.2	-
Min.	7.6	7690	5421	826	146	1172-	22	1420	2666	133	1	-
Max.	7.7	13320	9335	850	312	1611	28	1849	3676	163	1.7	-
SS	0.0	2436	1690	10	71	190	3	177	459	14	0.3	-

DS: Dewerege deresi

TS: Teeb deresi

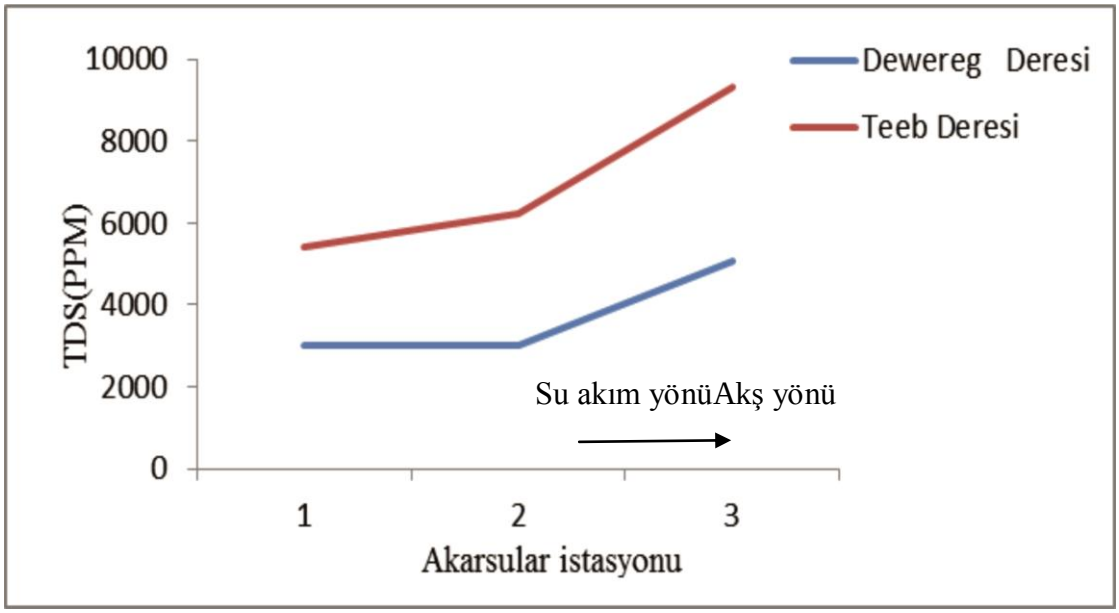
-**Toplam Çözünmüş Madde Miktarı (TDS)** İnorganik tuzlar ve organik maddeler ile kentsel, tarımsal ve endüstriyel atık sularının miktarlarını içerir. İnsanların tüketimi için yüzey sularının EC ve TDS değerleri IQS ve WHO Standartlarına göre uygun değildir. TDS konsantrasyonu akış yönünde artmaktadır (Şekil 4.19).

4.5.3.2. Majör İyonlar

İnceleme alanındaki Teeb Deresinde ve Dewereg Deresinde ölçülen majör iyonların değerleri Çizelge 4.14'de verilmiştir. Ca^{+2}, Na^{+}, K^{+} ve SO_4^{-2} iyonlarının ortalama konsantrasyonu, Dewereg deresi ile karşılaştırıldığında Teeb dersinden daha yüksek olduğu, HCO_3 konsantrasyonlarının ise Dewereg deresinden yüksek olduğu bulunmuştur.

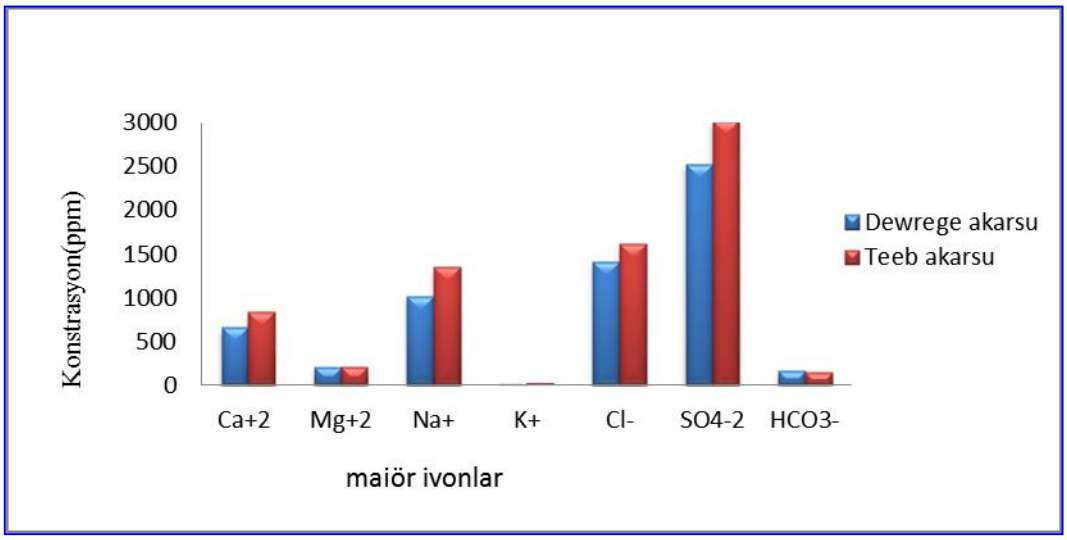
Çizelge 4.13. Çalışma alanındaki yüzey suyu örneklerinin IQS (Irak), 2009 ve WHO, 2008 içme suyu standartlarının birbirlerine göre karşılaştırılması (2011)

Birim	Parametreler	Teeb Deresi			Dewereg Dersi			IQS, 2009	WHO, 2008
		Ortalama	Aralığı	S.S	Ortalama	Aralığı	S.S		
	pH	7.6	7.6-7.7	0.0	7.2	7.13-7.4	0.1	6.5-8.5	6.5-8.5
µS/cm	Elektriksel İletkenlik	9933.3	7690-13320	2436.5	6516.0	6150-7210	491.0	-	-
mg/ℓ	TDS	6988.7	5421-9335	1690.1	3696.7	3013-5057	961.9	1000	1000
mg/ℓ	Kalsiyum	837.2	826-850	9.6	659.2	599.7-707	44.6	150.0	100.0
mg/ℓ	Magnezyum	213.3	146-312	71.3	222.3	213-245	16.1	100.0	125.0
mg/ℓ	Sodyum	1348.0	1172-1611	189.7	1015.8	958-1112	67.7	200.0	200.0
mg/ℓ	Potasyum	24.0	22-28	2.6	12.1	10.3-14.3	1.9	-	12.0
mg/ℓ	Klorür	1617.6	1420-1849	176.9	1414.5	1416-1699	174.9	350.0	250.0
mg/ℓ	Sülfat	3028.0	2666-3676	459.3	2565.7	2063-3063	408.3	400.0	250.0
mg/ℓ	Bikarbonat	144.1	133-163	13.7	166.0	153-173	9.2	-	-
mg/ℓ	Nitrat	1.2	1-1.7	0.3	0.6	0.3-0.7	0.2	50.0	50.0



Şekil 4.19. İnceleme alanındaki akarsularda bulunan TDS değerlerinin istasyonlara göre değişimi; Teeb deresi ve Dewereg deresi

Teeb ve Dewereg derelerinde, katyonların ortalama konsantrasyonları, Na^{+}> Ca^{+2} > Mg^{+2} > K^{+}, anyonların konsantrasyonları ise SO_4^{-2} > Cl^{-} >HCO^{-3} şeklinde olup Na^{+} ve $SO4^{-2}$ konsantrasyonunun yüksek olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.20). Hemen hemen bütün iyonların limit değerleri WHO ve IQS standarlarını aşmaktadır. Bu nedenle çalışma alanında bulunan derelerin suları, içilemez su niteliği taşımaktadır.



Şekil 4.20. Dewereg ve Teeb akarsularının önemli iyonlarının konsantrasyonu (mg/ℓ).

4.5.4. Yeraltı Suyu

4.5.4.1 Genel özellikler ve ana (majör) iyonlar

Yeraltı suyunun hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemek için kurak özelliğe sahip çalışma alanından alınan ve benzer kimyasal özelliklerine göre 31 adet sondaj kuyusu ve 5 adet derin artezyen kuyusuna ait toplam 36 adet su örneği seçilmiştir. Bunlara ait tüm katyon ve iz element analizleri Inductivety Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS Enhanced) ile Kanada ACME laboratuvarında yaptırılmış, anyonlar ise Basra Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Bölümü Hidrojeoloji laboratuvarında yapılmıştır. Elde edilen fizikokimyasal tahlil sonuçları kullanılarak sular, hidrojeokimyasal açıdan yorumlanmıştır. Çalışma alanındaki ölçülen parametrelerin sonuçları yağışlı ve kurak dönem olarak Çizelge 4.14, 4.15'de ve EK 1'de gösterilmiştir.

- **Hidrojen iyon aktivitesi (pH):** Kuyu sularının yağışlı ve kurak dönem pH değerleri yaklaşık 7.1-8.0 aralığında değişmektedir. Kurak dönemde pH değeri 6.9-7.6 aralığında değişmektedir. Yağışlı dönemde en yüksek pH değeri W15 nolu örnekte 8,0 ve en düşük pH

değeri W8 nolu örnekte 7,1'dir. Genel olarak, incelenen örnekler arasında pH değerleri hafif alkalin ve kullanıma izin verilen sınırlar içindedir (W5 ve W6) (Çizelge 4.14).

- **Elektriksel İletkenlik (EC)**, sudaki çözünmüş iyon miktarı ile doğru orantılı olarak değişir (Hem, 1985). Çalışma alanı yeraltı suyu kuyularında mevsimlik olarak 2 dönem gözlenen tuzluluk (EC) ve TDS konsantrasyonlarının jeoistatistik yöntem ile alansal dağılım haritaları üretilmiştir. Şekil 4.22'de haritanın mor ve mavi alanlarının elektriksel iletkenlik (EC) değeri diğer alanlara oranla daha azdır; kırmızı alan ise EC değerinin en yüksek olarak gözlendiği alandır.

Genel olarak çalışma alanının, EC (µS/cm) ve TDS (Toplam çözünmüş madde miktarı) değerleri çalışma alanının güneyinde, Bazurgan yakınlarında ve batıya doğru artmaktadır. Çalışma alanının kuzeyi ve doğusundaki, Himreen tepelerine doğru gidildikçe TDS ve EC değerlerinin genelde daha düşük olduğu anlaşılmaktadır. Kurak ve yağışlı dönem örnekleri arasında en yüksek EC değerleri sırasıyla 12330 µS/cm ve 16230µS/cm olup, bu değerler W35 no'lu örneğe aittir. Kurak ve yağışlı dönemlerde yeraltı sularından alınan örnekler arasında en düşük EC değeri sırasıyla 930.0 µS/cm (W5 no'lu örnek, kurak dönem) ve 1152 µS/cm (W5 no'lu örnek, yağışlı dönem) 'dir. Çalışma alanının kuzey kısımlarında düşük EC değerleri dikkat çekmektedir. Bu durum, yeraltı suyu tablasının derin olduğu bölgelerde (artezyen kuyuları) yağışların etkisiyle yeraltı suyu tuzluluğunun seyrelmesi ve böylece EC değerlerinin düşmesi şeklinde yorumlanmaktadır. Ayrıca, çalışma alanının güney kısımlarında, sürekli pompalama nedeniyle EC değerlerinin yükseldiği ve aynı zamanda farklı bölgelerde farklı kalitede yeraltı suyunu oluştu görülmektedir (Yiklin ve ark., 2010). Yüksek EC aynı zamanda yüksek tuzluluk ve yüksek iyonize şeklinde çözünmüş inorganik maddelerin yüksek miktarda varlığına bağlanabilir (Patil ve Patil, 2010). Şekil 4.21'te, iki çalışma dönemi için toplam çözünmüş madde miktarı ve elektriksel İletkenliğin zamana göre değişimi görülmektedir. Görüldüğü gibi, iki parametre arasında güçlü bir ilişki vardır.

Genel olarak baskın anyonlar SO_4^{-2} ve Cl^-, katyonlar ise Ca^{+2}, Na^+ ve Mg^{+2}'dir. Eğimi en az olan bölgelere, düzlük alanlara yani batıya doğru gidildikçe TDS'nin artmasına (>530 mg/ℓ) bağlı olarak Na^+, Cl^-, ve SO_4^{-2} oranında artış göstermektedir (Çizelgeler 4.14, 4.15; Şekiller 4.22, 4.23, 4.24, 4.25 ,4.27, 4.28, 4.29 ve 4.30).

Çizelge 4.14.Çalışma alanından alınan yeraltı suların fizikokimiyasal analiz sonuçları (Mays-2011)

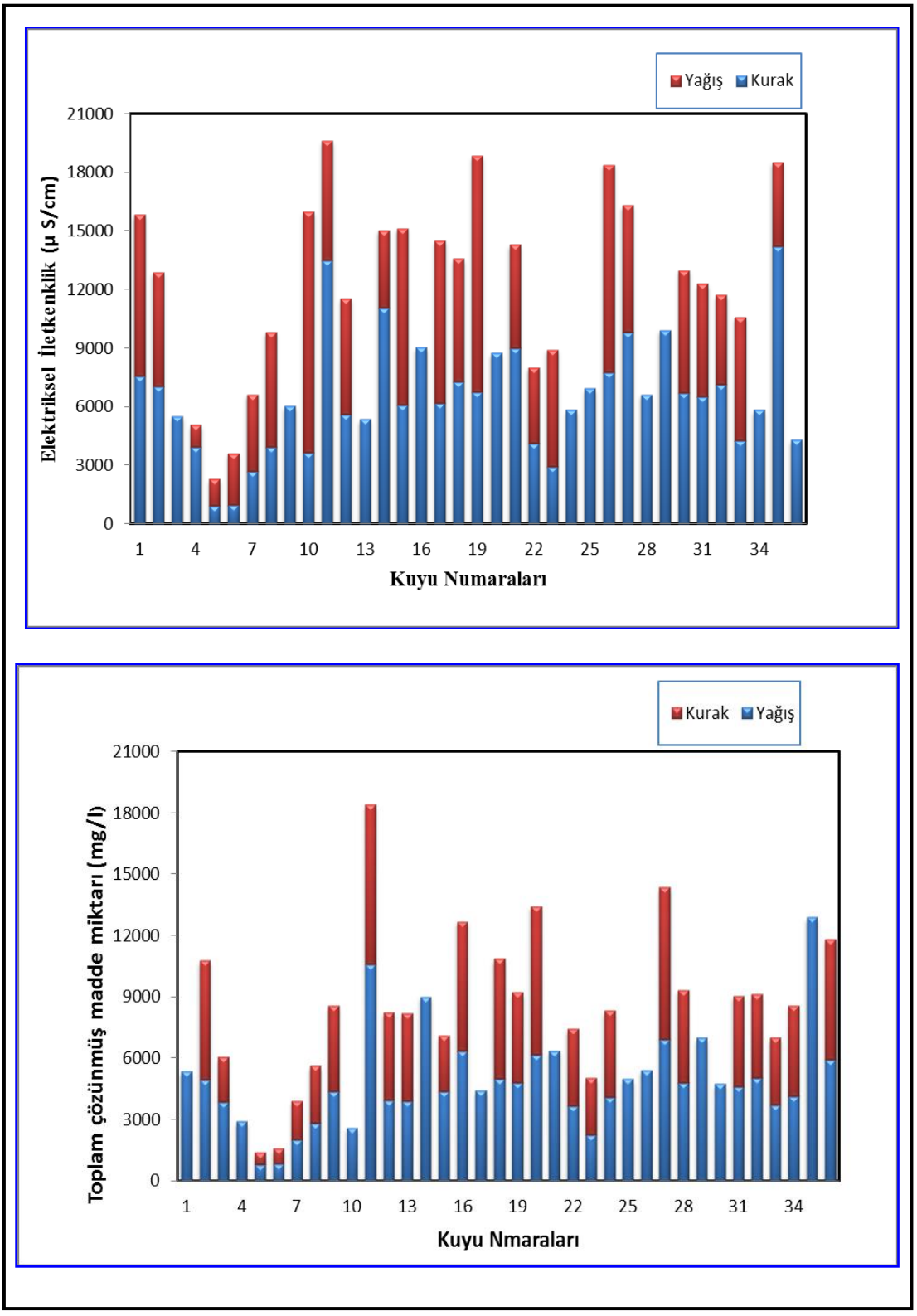
Örnek No	Kot (m)	pH	EC	TDS	K^{+}	Na+	Mg^{+2}	Ca^{+2}	Cl^{-}	$SO4^{-2}$	HCO_3^{-}	NO_3^{-}	R,D
			(µS/cm)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	%
w1	56,0	7,1	7580	5351	19,4	872,8	124,8	609,6	780	1679	566	2,0	3,3
w2	57,0	7,2	7030	4949	24,9	1239,0	183,0	670,5	693	1511	508	4,0	3,8
w3	56,5	7,2	5500	3870	6,0	340,0	121,0	213,0	530	861	453	2,0	-0,1
w4	50,0	7,6	3910	2902	162,0	419,0	124,0	274,0	587	1069	247	3,0	4,0
w5	100,0	7,7	930	800	1,5	149,0	29,0	54,0	189	231	69	2,0	1,4
w6	86,0	7,6	973	820	1,3	84,4	37,6	80,6	191	233	68	1,1	-2,1
w7	75,0	7,4	2670	2008	5,6	675,2	172,2	312,9	365	513	266	3,5	3,9
w8	74,5	7,1	3950	2828	3,4	505,0	95,6	193,5	665	1213	489	3,0	-3,9
w9	55,0	7,2	6020	4353	7,4	539,5	302,4	736,5	701	1830	509	2.0	4.5
w10	74.0	7.2	3660	2592	10.0	212.0	141.0	254.0	540	791	201	6.5	-1.7
w11	12.0	7.3	13500	10600	139.0	1149.0	411.0	709.0	1930	2735	480	6.0	1.8
w12	16.0	7.4	5580	3921	113.0	739.0	229.0	361.0	990	1019	246	2.0	0.6
w13	13.0	7.7	5360	3890	98.0	568.0	160,0	334.0	681	1415	490	3,0	0.8
w14	17.0	7.2	11030	9000	75,0	1149.0	335.0	621.0	1595	2250	1095	14,5	4,3
w15	28,0	7,3	6100	4360	39,0	579,0	139,0	340,0	679	1479	402	6,0	-1,5
w16	24,0	7,1	9030	6329	12,1	1231,0	313,7	628,1	941	1575	535	6,0	4,1
w17	24,0	7,4	6190	4411	43,0	583,0	139,0	339,0	681	1485	405	3,0	-1,4
w18	36,0	7,7	7280	5000	12,0	621,0	173,0	360,0	730	1460	513	3,0	0,6
w19	25,0	7,8	6760	4776	47,0	604,0	175,0	354,0	690	1552	508	4,0	0,0

Çizelge 4.14. Devam

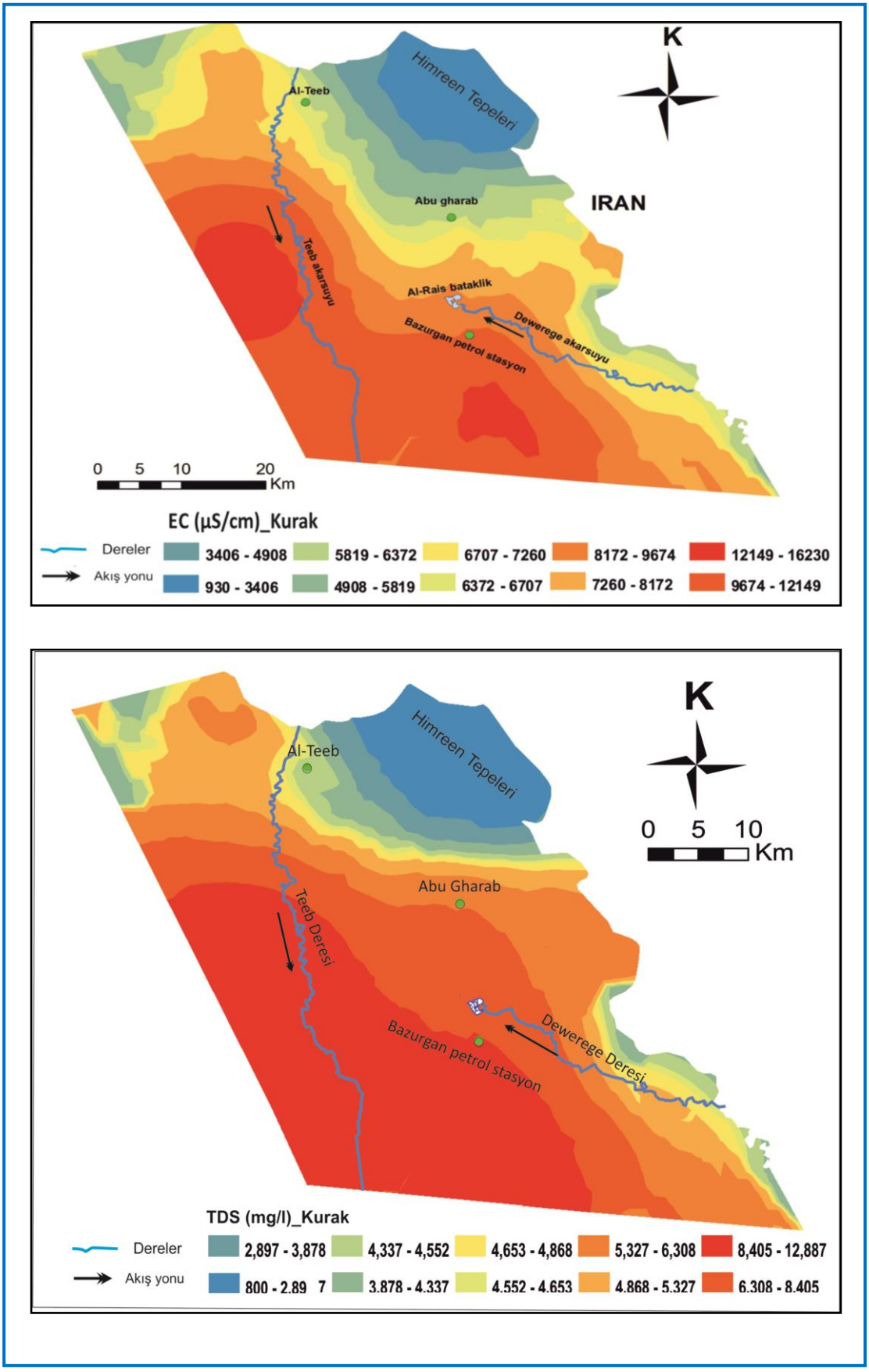
Örnek No	Kot (m)	pH	EC	TDS	K^{+}	Na+	Mg^{+2}	Ca^{+2}	Cl^{-}	$SO4^{-2}$	HCO_3^{-}	NO_3^{-}	R,D
			(µS/cm)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	%
w20	12,0	7,2	8750	6140	61,0	557,0	152,0	321,0	536,0	1605,0	342,0	4,4	0,4
w21	10,0	7,1	9000	6360	14,0	721,0	190,0	415,0	950,0	1569,0	540,0	5,0	0,4
w22	56,0	7,9	4120	3637	97,0	508,0	139,0	315,0	685,0	1183,0	472,0	2,5	0,4
w23	57,0	7,1	2940	2231	3,0	235,0	56,0	163,0	300,0	518,0	209,0	4,5	0,9
w24	60,0	7,2	5840	4100	13,6	615,7	261,8	707,8	679,0	1412,0	489,0	3,5	2,8
w25	56,0	7,2	6920	4978	90,0	613,0	179,0	365,0	716,0	1611,0	509,0	2,0	0,3
w26	55,0	7,3	7750	5420	32,0	526,0	160,0	351,0	753,0	1398,0	335,0	1,5	-1,0
w27	53,0	7,4	9790	6915	4,1	740,0	316,0	501,0	1300,0	1860,0	552,0	5,4	-0,2
w28	56,0	7,5	6610	4770	50,0	608,0	174,0	360,0	695,0	1511,0	509,0	3,0	0,9
w29	51,0	7,3	9920	6998	19,0	730,0	173,0	412,0	916,0	1578,0	513,0	4,0	0,3
w30	51,0	7,2	6680	4720	65,0	1390,0	379,0	924,0	2931,0	1420,0	1225,0	6,2	3,6
w31	32,0	7,2	6520	4622	32,0	580,0	168,0	340,0	653,0	1470,0	470,0	4,0	0,5
w32	35,0	7,3	7140	5020	53,0	624,0	183,0	365,0	752,0	1535,0	522,0	4,0	0,4
w33	42,0	7,1	4250	3720	100,0	518,0	143,0	320,0	694,0	1198,0	485,0	2,5	0,7
w34	40,0	7,5	5840	4110	13,0	905,4	147,0	928,8	680,0	1412,0	489,0	3,5	3,5
w35	38,0	7,4	16230	12887	242,0	1780,0	672,0	761,0	2500,0	4650,0	610,0	6,0	0,2
w36	34,5	7,2	4300	5910	13,0	465,0	79,0	634,1	645,0	1157,0	455,0	4,0	0,4
Ortalama	44,9	7,3	6545	4869,	47,8	677,1	193,8	434,1	848,4	1444,1	466,0	4,0	-
Min,	10,0	7,1	930	800	1,3	84,4	29,0	54,0	189,0	231,0	68,0	1,1	-
Mak,	100,0	7,9	16230	12887	242,0	1780,0	672,0	928,8	2931,0	4650,0	1225,0	14,5	-

Çizelge 4.15. Çalışma alanından alınan yeraltı suların fizikokimiyasal analiz sonuçları (Aralik-2011)

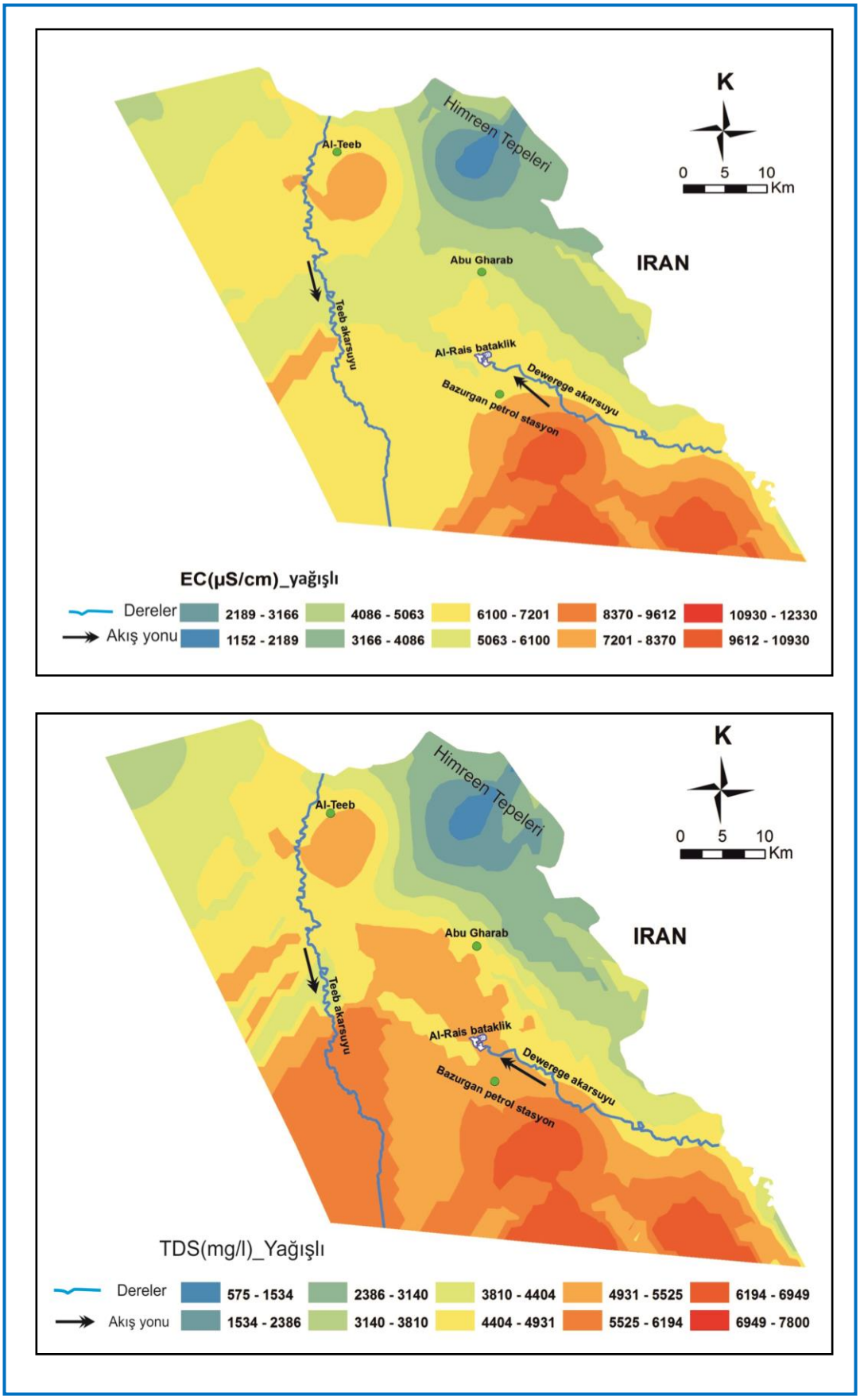
Örnek No	Kot (m)	pH	EC (µS/cm)	TDS (mg/ℓ)	Ca^{+2} (mg/ℓ)	Mg^{+2} (mg/ℓ)	Na^{+} (mg/ℓ)	K^{+} (mg/ℓ)	Cl (mg/ℓ)	SO_4^{-2} (mg/ℓ)	HCO_3^{-} (mg/ℓ)	NO_3^{-} (mg/ℓ)	R,D %
W2	36	7,3	8250	5823	714	199	1401	28	1649	3036	221	0,5	3,3
W3	42	7,2	5860	2180	646	194	1195	22	1000	2565	837	1,9	3,8
W5	91	7,0	1152	575	96	40	46	2	60	180	243		-0,1
W6	80	7,1	1350	752	115	50	112	2	50	534	176	2,4	4,0
W7	65	7,1	2640	1890	152	87	526	3	250	1252	223	1,4	1,4
W8	62	7,1	3940	2810	272	110	553	5	600	1155	443	2,0	-2,1
W9	48	7,2	5880	4189	760	404	728	12	1634	1952	572	0,9	3,9
W11	25	7,0	12330	7800	1200	650	400	67	3120	1540	308	-	-3,9
W12	7	7,2	6110	4312	831	177	771	19	1050	2766	475	1,6	4,5
W13	3	7,2	5970	4315	805	186	718	19	1150	1911	468	1,0	-1,7
W15	22	7,1	4000	2728	400	150	200	15	700	556	657	-	1,8
W16	18	7,3	9030	6356	769	397	1475	16	1500	3957	819	1,3	0,6
W18	26	7,3	8310	5870	959	228	1257	10	1649	3087	380	0,2	0,8
W19	18	7,2	6300	4432	711	230	757	7	1051	2682	294	1,3	4,3
W20	26	6,8	12081	7290	1440	800	370	36	4100	300	2045	-	-1,5
W22	41	7,1	5300	3780	786	187	711	18	650	3030	596	0,5	4,1
W23	47	7,2	3890	2790	814	42	240	6	350	1978	445	0,8	-1,4
W24	50	7,1	5980	4210	807	304	717	17	900	3231	270	1,1	0,6
W27	53	6,8	10640	7438	926	725	174	34	2300	1652	342	47,4	0,0
W28	52	7,2	6510	4564	886	116	938	11	1300	2589	425	1,4	0,4
W31	31	7,2	6300	4421	874	164	893	15	1150	2808	627	0,1	0,4
W32	22	7,3	5760	4100	815	124	846	16	950	2760	309	0,3	0,4
W33	11	7,2	4580	3282	806	88	590	8	600	2649	393	0,2	0,9
W34	30	7,2	6330	4442	871	140	877	13	1200	2670	474	1,0	2,8
W36	27	7,2	4300	5910	716	80	500	15	500	2358	231	1,1	0,3
Ortalama	37	7,1	6112	4250	727	235	680	17	1178	2128	491	3,9	-1,0
Min	3	6,8	1152	575	96	40	46	2	50	180	176	0,1	-0,2
Mak	91	7,3	12330	7800	1440	800	1475	67	4100	3957	2045	47,4	0,9



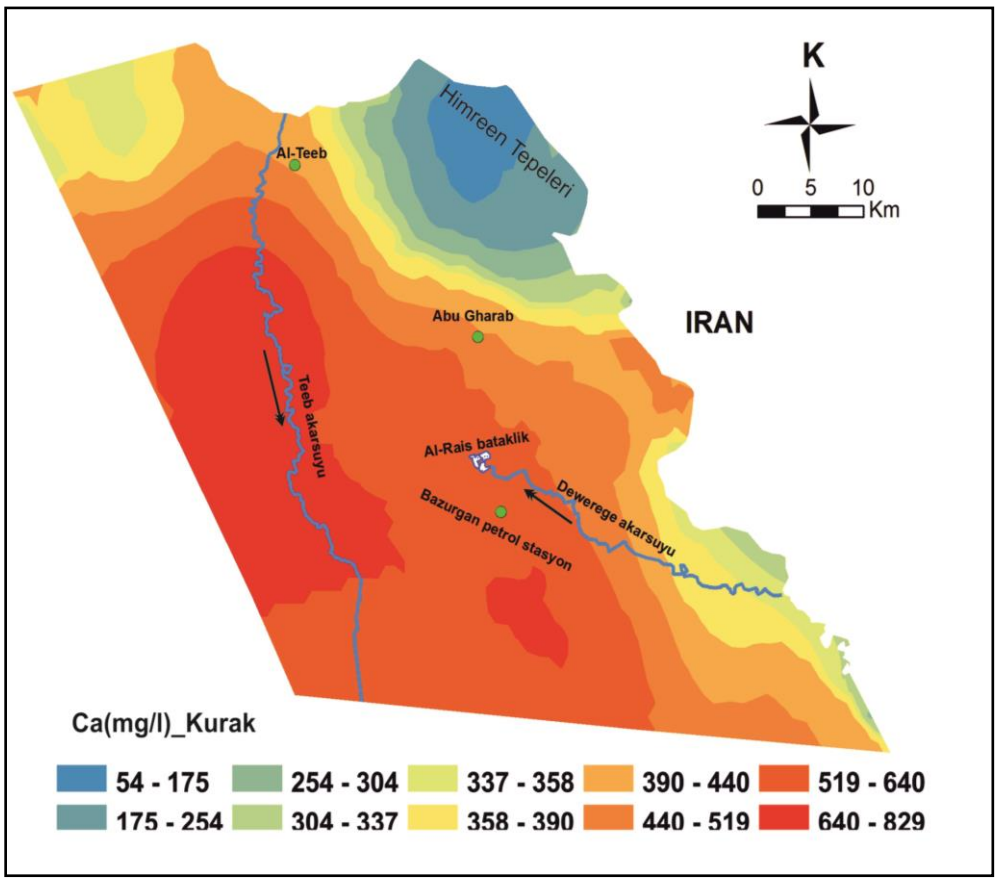
Şekil 4.21. Çalışma alanındaki yeraltı sularının EC ve TDS konsantrasyonları

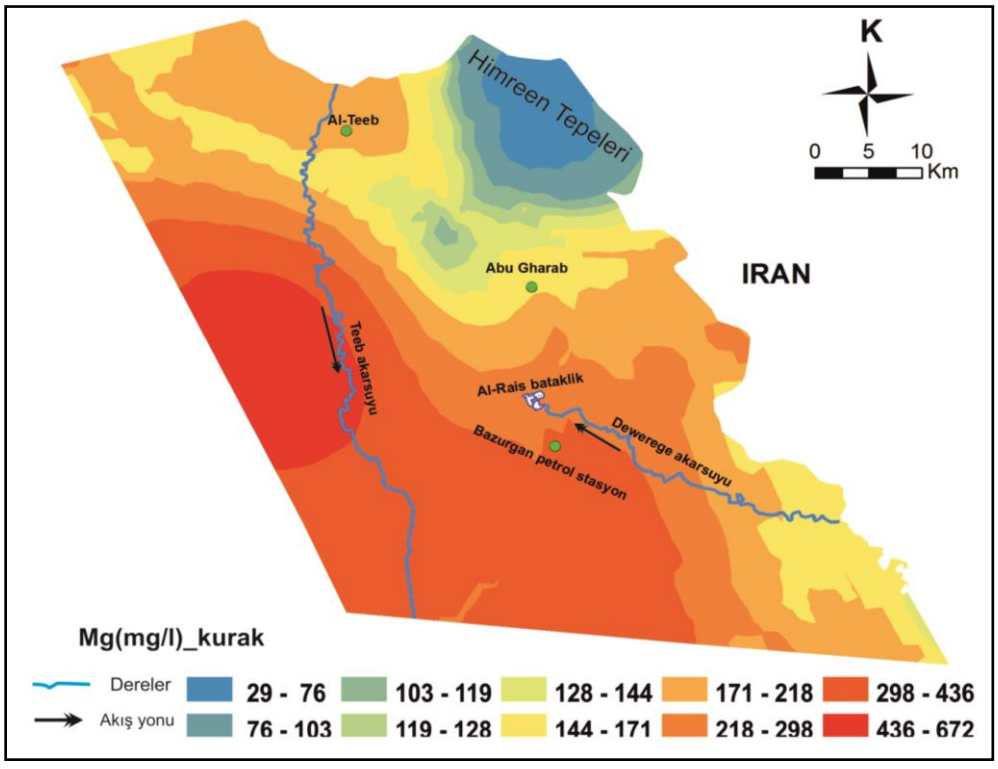


Şekil 4.22. Çalışma alanındaki yeraltı suların EC ve TDS konsantrasyonları haritası, Mayıs 2011

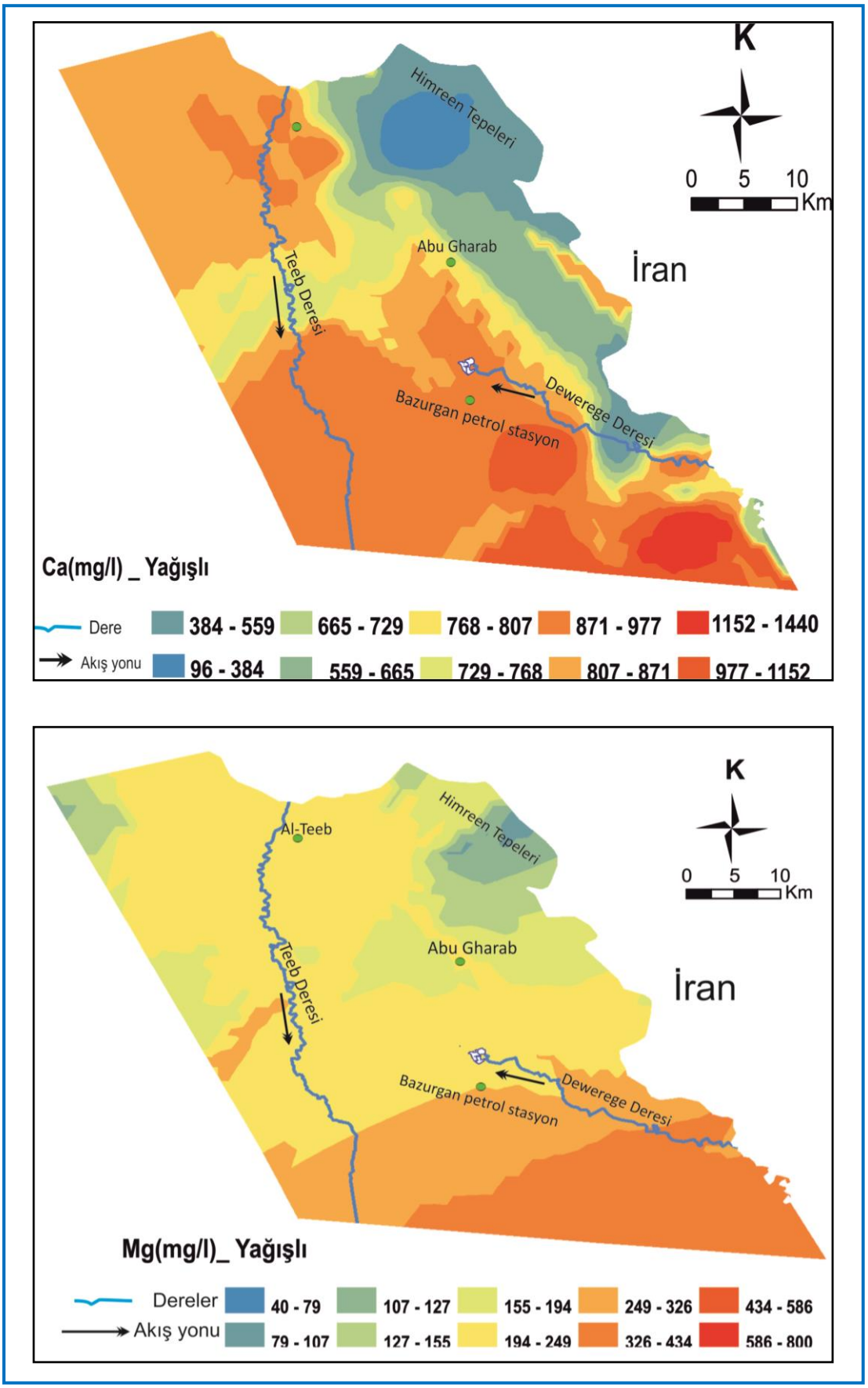


Şekil 4.23. Çalışma alanındaki yeraltı suların EC ve TDS konsantrasyonları haritası, Aralık 2011

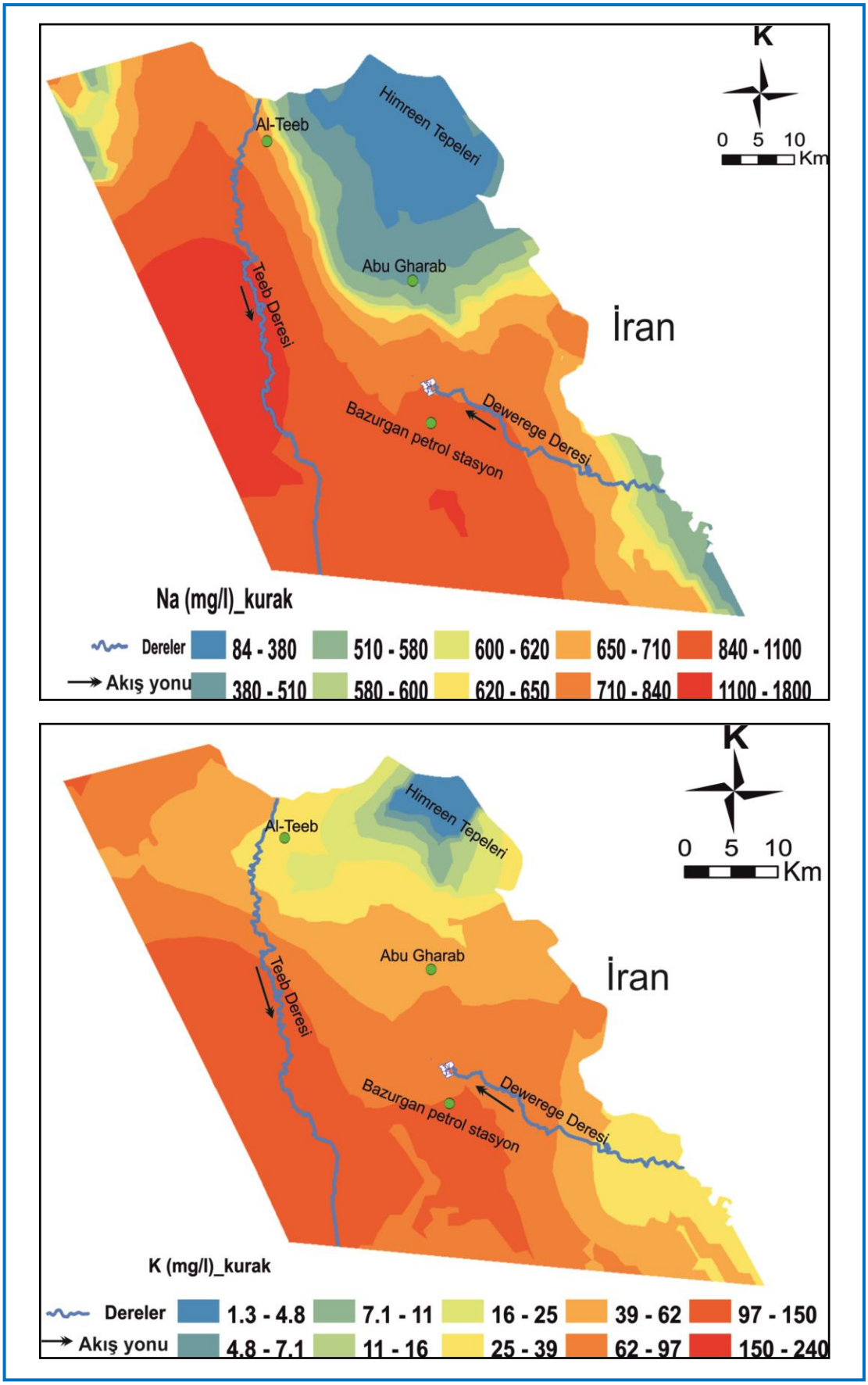




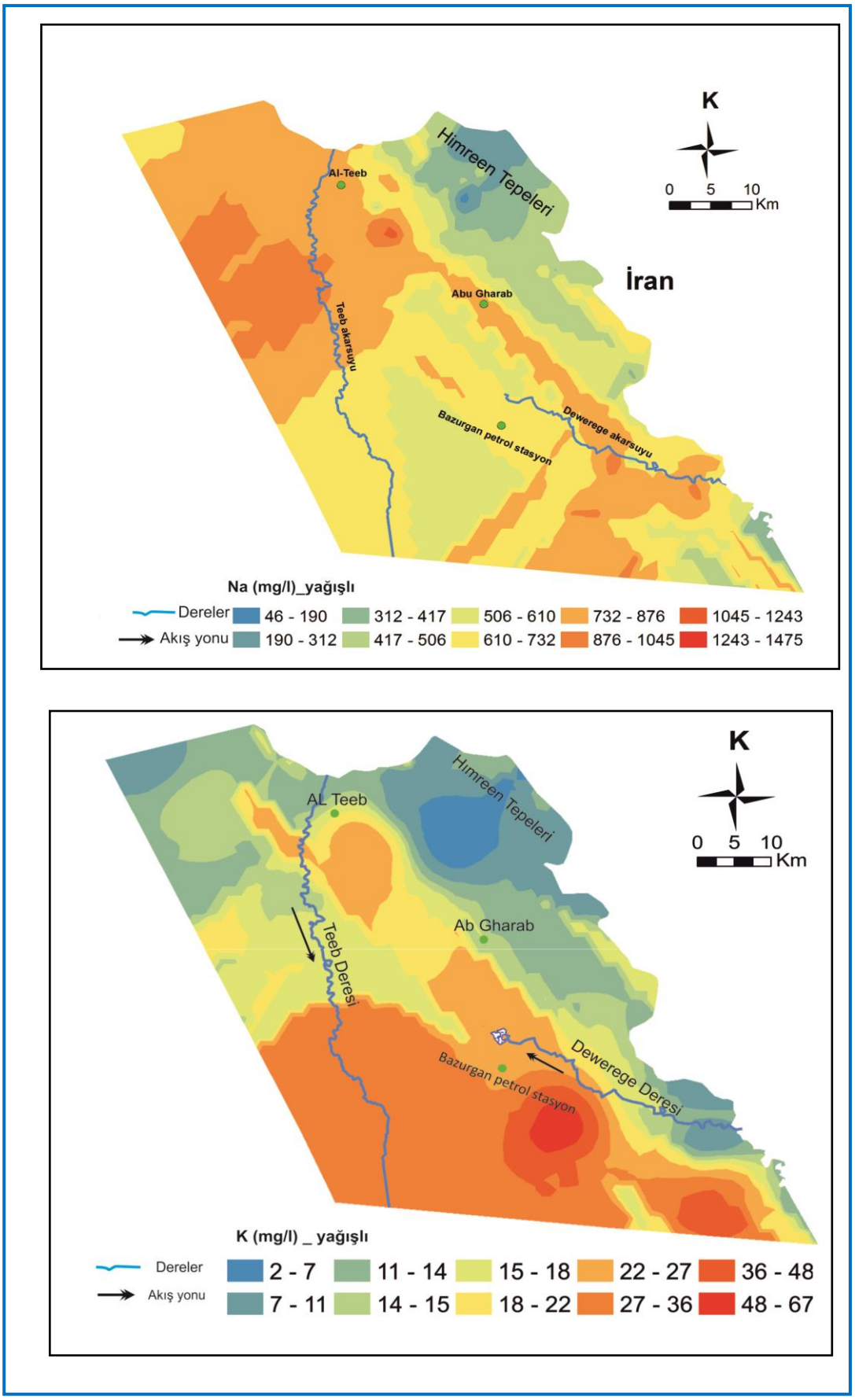
Şekil 4.24. Çalışma alanındaki yeraltı suların Ca^{+2} ve Mg^{+2} konsantrasyonları haritası, Mayıs 2011



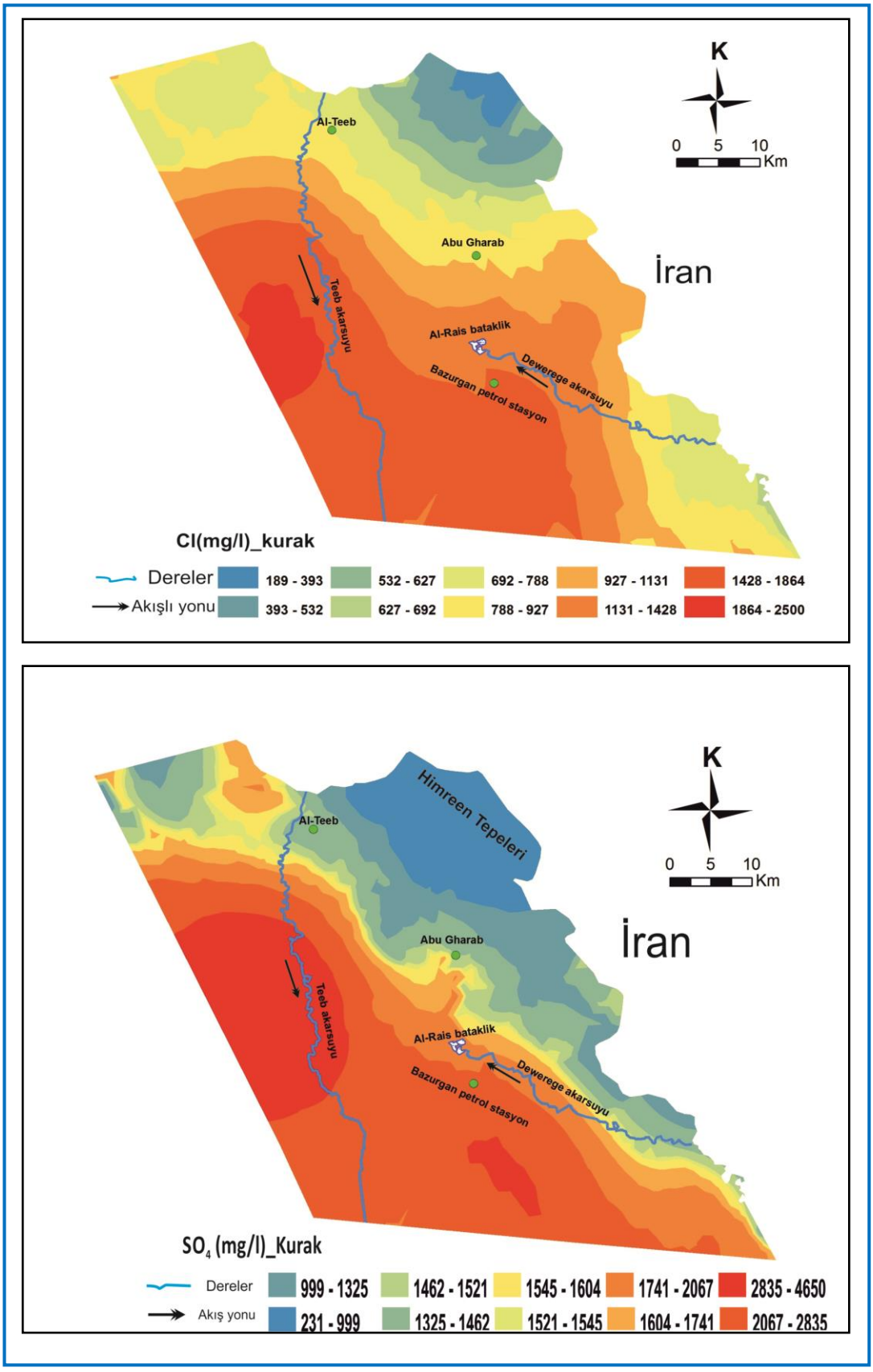
Şekil 4.25. Çalışma alanındaki yeraltı suların Ca^{+2} ve Mg^{+2} konsantrasyonları haritası, Aralık 2011



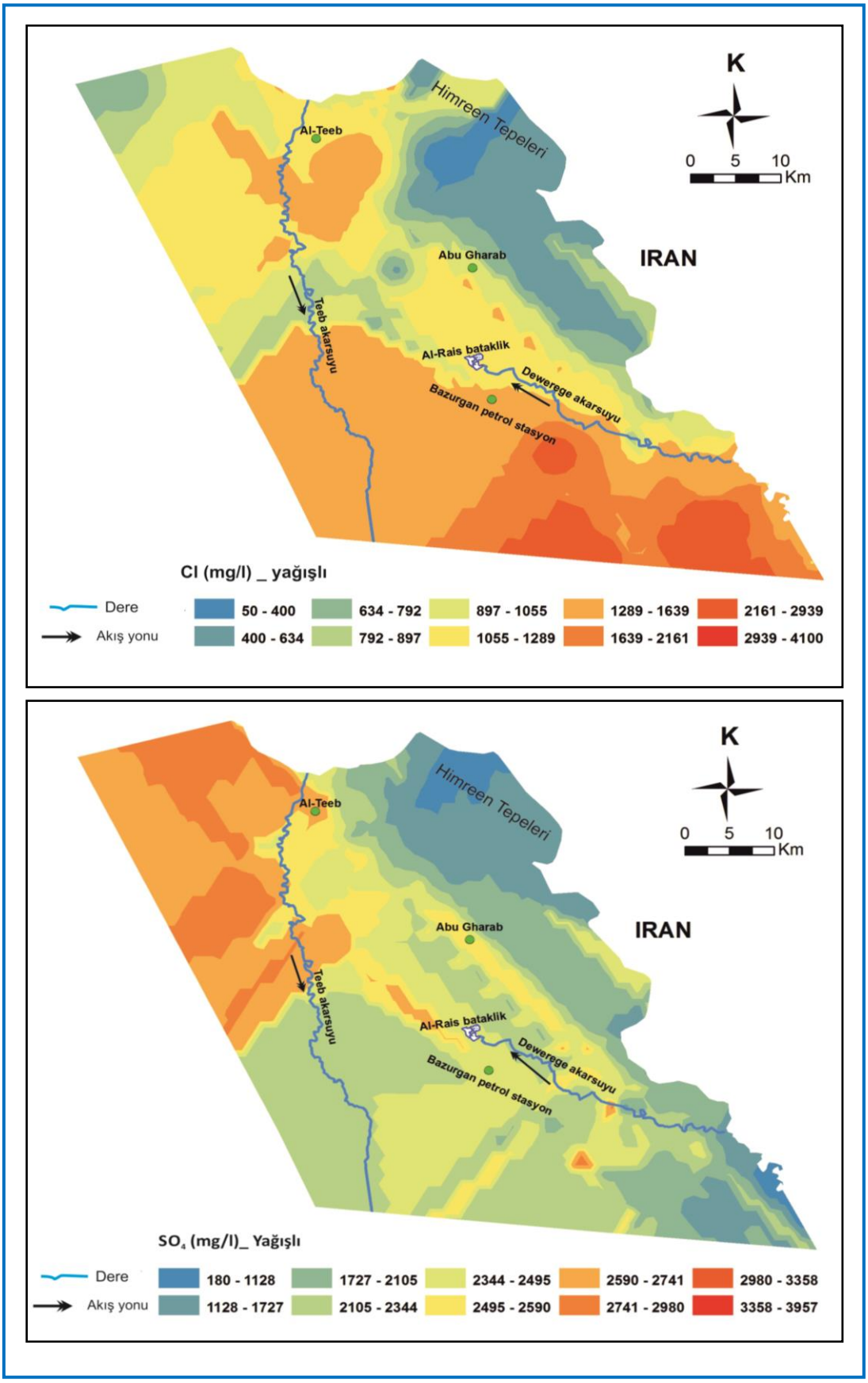
Şekil 4.26. Çalışma alanındaki yeraltı suların Na^+ ve K^+ konsantrasyonları haritası, Mayıs 2011



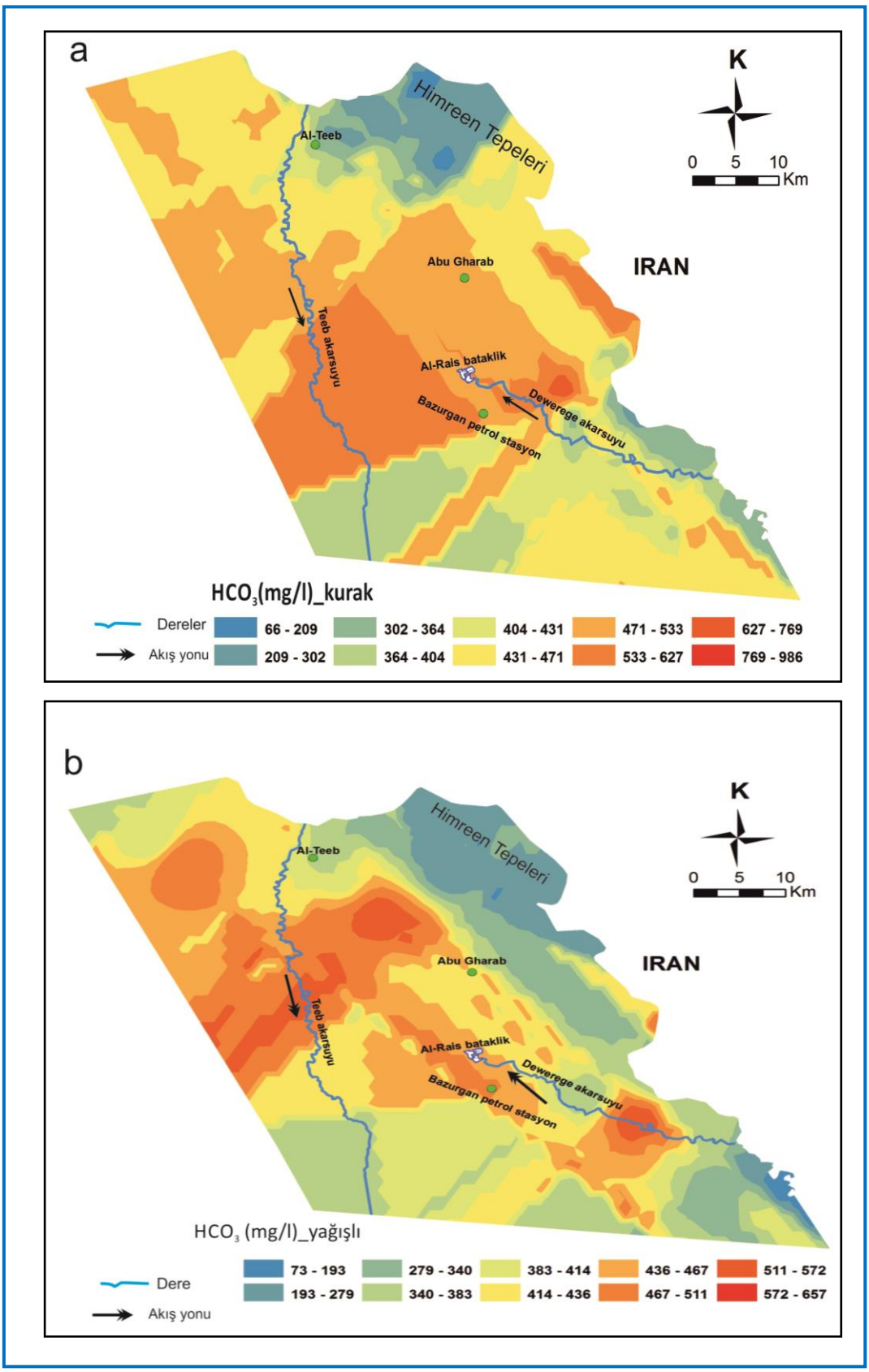
Şekil 4.27. Çalışma alanındaki yeraltı suların Na^+ ve K^+ konsantrasyonları haritası, Aralık 2011



Şekil 4.28. Çalışma alanındaki yeraltı suların Cl^- ve SO_4^- konsantrasyonları haritası, Mayıs 2011



Şekil 4.29. çalışma alanındaki yeraltı suların Cl^- ve SO_4^- konsantrasyonları haritası, Aralık 2011



Şekil 4.30. Çalışma alanındaki yeraltı suların HCO_3- konsantrasyonları haritası a:Mayıs 2011 b: Aralık 2011

4.5.4.2. İkincil (minor) iyon

-Nitrat (NO_3^-)

Yüzey ve yeraltı sularındaki NO_3 çoğunlukla organik veya insan kaynaklıdır. Çürümüş bitkiler ve hayvan dışkıları, endüstriyel atık sular, tarımda kullanılan gübreler, sulamadan dönen sular, atmosferik azotun yağışlarla yıkanması, yüzey ve yeraltı sularındaki NO_3'ı oluşturan başlıca kaynaklardır (Hem, 1985). Nitratın diğer kaynakları evsel atık sular veya jeolojik oluşumlar, çözününmüş azot bileşikleri ve fazla nitrat içeren bitkiler tarafından alınmayan yüzeysel sular ya da yeraltı suları ile derinlere süzülebilirdir (David ve ark., 2011). NO_3'ın insan sağlığı üzerine olan etkileri göz önünde tutularak Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Irak Standardına göre (IQS) nitrat için verilen en fazla değer 50 mg/l olarak belirtilmiştir. Çalışma alanındaki örneklere göre yeraltı sularındaki NO_3^- miktarı, kurak dönemde 0.12 - 47.19 mg/ℓ, yağışlı dönemde ise 1.18-14.56 mg/ℓ arasında ölçülmüştür (Çizelge 4.14 ve 4.15). Genel olrak çoğu örnek noktalarında değerlerin normal olup W27 yüksek çıkmasının nedeni tarımda kullanılan gübrelerin yağmur ve sulama suyu ile yıkanarak akifere ulaşmasından kaynaklandığı düşündürmektedir.

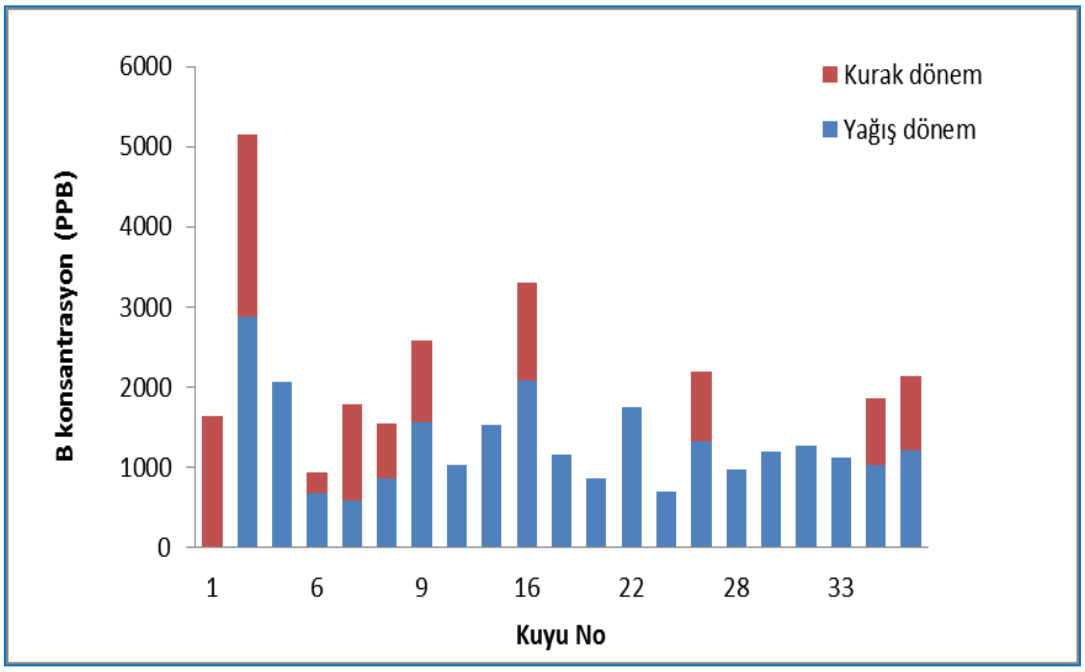
-Bor (B)

Volkanik kayaçlar içirişinde, en çok turmalinde bulunur ve biyotit ile amfibolde de vardır. Yüzey sularında 5 m/ℓ'e kadar bulunan B, deniz suyunda ise daha düşük miktarlarda bulunmaktadır. Bor, tuzlu su gibi doğal kaynakların yanında, gübre ve zirai ilaç gibi doğal olmayan kaynaklar ile evaporit yataklarında bulunmaktadır. Genellikle bu miktar 1 mg/ℓ'den azdır. Ancak bu miktarın bile bitkiler üzerinde çok zararlı etkisi vardır. Bor düşük konsantrasyonlarda toksik olabilir ve bitki gelişimi için 1mg /l'den daha düşük bir konsantrasyonda gereklidir (Ellis, 1999). Çalışma alanındaki sularda yapılan analizlerde Bor değeri Mayıs-2011 de 0.585- 0.585 m/ℓ, Aralık-2011 döneminde ise 0.266 - 0.2876 m/ℓ aralığında değişmektedir (Çizelge 4.16 ve Şekil 4.31). Analizler sonucunda elde edilen Bor değerleri bir tehlike oluşturmamaktadır.

-Silisyum (Si)

Silis yerkabuğunda en fazla bulunan elementtir. Buna karşın suda çok zor erimesi nedeni ile yeraltı sularında 20 mg/ℓ'den az bulunur. Bu miktardaki silisin içme sulama sularında zararlı bir etkisi yoktur. Doğal sularda silika (SiO_2) genel olarak 1-30

mg/ℓ arasında değişen konsantrasyonlarda bulunur. Ancak bazı bölgelerde 100 mg/ℓ'ye ulaşan konsantrasyonlar ölçülmüştür (Hem, 1985). Doğal sularda çözünmüş silisyum bulunması iyi olarak kabul edilmiştir. Aşınma (korozyon) ve çözünme sonucu yeraltı sularında SiO_2 oranı yükselmektedir. Çalışma alanındaki sularda yapılan analizlerde silisyum değeri Mayıs-2011 de 7.891-8.486 m/ℓ Aralık-2011 döneminde ise 0-8.486 m/ℓ aralığında değişmektedir (Çizelge 4.16). Silisin çözünürlüğünü etkileyen bir diğer neden de pH"dır. Silis asit ortamda çok az çözünür. pH"ın hafif yükselmesi ile silisin çözünürlüğü biraz artar, pH değeri 8'in üzerinde ise silis önemli miktarda çözünür.



Şekil 4.31. Çalışma alanındaki yeraltı sularının bor konsantrasyonu

4.5.4.3. Eser elementler

Çalışma alanından kurak ve yağışlı dönemde alınan 25 adet su örneği 72 element için paket program kapsamında Kanada ACME Laboratuvarı'nda, kurak dönemde alınan örneklerden ise 10 adet su örneği aynı laboratuvarlarda analiz ettirilmiştir. Eser elementler genellikle doğal su sistemlerinde düşük konsantrasyonlarda mevcuttur. Bunların yüzey ve yeraltı suyundaki oluşumu, doğal kaynaklar nedeniyle olabilir. Örneğin bu doğal olarak toprak bölgeleri veya akifer kayaç ya da madencilik gibi insan faaliyetleri eser elementler içeren mineraller çevreye dağılması, yakıtlar, cevher eritme ve endüstriyel atıkların düzensizliği eser elementleri arttırabilir (Jinwal ve ark., 2009). Astrofizikçilerin genel tanımına göre helyumdan ağır olan her element ağır metaldir.

Minör bileşenler olarak adlandırılan bu ağır metallerden Fe dışındakiler doğal sularda genellikle 1 mg/ℓ'den daha az bulunmaktadır (Freeze ve Cherry, 1979). Yeraltı suyu örneklerinin analizleri sonucu ölçülen iz element miktarları Çizelge 5.5 ve EK 1'de gösterilmiştir. Değerlerin istatiksel özeti Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Irak Standartları (IQS) tarafından verilen limit değerlerle birlikte Çizelge 5.5'te kuyu suları için ayrı ayrı verilmiştir. Çalışma alanındaki kurak ve yağışlı dönemlerde bu elementlerin konsantrasyonunda net bir değişiklik görülebilmektedir. Fe, Mn, Zn, Sr ve Br konsantrasyonlarının içme suyu için izin verilen limitlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.16. Suların kurak ve yağışlı dönem iz Element içeriklerinin istatistiksel özeti

		Kurak dönem					
Parametre	B	Br	Fe	Mn	Si	Sr	Zn
	m/ℓ	m/ℓ	m/ℓ	m/ℓ	m/ℓ	m/ℓ	m/ℓ
Ort	1.312	0.421	10.160	0.125	8.189	14.892	0.895
Min	0.585	0.281	0	0.0019	7.891	3.631	0.0095
Max	2.876	0.561	10.160.0	0.211	8.486	18.560	1.954
		Yağışlı dönem					
Ort	1.091	0.136	2.075	0.131	8.379	11.435	10.950
Min	2.66	0	0.012	0.0001	0	2.983	6.343
Max	2.279	0.136	3.614	0.512	8.379	15.519	21.788
		Standartlar					
WHO 2008 (m/ℓ)	0.5	0.1	< 3	0.4			3
IQS, 2009 (m/ℓ)	0.5		0.3	0.1			3

-**Demir (Fe),** özellikle piroksen, amfibol, magnetit, pirit, biyotit ve granat gibi demirli minerallerin bozunumundan ortaya çıkar. Karbonlu kayalardan gelen sularda fazla miktarlarda demir iyonları izlenebilir. Kireçtaşı ve dolomitten gelen sular pH'ı 7'den fazla olduğundan çok fazla demir iyonu içerir. Fazla miktarda demirli sular hava ile temas edince kollidal demir hidroksit oluşumundan dolayı suyun görünüş ve tadını bozar (Hem, 1985). Sudaki tuzluluk ve asitlik arttıkça demir iyonlarının miktarı da artar. Çalışma alanındaki sularda yapılan analizlerde Silisyum değeri Mayıs-2011 de 0 - 10160.0 ppb, Aralık-2011 döneminde ise 10160.0-3614.0 ppb aralığında değişmektedir (Çizelge 4.16).

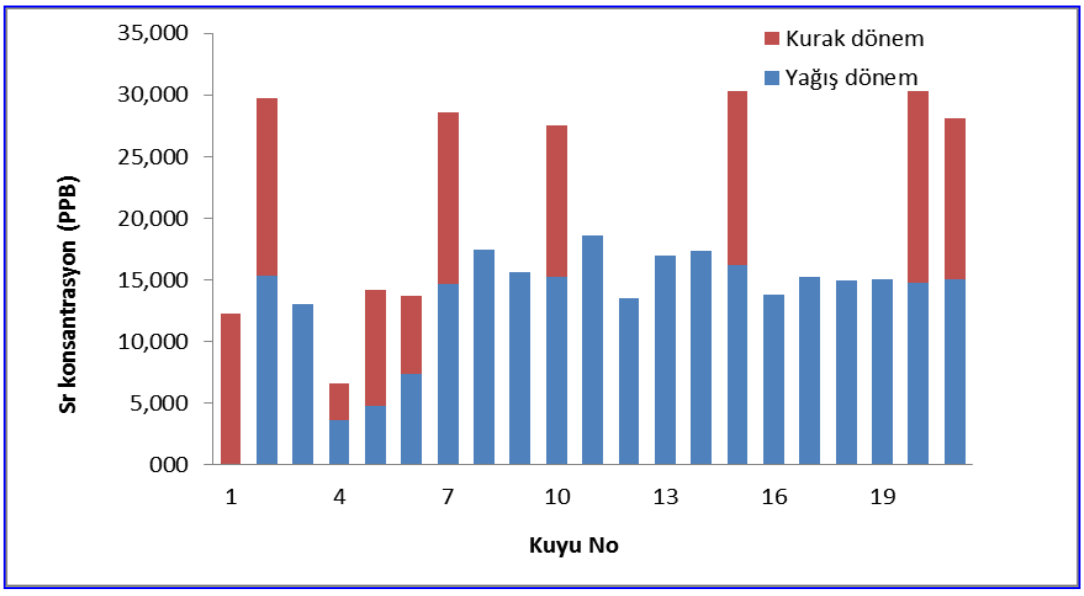
-**Mangan** (Mn), genel olarak mangan, yeraltı sularında çoğunlukla hidroksit şeklinde bulunur ve etkisi demire çok benzer. Bu element kil mineralleri ve mangan hidroksit olarak mevcut ve anaerobik koşullar altında sızabilmektedir (Luu ve ark., 2009). WHO ve IQ, sular standardına göre suda bulunan Mn derişim değeri en fazla 0.4 m/ℓ olarak belirtilmiştir. Çalışma alınandaki sularla ilgili olarak Fe ve Mn için herhangi bir sınır değer belirtilmemiştir.

-**Brom (Br)** Deniz suları 67 mg/l ve doğal tuzlu sular 100–1000 mg/l Br^- içerir. Jeotermal sularda Br- genel olarak düşüktür. Atom çapı 1,95 Å olan bu elementin jeokimyasal karakteri klorüre benzer ancak çok daha az yaygındır. Brom sadece Br^- olarak bulunur ve iyonik çapının büyüklüğü nedeniyle birçok mineralin yapısına katılmak için çok büyüktür. Sığ yeraltı sularının çoğunda Br miktarı dü□üktür.(Hem, 1985). Br/Cl ve Br/I oranı sulara deniz suyu karışımı olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılan iyi bir indikatördür (Nicholson, 1993). Çalışma alanındaki sularda yapılan analizlerde Brom değeri Mayıs-2011 de 281,0-561 ppb, Aralık-2011 döneminde ise 0-136 ppb aralığında değişmektedir (Çizelge 4.16). WHO ve IQS, sular standardına göre Br, yeraltı suyu için uygun sınırlar içerisindedir.

-**Çinko (Zn),** Doğal sularda bulunan çinko genellikle, suyun temasta olduğu kayaçlardan, topraktan, endüstriyel atıklardan, gübreden ve atmosferden kaynaklanmaktadır. Çinko, insan için göreli olarak zehirli olmayan bir element olup 25 m/ℓ derişime kadar olumsuz bir etkiye sahip olmadığı gözlenmiştir (McNeely ve ark., 1979). Sularda fazla bulunması halinde suya hoşa gitmeyen bir tadı verir (Akgiray, 2003). WHO ve IQS, sular standardına göre çinko için sınır değer verilmemiştir. İnceleme alanından alınan örneklerde çinko için ölçülen minimum ve maksimum değerler Mayıs-2011 için 9,5–1954 PPb ve Aralık-2011 için ise 6343-21788 ppb aralığında değişmektedir (Çizelge 4.16).

-**Stronsiyum (Sr):** Kimyasal özellikleri kalsiyum (Ca) ve baryum (Ba) ile oldukça benzerlik taşıyan stronsiyum, özellikle granitik kayaçlarda kalsiyum ve potasyumun yerine geçebilmektedir (Hem,1985). Stronsiyumun kaynağı strontianit ($SrCO_3$), sölestin ($SrSO_4$) ve aragonit ($CaCO_3$)'tir. Aragonitteki Ca^{2+}iyonu Sr^{2+}iyonu ile yer değiştirir. Ama bu durum kalsit ($CaCO_3$) için söz konusu değildir. Aragonit, diyajenez sırasında

daha duraylı polimorf kalsite dönüşürse bu durumda su içinde Sr^{2+} serbest kalır. Deniz suyunda 8 mg/l kadar Sr^{2+}bulunur (Hounslow, 1995). Sr, yerkabuğunda kayaç oluşturan ve ikincil mineraller içinde dağılmış olarak bulunan bir iz elementtir. Bu minerallerin en yaygınları K-feldispatlar ve plajioklaslardır. Formasyon suları genellikle yüksek Sr derişimine sahiptir. Sr yeraltı sularında geniş bir aralıkta (2-10 m/ℓ) ve 40 m derinliğe kadar ulaşabilmektedir (Hem, 1989). Çalışma alanındaki suların Sr değerleri 0,01-0,37 mg/l arasındaki değerler ile sınır değerlerin altındadır. Çalışma alanındaki stronsiyum için ölçülen minimum ve maksimum değerler Mayıs-2011 de 3631–18560 ppb dir veAralık-2011 döneminde ise 2983-15518,9 ppb aralığında değişmektedir (Çizelge 4.16 ve Şekil 4.32). Sr, karbonat kayalarda bol bulunabilen bir element olduğundan bu tür hazneler ile ilişkili sularda Ca ile Sr'un pozitif korelasyon göstermesi normaldir. Derin klorürlü sularda stronsiyum iyonu yüksek değerlere ulaşabilir ve kurak iklimlerde buharlaşma ile çökelebilir ve tuzlu sülfatlı çok yüksek değerlere ulaşabilir (Bozdağ, 2010).



Şekil 4.32. Çalışma alanındaki yeraltı suların Sr konsantrasyonu

4.5.5. Yüzey ve yeraltı sularının kimyasal sınıflandırılması

Hidrojeokimya yeraltı sularının kimyasal özelliklerinin ve kalitelerinin belirlenmesi, kökenlerinin araştırılması, yüzey ve yağış suları ile olası ilişkilerinin incelenmesi, yeraltı sularının kirlenmesi ve iyileştirilmesi gibi problemlerin çözülmesi ve benzeri araştırmalarda kullanılan hidrojeolojik çalışmaların vazgeçilmez bir parçasını oluşturur (Bajjali ve Hadidi, 2005). Hidrojeokimyasal analiz verilerini sınıflandırmak ve görsel olarak sunmak amacıyla analiz sonuçları uygun grafiklere aktararak

yorumlamalar yapılır. Hidrojeokimyasal analiz sonuçları AquaChem v.2012.1.123 (Schlumberger Water Services, 2013) bilgisayar programı kullanılarak çeşitli diyagramlar (Schoeller, Piper, ve Wilcox diyagramları) hazırlanmıştır. Bu yöntemler içerisinde birden çok analizin aynı diyagramda grafik olarak sunulmasını sağlayanlar Piper ve Schoeller diyagramlarıdır.

4.5.5.1. Yarı Logaritmik Schoeller diyagramı

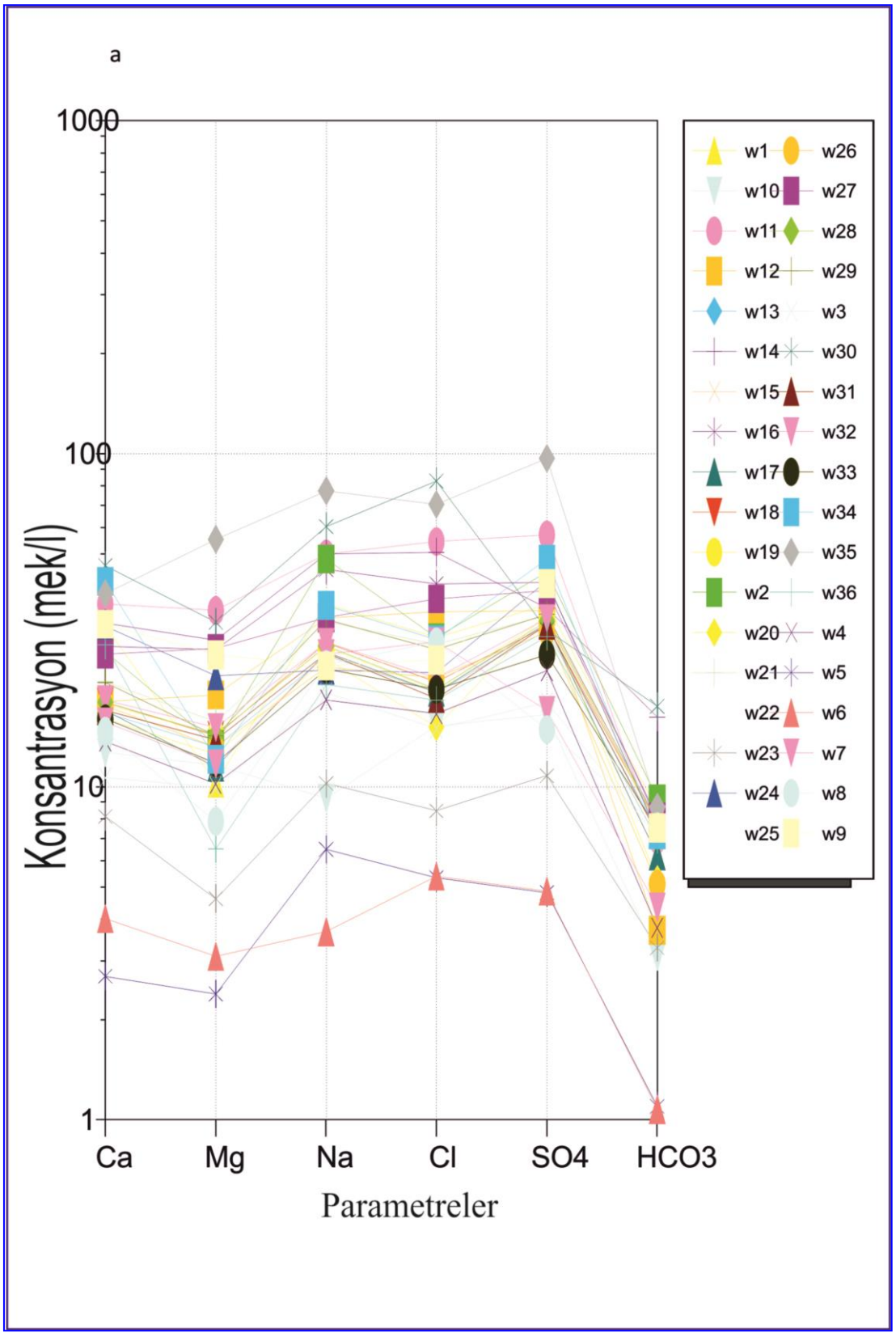
Schoeller diyagramında benzer kökenli, aynı akifere ve beslenme alanına sahip sular benzer dağılım gösterirler. 2011 Mayıs dönemine ait Schoeller diyagramı Şekil 4.33'de 2011 Aralık dönemine ait Schoeller diyagramı Şekil 4.33'de gösterilmiştir.

Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre iyonların sıralaması Çizelge 4.17.'de verilmiştir. Yarı logaritmik Schoeller diyagramına göre katyon ve anyonların sıralaması yapılmıştır ve Çizelge 4.17.'de iyonların sıralaması verilmiştir. Buna göre çalışma alanın içerisinde bulunan yeraltı suyun kalitesi, çoğunlukla Na-SO_4 fasiyesindedir. BaiHassan –Mukdadiya fromasyonu içerisinden alınan sular ise Ca-SO_4 fasiyesindedir. Sebkha ve Bataklıklar bölgeleri etkili nedeniyle güney bulunan Kuyular ise Güney bulunan Kuyular ise (Mg-Cl)ve (Na-Cl).

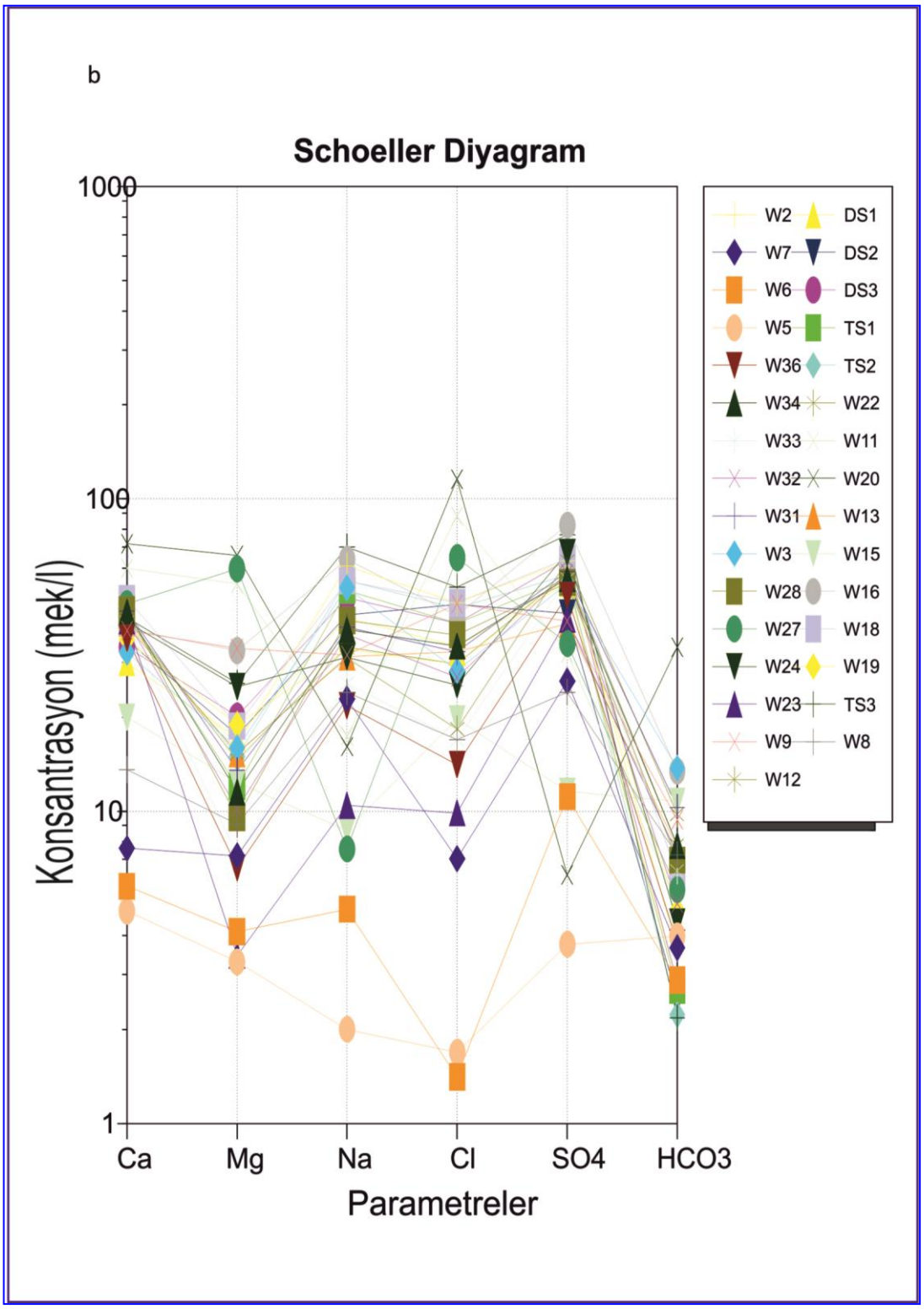
Diyagramlara Çalışma alanındaki, yüzey sularının (DS1, DS2, DS3, TS1, TS2, ve TS3) ve çoğu yeraltısu örneklerinin birbirine paralel olması, bu suların aynı kökene sahip olduğunu göstermektedir.

Mayıs ve Aralık dönemlerinde W6 ve W5'nin Na^+ ve Cl^- iyon değerleri mineralli su kuyularına oranla çok daha düşüktür. W6 ve W5'nin yarılogaritmik diyagramın alt kısmında yer alması mineralli sulara oranla daha genç, beslenme alanına daha yakın ve sığ dolaşıma sahip olduğunu ifade eder. Diğer su kuyularının yarılogaritmik diyagramın üst kısmında bulunması bu kaynakların yeraltı dolaşım sürelerinin ve su kayaç etkileşimin uzun olduğunu gösterebilir.

Çalışma alanındaki yeraltısular ile yüzey sularının paralellik gösterdikleri görülmektedir. Dolayısı ile aynı kökenlidirler (Şekil 4.33 b).



Şekil 4.33 a. Çalışma alanında yer alan yüzey ve yeraltı su örneklerinin Schoeller diyagramındaki konumları a: Kurak dönem (Mayıs 2011)



Şekil 4.33 b. Çalışma alanında yer alan yüzey ve yeraltı su örneklerinin Schoeller diyagramındaki konumları b: Yağışlı dönem (Aralık 2011)

Çizelge 4.17. Kurak ve Yağışlı dönemi su numuneleri, yarı Logaritmik Schoeller Diyagramına göre iyonların sıralaması

Örnek No	Su Sınıfı (Kurak dönemi)	Su Sınıfı (Yağışlı dönemi)
w1	Na-Ca-SO4-Cl	
w2	Na-Ca-SO4-Cl	Na-Ca-SO4-Cl
w3	Na-Ca-Mg-SO4-Cl	Na-Ca-SO4-Cl
w4	Na-Ca-Mg-SO4-Cl	
w5	Na-Ca-Mg-Cl-SO4	Ca-Mg-Na-HCO3-SO4
w6	Ca-Na-Mg-Cl-SO4	Ca-Na-Mg-SO4
w7	Na-Ca-Mg-Cl-SO4	Na-Ca-SO4
w8	Na-Ca-Cl-SO4	Na-Ca-SO4-Cl
w9	Ca-Mg-Na-SO4-Cl	Ca-Mg-Na-Cl-SO4
w10	Ca-Mg-Na-SO4-Cl	
w11	Na-Ca-Mg-SO4-Cl	Ca-Mg-Cl-SO4
w12	Na-Mg-Ca-SO4-Cl	Ca-Na-SO4-Cl
w13	Na-Ca-Mg-SO4-Cl	Ca-Na-SO4-Cl
w14	Na-Ca-Mg-Cl-SO4	
w15	Na-Ca-Mg-SO4-Cl	Ca-Mg-Na-Cl-SO4-HCO3
w16	Na-Ca-Mg-SO4-Cl	Na-Ca-Mg-SO4-Cl
w17	Na-Ca-Mg-SO4-Cl	
w18	Na-Ca-Mg-SO4-Cl	Na-Ca-SO4-Cl
w19	Na-Ca-Mg-SO4-Cl	Ca-Na-Mg-SO4-Cl
w20	Na-Ca-Mg-SO4-Cl	Ca-Mg-Cl-HCO3
w21	Na-Ca-Mg-SO4-Cl	
w22	Na-Ca-Mg-SO4-Cl	Ca-Na-SO4-Cl
w23	Na-Ca-Mg-SO4-Cl	Ca-SO4
w24	Ca-Na-Mg-SO4-Cl	Ca-Na-Mg-SO4-Cl
w25	Na-Ca-Mg-SO4-Cl	
w26	Na-Ca-Mg-SO4-Cl	
w27	Na-Mg-Ca-SO4-Cl	Mg-Ca-Cl-SO4
w28	Na-Ca-Mg-SO4-Cl	Ca-Na-SO4-Cl
w29	Na-Ca-Mg-SO4-Cl	
w30	Na-Ca-Mg-Cl-SO4	
w31	Na-Ca-Mg-SO4-Cl	Ca-Na-SO4-Cl
w32	Na-Ca-Mg-SO4-Cl	Ca-Na-SO4-Cl
w33	Na-Ca-Mg-SO4-Cl	Ca-Na-SO4-Cl
w34	Ca-Na-SO4-Cl	Ca-Na-SO4-Cl
w35	Na-Mg-Ca-SO4-Cl	
w36	Ca-Na-SO4-Cl	Ca-Na-SO4-Cl
Yüzey Su Sınıfı		
DS1	Na-Ca-SO4-Cl	
DS2	Na-Ca-Cl-SO4	
DS3	Na-Ca-SO4-Cl	
TS1	Na-Ca-SO4-Cl	
TS2	Na-Ca-SO4-Cl	
TS3	Na-Ca-SO4-Cl	

4.5.5.2. Piper Diyagramı sınıflandırılması

Piper diyagramı, suların sınıflandırılmasında kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir. Bu metotta iyonlar % meq/ℓ değerleri ile diyagrama geçirilir. Anyonlar ve katyonlar için ayrı ayrı birer üçgen kullanılabileceği gibi, tek bir üçgene hem anyon hem katyonlarda işaretlenebilir (Piper, 1946). Eşkenar dörtgende suyu temsil eden noktanın bulunduğu bölge suyun ana karakterini gösterir. Bütün sular için noktalar işaretlendiğinde, aynı kökenli sular yaklaşık olarak aynı bölgede toplanır. Ayrıca eşkenar dörtgen diyagram dokuz bölüme ayrılmıştır (Söğüt, 2003).

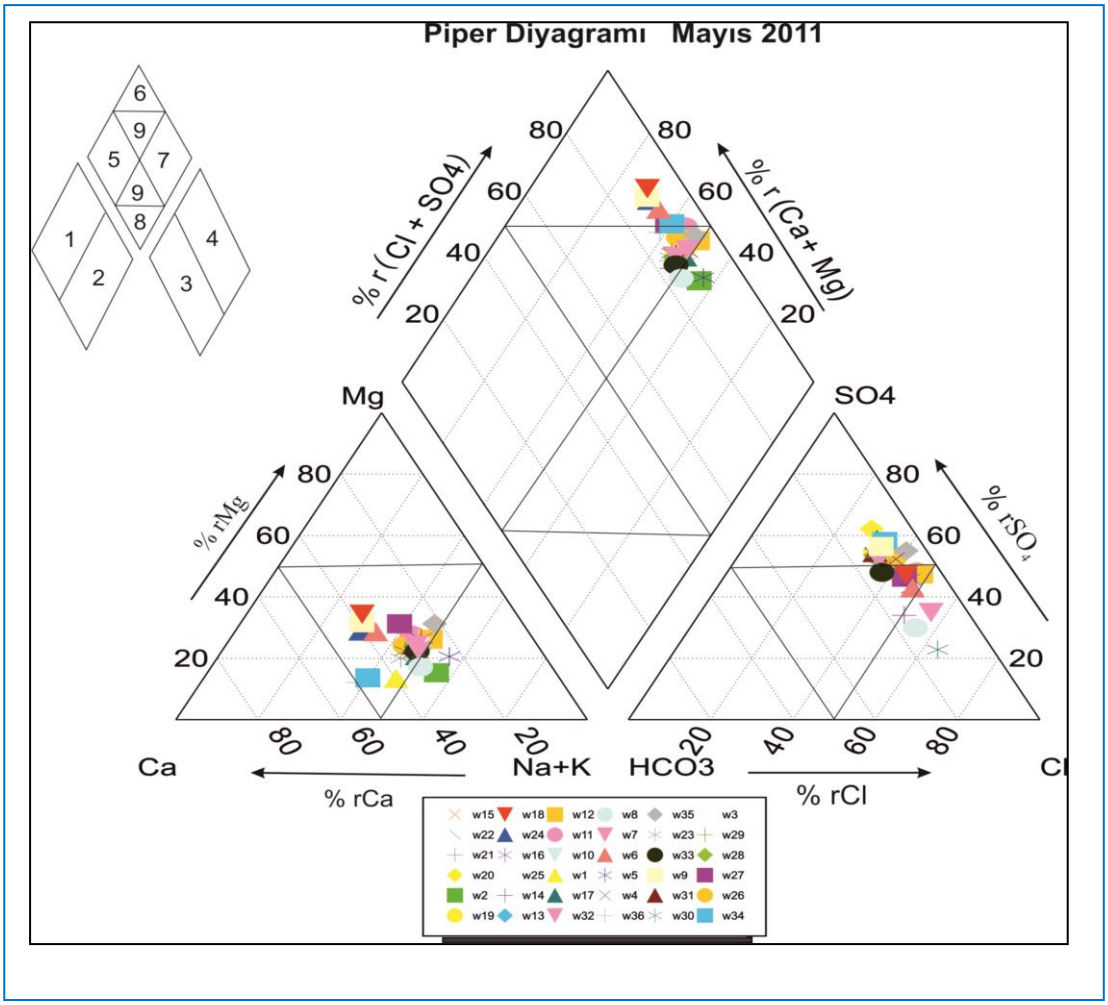
Diyagramda ayrılan bölümlerin yorumu aşağıda verilmiştir.

- 1 no'lu alan; alkali toprak elementler (Ca^{+2}+Mg^{+2}) > alkali elementler (Na^{+}+K^{+}).
- 2 no'lu alan; (Ca^{+2} + Mg^{+2}) < (Na^{+}+K^{+}).
- 3 no'lu alan; zayıf asit kökleri(CO_3^{-2} + HCO_3^{-}) > güçlü asit kökleri (Cl^{-} +SO_4^{-2}).
- 4 no'lu alan; (Cl^{-} + $SO4^{-2}$) > (CO_3^{-2} + HCO_3^{-}).
- 5 no'lu alan; karbonat sertliği %50'den fazla olan sular.
- 6 no'lu alan; karbonat olmayan sertliği %50'den fazla olan sular.
- 7 no'lu alan; karbonat olmayan alkalinitesi %50'den fazla olan sular. NaCl, KCl, Na_2SO_4, alkaliler ve güçlü asitler egemendir. Deniz suyu ve çok acı sular bu alanda yer alır.
- 8 no'lu alan; karbonat alkalileri %50'den fazla olan sular. Doğada az rastlanan aşırı yumuşak sular bu alana girer.
- 9 no'lu alan; iyonların hiçbiri %50'yi geçmeyen, karışık sular bu alana girer.

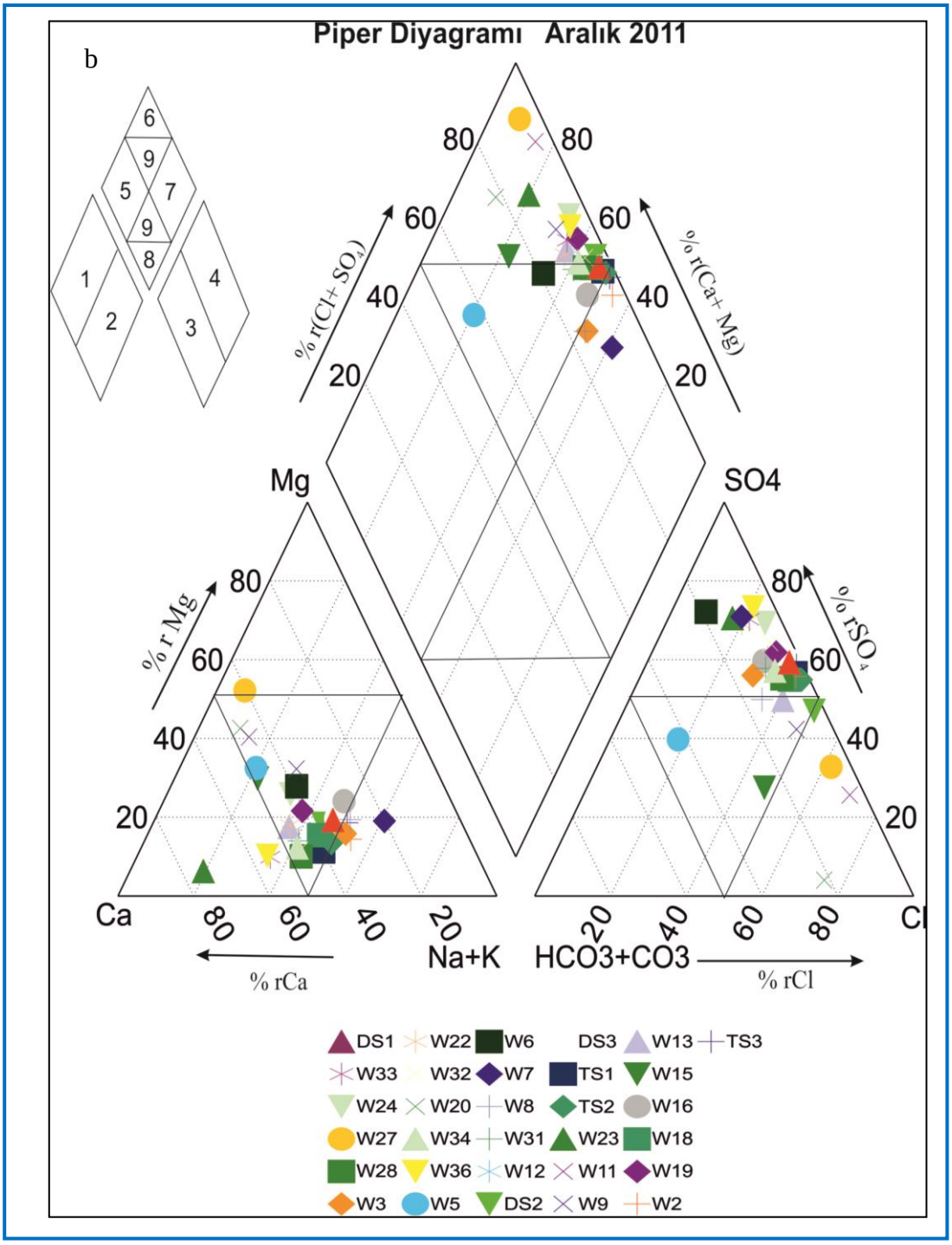
Kuyu ve yüzey suları iki dönem için hazırlanan Piper diyagramları şekil 4.34 ve şekil 4.37'de verilmiştir. Bu diyagrama göre inceleme alanındaki sular, klor ve sülfatlı (Ca+ Na+K> Mg) sular sınıfında olup, sularda alkaliler ve güçlü asitler egemendir. Genel olarak çalışma alanındaki yeraltı suların sınıfı bulunan Piper diyagramına göre; 1, 3, 4, 5,10, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 31, 33 ve 36 numaralı kuyular 9 no'lu alanda gruplanmıştır (Şekil 4.34). Bu gruba göre sular iyonların hiçbiri %50'yi geçmeyen, sular bu alana girmektedirler. 6, 9, 11, 18, 24, 27 ve 34 numaralı kuyular 6 no'lu alanda gruplanmıştır. Bu gruba göre sular karbonat olmayan sertliği %50'den fazla olan sulara girmektedirler. W2, W8 ve W30 numaralı kuyular 7 no'lu alanda gruplanmıştır. Bu gruba göre sular karbonat olmayan alkalinitesi %50'den fazla olan NaCl, ve Na_2SO_4'lı sular sınıfına girmektedirler. Ayrica, Na-Ca-Mg-SO_4-Cl ve/veya daha az bir oranda Ca-Na-Mg-Cl-SO4, Ca-Mg-Na-SO_4-Cl ve/veya Na-Ca-Mg-Cl- SO_4 fasiyesindedirler.

Yağışlı dönemi ise, 1, 4, 6, 5,10, 12, 14, 17, 21, 22, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 34 ve 36 numaralı kuyular 9 no'lu alanda gruplanmıştır (Şekil 4.34). Bu gruba göre sular, iyonların hiçbiri %50'yi geçmeyen, sular sınıfına girmektedirler. 9, 11, 13, 15, 19, 20, 24, 27, 33 ve 36 numaralı kuyular 6 no'lu alanda gruplanmıştır. Bu gruba göre sular karbonat olmayan sertliği %50'den fazla olan sulara girmektedirler. 2, 3,7 ve 8 numaralı kuyular 7 no'lu alanda gruplanmıştır. Bu gruba göre sular karbonat olmayan alkalinitesi %50'den fazla olan NaCl, ve Na_2SO_4'lı sular sınıfına girmektedirler.

Yağışlı döneminde su örnekleri Ca-Na-SO_4-Cl, Na-Ca-SO_4-Cl ve Ca-Mg-Na-Cl-SO_4 fasiyesindedir. Ayrıca inceleme alanındaki kurak dönemde Na-SO_4 fasiyesi hâkim iken yağışlı dönemde Ca-SO_4 fasiyesi hâkimdir. Yüzey sularında ise Na-Ca-SO_4-Cl fasiyesi hâkim duruma geçmiştir (Şekil 4.35). Çalışma alanındaki akarsuların ve kuyu sularının grafikte hemen hemen aynı bölgede toplanmaları bu suların benzer kökene sahip oldukları anlamına gelmektedir. Dolayısıyla akarsular aynı kayaç grubundan beslenmekte olup, rezervuar kayaçlarında aynıdır.



Şekil 4.34. Çalışma alanındaki su örneklerine ait Piper diyagram Mayıs 2011



Şekil 4.35. Çalışma alanındaki su örneklerine ait Piper diyagramı, Aralık 2011

4.5.6. Yüzey ve yeraltı sularının değişik kullanımlar için uygunluğu

Herhangi bir amaç için suyun kullanım uygunluğu, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile ilgilidir. İnceleme alanındaki yeraltı sularının içme ve kullanıma uygunluğu suların elektrik iletkenlik (EC), sodyum adsorpsiyon oranı (SAR), sodyum yüzdesi, çözünmüş madde miktarı ve bazı diyagramlar yardımıyla belirlenmeye çalışılmıştır.

4.5.6.1. İçme suyu kullanımına uygunluğu

WHO (2008) ve Irak standartlarına (2009) göre içme suyu uygunluğunu tanımlayan çeşitli standartlar vardır. Bu iki standartta göre, iki örnekleme için tüm akarsu örnekleri büyük iyonları ve TDS değerlerine göre içme suyu için uygun değildir. Bununla birlikte, örnekler TDS değeri için tavsiye edilen sınırı aşıldığında, W5 ve W6 dışında tüm yeraltı suyu örnekleri için iki dönemde seçilen örneklerin insanların içmesine uygun olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca yörede bulunan yeraltı suyu, W5 ve W6'nolu kuyular hariç içme için uygun değildir. Sadece W5 ve W6 içmek için güvenli olarak kabul edilir.

4.5.6.2. Hayvancılıkta kullanım için uygunluğu

Altoviski'ye (1962) göre, iki dönemde de alınan tüm yüzey suyu örnekleri hayvancılık için iyidir (Çizelge 4.18). Yeraltı suları örneklerinin çoğu çiftlik hayvanları için kullanılabilir. Diğer örnekleri ise, standartların maksimum sınırı içindedir.

Çizelge 4.18. Hayvancılık için su kalite parametreleri (m/ℓ) kılavuzu kullanır (Altoviski, 1962).

Parametre(m/ℓ)	Çok iyi	İyi	İzin verilebilir	Maksimum sınırı
Na^{+}	800	1500	2500	4000
Ca^{+2}	350	700	900	1000
Mg^{+2}	150	350	600	700
Cl^{-}	900	2000	4000	6000
$SO4^{-2}$	1000	2500	4000	6000
TDS	3000	5000	10000	15000
T.H	1500	3200	4700	54000

4.5.6.3. Suların inşaat yapımında kullanıma uygunluğu

Altoviski (1962) tarafından önerilen sınıflandırma, amaç oluşturmak için su örneklerinin uygunluğunu değerlendirmek için kullanılmıştır (Çizelge 4.20). Bu sınıflandırmaya göre, tüm yüzey suları bina yapımında kullanıma, uygundur. Yeraltı suyu örneklerinin ise % 52 (W1, W2, W3, W9, W11, W14, W16, W20, W21,W24,W25, W26, W28, W30 ve W36) izin verilen sınırlara göre bütün iyonların artış nedeniyle bu amaç için uygun değildir.

Çizelge 4.19. Bina kullanım için su kalite standardı (Altoviski, 1962)

Parametreler (m/ℓ)	Na^{+1}	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Cl^{-1}	SO_4^{-2}	HCO_3^{-1}
İzin verilen sınır	1160	437	271	2187	1460	350

4.5.6.4. Suların endüstriyel amaçlar için uygunluğu

Hem'e göre, tüm Dewereg ve Teeb nehirlerinin suyu yumuşak içme şişeleme ve hidrolik çimento üretimi, dışındaki tüm endüstriler kullanmak için uygun değildir. İken tüm yeraltı suların yüksek iyon konsantrasyonu nedeniyle, her türlü sanayi için uygun değildir.

Çizelge 4.20. Endüstriyel kullanımlar için su kalitesi standartları (Hem,1991)

Parametreler	Kimyasal ve kâğıt		Tekstil	Ahşap kimyasallar	Sentetik kauçuk	Petrol ürünleri	Kurutulmuş, dondurulmuş, konserve meyveler ve sebzeler	İçme suyu ve şişeleme.	Deri tabaklama	Hidrolik çimento üretimi
	Ağartılmamış	Ağartılmış								
Ca^{+2}	20	20	0	100	80	75		100		
Mg^{+2}	12	12	0	50	36	30				
HCO_3^-			0	250						
SO_4^{-2}			0	100			250	500	250	250
NO_3^-			0	5			10			
Cu			0.01							
TH	100	100	25	900	350	350	250		soft	
TDS			100	1000		1000	500			600
PH	6-10	6-10	2.5-	6.5-	6.5-	6-9	6.5-8.5		6-8	6.5-
Cl^-	200	200	0	500		300	250	500	250	250
Birimler (m/ℓ)										

4.5.6.5. Sulama suyu için uygunluk

-Wilcox Diyagramı,

Wilcox diyagramı üzerinde, sodyum (alkali) tehlikesi ve tuzluluk tehlikesinin belirlenmesi amacıyla düşey eksene Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) ve yataya eksene EC değerleri işaretlenmiştir. Ayrıca, Wilcox diyagramı ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı olarak ta bilinir (Şekil 4.36).

Wilcox diyagramında düşey eksende SAR değerleri, yatay eksende elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin işaretlenmesiyle suların sulama suyu sınıflandırılması

yapılmaktadır. ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramında geçen tuzluluk ve sodyum sınıflarının anlamları şu şekildedir;

C1: (EC değeri 0-250 µS/cm arası), az tuzlu sular, çoğu toprakta her türlü bitkinin sulanmasında kullanılabilir.

C2: (EC değeri 250–749 µS/cm arası), orta tuzlu sular, tuzluluk kontrolüne gerek kalmaksızın, tuza orta derecede dayanıklı bütün bitkilerin sulamasında kullanılabilir.

C3: (EC değeri 750-2249 µS/cm arası), Yüksek tuzlu, olan suları göstermektedir. Drenaj durumu iyi olmayan topraklarda ve tuza hassas bitkiler için kullanılmamalıdır. Tuza dayanıklı bitkiler seçilerek ve tuz kontrolü yapılarak kullanılabilir.

C4: (EC değeri 2250–5000 µS/cm arası), Çok yüksek tuzlu, geçirgenliği ve akaçlaması çok iyi topraklarda, zeminin yıkanmasını sağlamak için bol su verilmeli ve tuza çok dayanıklı bitki türleri seçilmelidir.

Genel Sodyum Tehlikesi Özellikleri:

S1: Az sodyumlu suyu göstermektedir. Bu sınıftaki bir su, sodyum tehlikesi yaratmaksızın hemen her tür topraklarda kullanılabilir.

S2: Orta sodyumlu suyu temsil eder. Fazlaca değişebilir sodyum var demektir. Geçirimli veya bol jipsli arazilerde kullanılabilir.

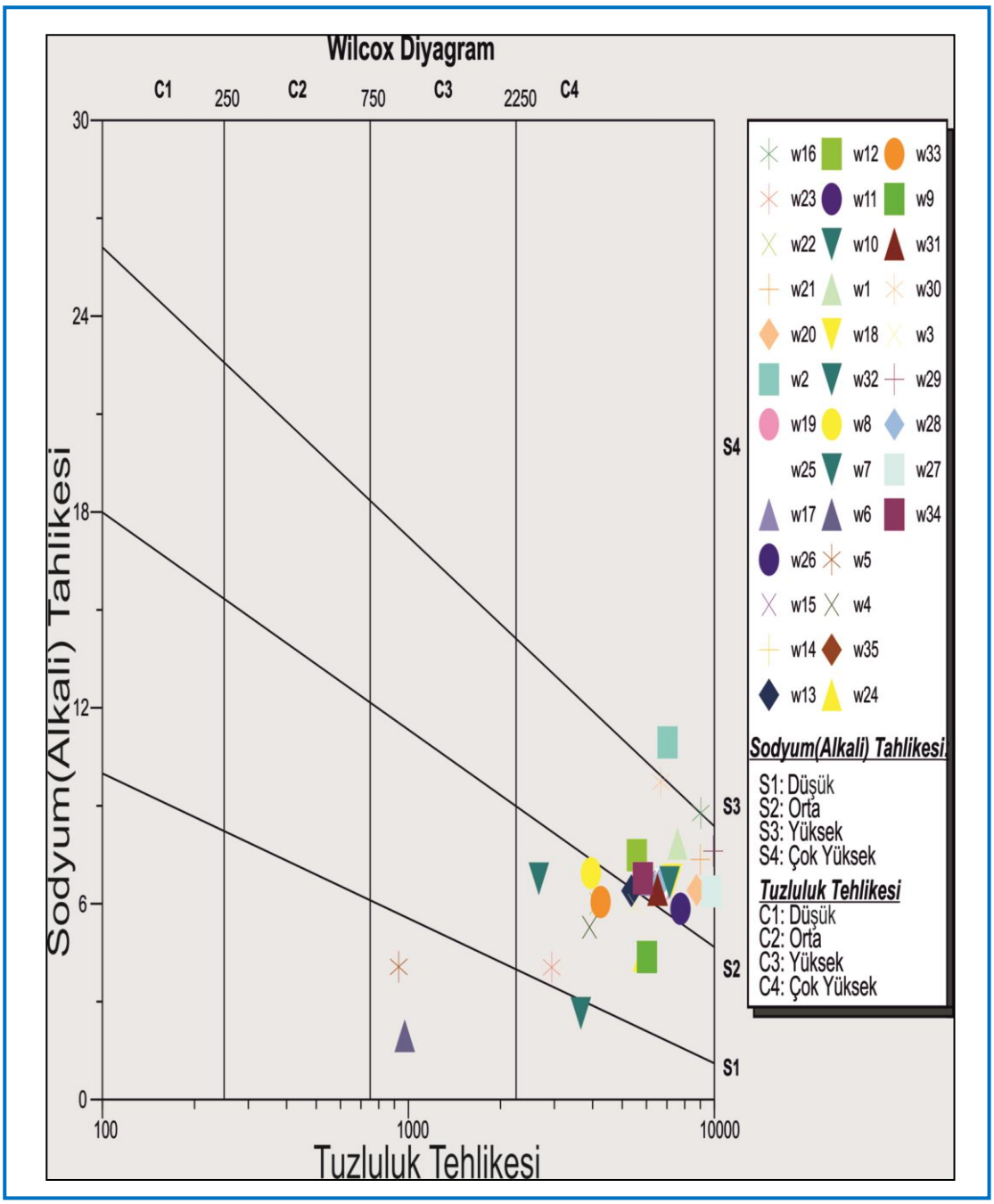
S3: Yüksek sodyumlu suları gösterir. Birçok toprakta sodyum tehlikesi yaratır ve sodikleşmeye yol açar. Çok iyi geçirimli ve akaçlama gösteren arazilerde bol su kullanılarak, belirli sürelerde yapılacak kimyasal testlerle sodyum tehlikesi denetlenmelidir.

S4: Çok yüksek sodyumlu suları ifade eder. Genel olarak, sulama amaçlarına uygun değildir. Ancak tuzluluğun orta ve düşük olması ile sulamada kullanılabilir (Schlumberger Water Services, 2012). C1-S1, C2-S1, C3-S1 her türlü sulamada,C4-S1, C3-S2 bazı özel koşullarda kullanılabilir. C4 - S2, C4 - S3 sulamada kullanılmamalıdır. Wilcox diyagramı Şekil 4.36 a-b'de verilmiştir. Sularda yüksek tuz içeriği (yüksek elektriksel iletkenlik) tuzlu toprak formasyonlarının oluşmuna yol açarkan, yüksek sodiyum içeriği (SAR) alkalin bir toprak gelişmine yol açmaktadır (Çelik ve ark. 2088).

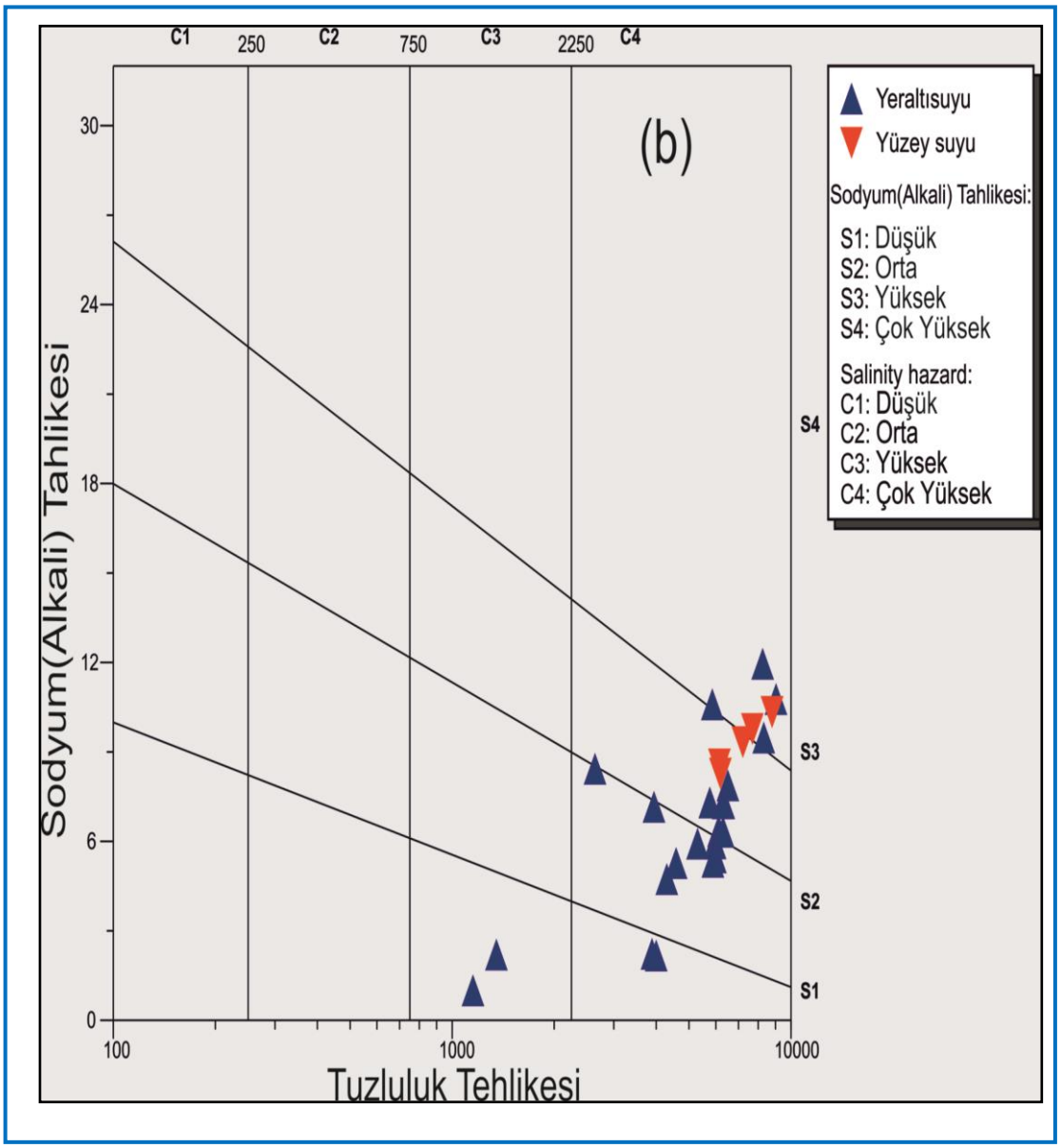
İnceleme alanındaki yüzey suları Wilcox diyagramında sulama suyu olarak genellikle C4-S3 ve C4-S4 sınıfına girmektedir. Bu sınıftaki sular, çok tuzlu, tuzluluk tehlikesi içerdiği ve sodyum tehlikesi oluşturduğu için sulamada kullanılmamalıdır.

Kurak ve yağışlı 2011 dönemi yeraltı suları S3 örneği, az tuzlu, her toprakta tüm bitkiler için tuzluluk ve sodyum tehlikesi oluşturmadan kullanılabilen C3-S1

sınıfındandır. SAR değerleri birbirine yakın olması sebebiyle tüm örnekler, (S1) "Az sodyumlu sular" sınıfında yer almış ve sodyuma karşı duyarlı olan bitkilerin dışında her türlü tarım için uygun sulardır. Sınıflamalarda etkili olan diğer parametre ise elektriksel iletkenliktir. Bu diyagrama göre dereler, kuyu ve su kaynaklarına ait su örneklerinin bulunduğu alanlar birbiri ile benzerlik gösterirler. Ayrıca su örneklerinin hem tuzluluk hem de sodyum tehlikesi bakımından bu sulara göre yüksek değerlerde olduğu söylenebilir.



Şekil 4.36 a. Çalışma alanındaki su örneklerine ait Wilcox diyagramı a: Mayıs 20012



Şekil 4.36 b. Çalışma alanındaki su örneklerine ait Wilcox diyagramı b: Aralık 2011

Çalışma alanındaki hidrokimyasal parametrelerin çoğunda değişimlerin, ve onların Dewereg ve Teeb dereleri ile ilişkileri, jeokimyasal modellemenin varyasyonları ile kantitatif yorumlanmasında için etkili bir araçtır.

4.6. Jeokimyasal Modellemesi

4.6.1. Giriş

Jeokimyasal modeller su-kaya etkileşimlerini incelemek için genellikle iyon ilişkisini ve suluların türleşmeleri gibi kimyasal modelleri kütle transferi hakkındaki mineralojik veriler ve varsayımlarla birleştirirler (Nordstrom, 1999). Modeller hakim jeokimyasal reaksiyon belirlenmesi de dahil olmak üzere çeşitli amaçlar, için kullanılabilir. Bu reaksiyonlarla meydana gelen yeraltı suyu akışı yönü ve oranların ile inorganik kirleticiler tahmin edilebir (Plummer, 1992).

Plummer (1984) genel yaklaşım için iki jeokimyasal modelleme önermiştir.

İleri jeokimyasal modelleme: Başlangıç olarak bilinen bir bileşime sahip su ile bilinen mineralojik bileşime sahip bir kaya alınarak, kaya ve su fazı oluşturularak yapılan deneylere göre kaya ve su reaksiyona girer (sabit veya değişken sıcaklık, basınç ve su bileşimi). İleri modellemede, ürünler varsayılan bir dizi koşul (denge veya dengesizlik, çökelmeye izin verilen veya izin verilmeyen fazlar v.s.) ve termodinamik ve/veya kinetik veriler gereklidir (Nerdstrom, 2005).

Ters jeokimyasal modelleme : Ters modelleme, ilerideki bileşimleri tahmin etmek yerine doğal (veya kirlenmiş) suların gözlenen kimyasal ve izotopik gelişimini açıklamak için kullanılır. Bilinen bir mineralojiye sahip bir kayayla reaksiyona girmiş olan bir akış yolu boyunca bir veya iki gerçek su analizi dizisi düşünüldüğünde, reaksiyonların sonucu ortaya çıkar. Tersinir modellemede reaksiyonlar bilinen saha koşullarından (bilinen su kimyası gelişimi ve bilinen mineraloji) ve varsayılan mineral reaktiflik ile hesaplanırlar. Ters modelleme kütle veya mol balansına dayalıdır ve doygunluk indisleri faydalı kısıtlamalar sağlasa da, termodinamik ve kinetik veriler gerekli değildir. Göreceli kinetik (yani göreli mineral reaksiyon oranları) sonuçların bir bölümü olarak ortaya çıkartılmaktadır (Nordstrom ve ark 2005). Genel olarak, jeokimyasal modelleme üç farklı faaliyeti içerir. Kimyasal türleştirme (speciation), belirli reaksiyon yol boyunca kütle dengesi hesaplamalarına göre mineral kütle transferi ve diğer jeokimyasal süreci karıştırarak işleme modeli gibidir.

4.6.2. Jeokimyasal türleşme modellemesi (Geochemical speciation modeling)

Çeşitliliğin hesaplanması, pek çok jeokimyasal modelde esastır ve rutin olarak tüm büyük iyonların belirlendiği su analizinin yorumlanmasında kullanılmaktadır. Türleşme sonuçları, çeşitli minerallerle ilgili olarak bir sulu çözeltinin doygunluk derecesini hesaplamak için gereklidir. Türleşme hesaplamaları, su-kaya etkileşimlerinde bazı sınırlayıcı kısıtlamalar getirebilir. Ama bunların pek çoğu hangi reaksiyonların muhtemelen termodinamik olduğuna işaret etmektedir. Jeotermal akışkanların hidrojeokimyasal değerlendirilmesi için çözünmüş iyon ve bileşiklerin termodinamik davranışlarının bilinmesi gerekir. Tüm çözeltilerde olduğu gibi jeotermal akışkanların içindeki bir bileşiğin termodinamik hareketi ise bu bileşiğin derişimi (konsantrasyonu) yerine etkinliğiyle belirlenmektedir. Türleşme modelleri sulu çözeltinin faaliyetleri, molaliteleri ve mineral fazların doygunluk indeksleri de dâhil olmak üzere çözümleriyle termodinamik özellikleri hesaplanmaktadır. Ball ve Nordstrom, (1991, 2001) tarafından geliştirilen WATEQ4F programı su örneklerinin kimyasal analizi, iyonik kuvvet, belirli bir mineral faz doygunluğu, indeks olarak ve CO_2 gazı kısmi basıncı gibi farklı parametrelerinin hesaplanması için kullanılmıştır. Kitlesel aksiyon yasası, su içinde dengeleri açıklaması için temeldir. Bu genelleştirilmiş bir tip reaksiyonu belirtir.

"Aşağıdaki A,B, … tepken (reaktif) maddeleri ve E,F,.., ürünleri arasındaki genel kimyasal reaksiyonu göstermektedir.

$$aA + bB + \ldots \longrightarrow eE + fF \quad \ldots\ldots\ldots\

4.6.3. Aktivite katsayıları

Düşük sıcaklık jeokimyasında, çeşitli reaksiyonları tanımlayan sulu elektrolitler ve denge sabitleri, aktivite katsayılarıyla veya sulu elektrolit çözeltiler için ideal olmaması nedeniyle sıkı bir şekilde bağlantılıdır. Standart durum koşulu için sınırsız sulandırma tarafından tanımlanan termodinamik denge sabitleri, hareket katsayılarının kullanımını gerektirir. Ancak, diğer iyonlarla ve çözücü suyla olan etkileşimler ideal olmayan davranışa neden olacak kadar güçlüdür ve kimyasal potansiyel yoğunluğuyla ilgili olan karakteristik özellik **aktivite katsayısıdır** (γ_i).

Kimyasal türlerin aktivitesi, aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir:

$$a_i = \gamma_i m_i \quad \text{.....(4.8)}$$

Burada:

a_i : kimyasal türlerin aktivitesi ya da iyon etkinliği

i :türlerin molalitesi

γ_i :iyon etkinlik katsayısı

Biz birkaç farklı etkinlik modellerinden biri ile iyonları için aktivite katsayısı hesaplayabiliriz. İyon etkinlik katsayısının hesaplanmasında aşağıdaki Debye-Hückel bağıntısı kullanılır (Parkhurst ve Plummer, 1993).

$$\log \gamma_i = \frac{Az_i^2 (I)^{0.5}}{1 + Ba_i (I)^{0.5}} \quad \text{.....(4.9)}$$

Burada:

A ve B : sıcaklık ve basınca bağlı sabitlerdir.

a_i : Suda çözünmüş iyonların boyutlarına bağlı bir parametre

Z_i : iyonik yüktür

I : iyonik güç (Ionic strength)

Bundan sonra, iyonik kuvvet aktivite katsayısı denklemlerinde bir parametre olarak kullanılmıştır.

İyonik güç aşağıdaki denkleme göre hesaplanır (Merkel ve Friedrich, 2008) :

$$I = \frac{1}{2} \sum m_i z_i^2 \quad \text{.....(4.10)}$$

Burada:

I : iyonik kuvvet

m_i : her bir iyonun molaritesi olarak derişimi

Z_i : her bir iyonun değerliği

Tüm serbest iyonlar, iyon çiftleri, üçlüleri vs. için türlülük ve aktiviteler hesaplandıktan sonra, bir mineral doygunluk indeksi hesaplanabilir. Su-mineral denge durumu kısaca doygunluk indisi (Saturation Index: SI) her mineral için özellikle sıcaklık ve kısmen de basınçla değişir. Termodinamik yöntemlerle hesaplanan mineral doygunluk indisi sonuçları aşağıdaki gibi yorumlanmaktadır. Doygunluk indeksi, (SI) iyon aktivite ürünü oranının, (IAP) çözünürlük ürün sabitine, (Ksp) logaritması olarak tanımlanır (Plummer ve ark., 1983).

$$SI = \log\left[\frac{IAP}{K_{SP}}\right] \quad \text{.....(4.11)}$$

SI = 0 ise su ile ilgili mineral dengededir

SI > 0 ise su ilgili minerallere aşırı doygundur (mineral çökeltici özelliktedir)

SI < 0 ise su ilgili minerallere doygun değildir (mineral çözücü özelliktedir).

Kayaç-yeraltısuları etkileşimi, hidrojeokimyasal ortam hakkında yorum yapılmasını sağlar. Bu nedenle yeraltısuyunun çeşitli mineraller bakımından doygunluğunun araştırılması gerekir. Doygunluk indeksi, suların çözünmüş mineraller açısından denge durumundan sapmalarını sayısal olarak belirtir (Apello ve Postma, 1999; Drever, 1997; Langmuir, 1997).

Kısmi karbondioksit basıncı (P_{CO2}), karbonatların çözünmesini ve çökelmesini kontrol eden önemli bir faktördür. Yine kısmi CO2 basıncının da kısmi atmosfer basıncından ($10^{-3.5}$ atm) yüksek olması durumunda su, çökeltici ve gaz çıkartıcı özelliğe sahip olarak yorumlanabilir. Kısmi CO_2 basıncı değerleri aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır. (Cardenal ve ark., 1994):

$$\log P_{CO2} = \log k + \log\alpha HCO^{-} + \log\alpha H^{+} - \log\alpha H_2O \quad \text{.....(4.12)}$$

Burada:

K: denge sabiti

α : türlerin aktifliği

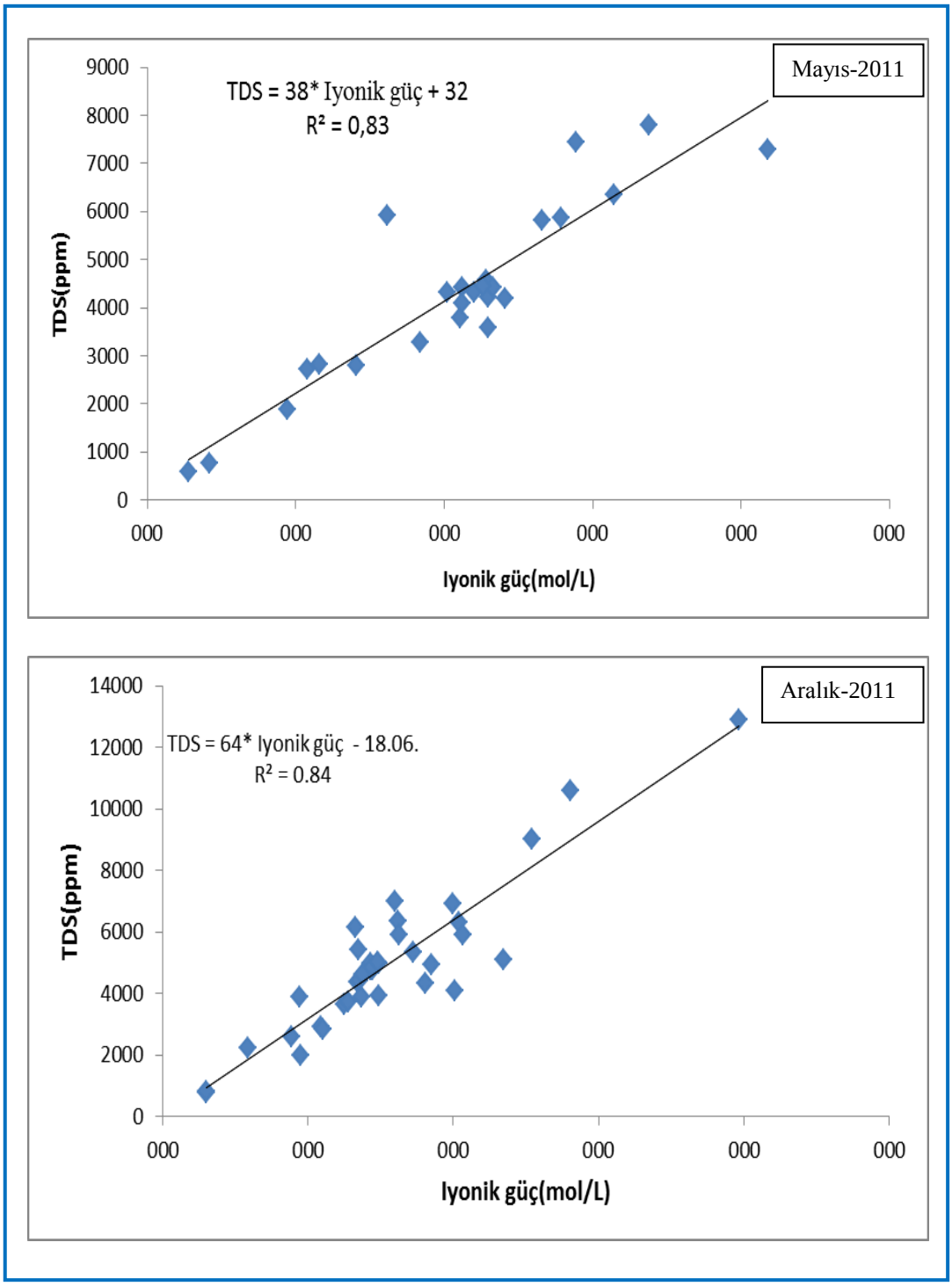
4.6.4. Jeokimyasal türleşme sonuçları (Geochemical speciation results)

İki çalışma dönemi için (Mayıs ve Aralık, 2011) yeraltı suyu örneklerinin sıcaklık, pH, majör, minör ve bazı eser elementler, WATEQ4F bilgisayar yazılımı için girdi verisi olarak kullanılmıştır. İki örnekleme döneminin iyonik güç hesapları ile ilgili detaylı sonuçları Ek 2'de sunulmuştur. Sınırlar ve ortalamalarda Çizelge 4.21'de verilmiştir. Çalışma döneminde iyonik güç ve toplam çözülen katı madde (TDS) arasındaki ilişkiler Şekil 4.37'de sunulmuştur. Burada Mayıs ve Aralık (2011)'de nispeten güçlü ilişkiler 0.83 ve 0.84 r^2- değerleri ile görülmektedir. P_{CO2} ve doygunluk endekslerinin ayrıntılı sonuçları Ek 4'de çizelgeler halinde verilmiştir. Sınır ve ortalama değerler Çizelge 4.21' te verilmiştir.

Çalışılan örneklerin P_{CO2} değerlerinin atmosferik değerler ile kıyaslanması, ($10^{-3.5}$ atm.) Sığ akiferin kısmen açık bir sistem olarak değerlendirilebileceğini göstermiştir (Suarez,1995). Gözlemlenen ana yeraltı sularının doygunluk endeksi, aşağıdaki şekilde açıklanabilir:

Çizelge 4.21 Çalışma alanındaki aralığı ve iyonik güç ortalama değerleri, Log Pco_2 ve mineral doygunluk indeksleri.

Parametre & mineral fazları	Mayıs 2011		Aralık 2011	
	Minimum - Maksimum	Ortalama	Minimum - Maksimum	ortalama
İyonik kuvvet	0.01 - 0.20	0.08	0.01- 0.21	0.10
Aragonit	-0.53- 1.09	0.40	-0.57 – 1.25	0.26
Kalsit	-0.38 - 1.24	0.55	-0.42 - 1.39	0.41
Dolomit	-0.75- 2.42	1.02	-0.93 - 2.84	0.54
Jips	-1.46 - 0.12	-0.36	-1.33 - 0.18	-0.13
Anhidrit	-1.69- (-0.11)	-0.60	-1.57 – (-0.06)	-0.37
Halit	-6.38 – (-4.12)	-5.03	-7.15 - -4.37	-5.08
Siderit	-2.83 - 3.63	0.77	-	1.04
Stronsiyanit	-1.24- 0.59	-0.53	-1.31 – (-0.22)	-0.61
Sölestin	-1.03- (-0.07)	-0.31	-1.27 - 0.18	-0.07
Hematit	8.05 - 18.27	11.81	-	13.03
Götit	3.17- 8.35	5.07	-	5.508
LogPco2	-2.91 - (-1.26)	-1.82	-2.09 – (-0.70)	-1.65



Şekil 4.37. TDS ve iyonik güç ilişkisi

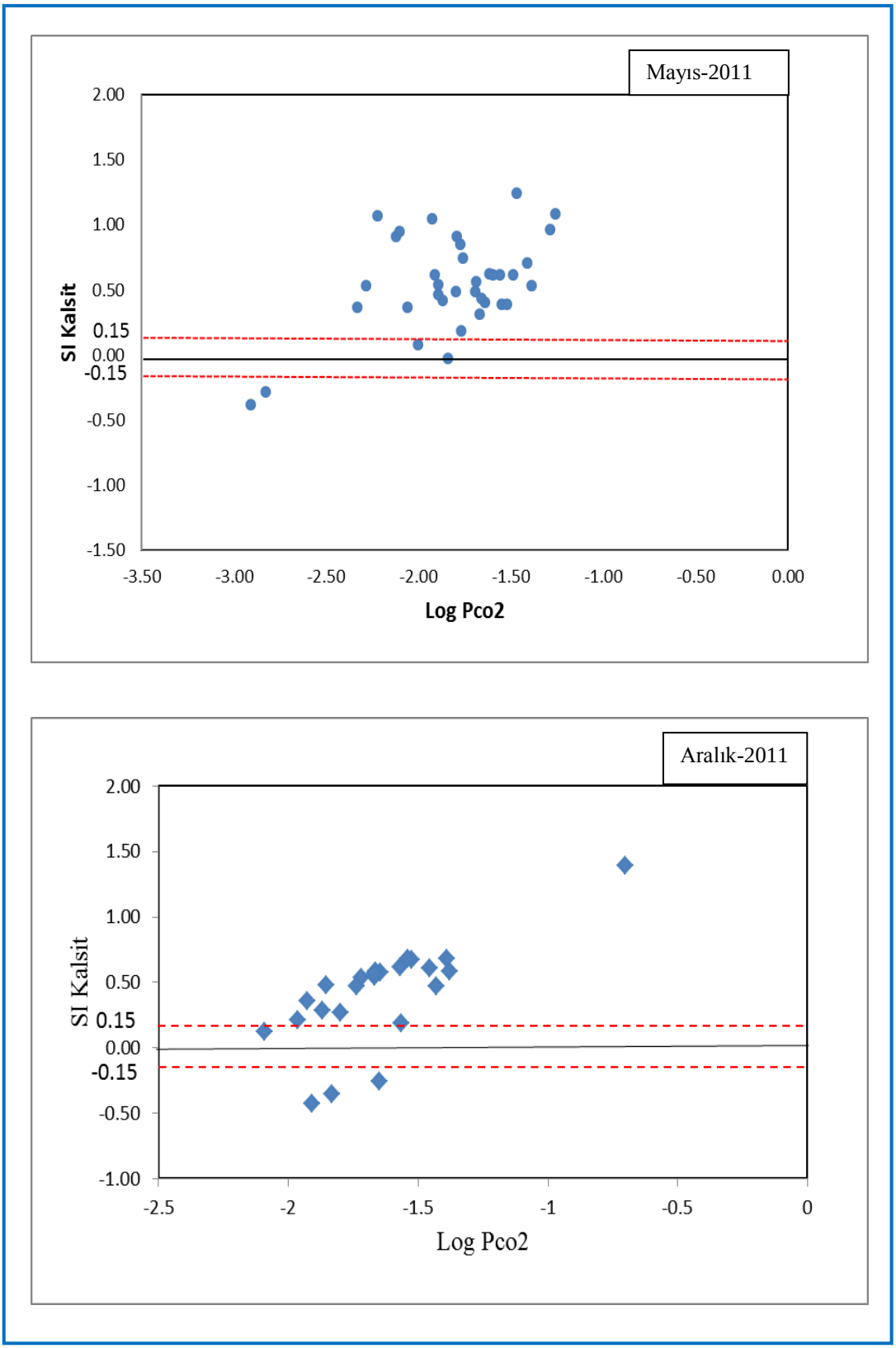
4.6.4.1. Karbonat mineralleri

Karbonat minerallerinin denge hesabı, kimyasal analizin doğruluğuna ve pH ölçümlerine bağlıdır. Kalsit için doygunluk dengesi ± 0.15 SI değerleri olarak varsayılırken, dolomit ± 0.5 aralığı içinde doymuşa yakın görünmektedir (Parkust ve Plummer, 1993). SI' nin hesaplanan değerleri Ek 3' te verilmiştir. Kalsit ve dolomitin SI

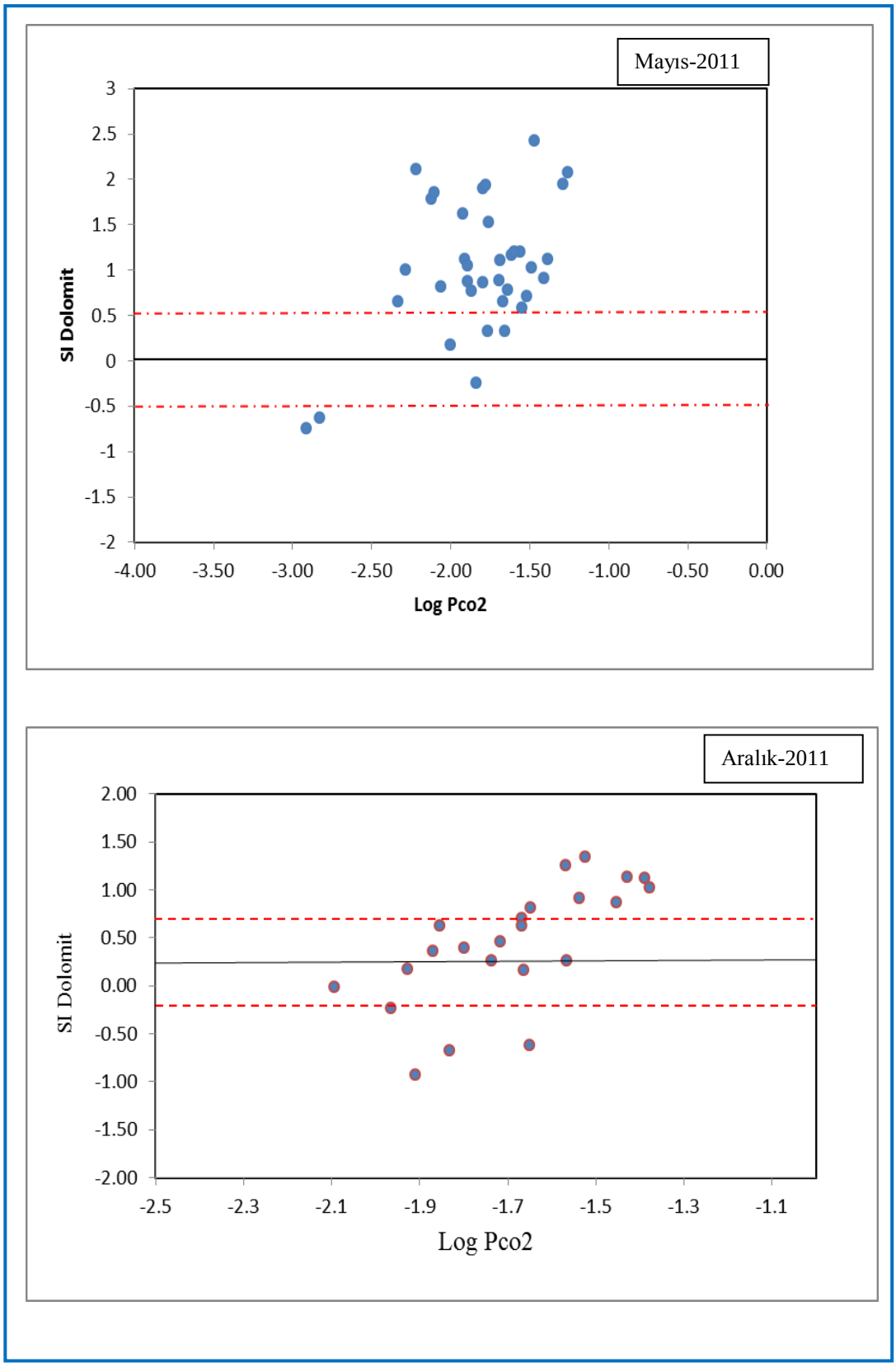
değerlerindeki yüksek varyasyon iki çalışma döneminde de gözlemlenebilmektedir. İlk dönemde kalsit için (Mayıs), toplam örneklerin % 8.3'ü doygunluk limitleri içindeydi (equilibrium), % 86.1 aşırı doymuş ve kalan kısım ise doymamış idi. Dolomit için % 13.88 doygunluğa yakın iken %86.1 aşırı doymuş idi. İkinci dönemde (Aralık), örnekler kalsit için % 12.5 doymuş, % 70 aşırı doymuş iken dolomit için örneklerin % 37.5' ü neredeyse doymuş ve % 50' si aşırı doymuş idi (Şekil 4.38 ve 4.39). Diğer karbonat mineralleri ile ilgili olarak (siderit ve strontianit), hesaplanan SI değerlerinde önemli bir değişiklik yoktu, yani örnekler bu mineraller ile doymuş ya da doymamış arasında idi. Stabil olmayan bir mineral olarak bilinen Aragonit, iki dönem için de fazla doymuş görüldü (Şekil 4.40 ve 4.41). Stronsiyanit de doygunluk endekslerinin kalsit, anhidrit ve selestit ile dengesinin bir sonucu olduğunu ve stronsiyanitin sistem içinde tepki verdiğinin görülmediğini belirtmek gerekir. Yani su bu mineraller ile doymuş olduğu sürece bu sonuç alınır. Akifer matrisinde stronsiyanit var olduğu sürece su asla doygunluğa ulaşamaz (Parkhurst ve Plummer, 1993).

4.6.4.2. Sülfat mineralleri

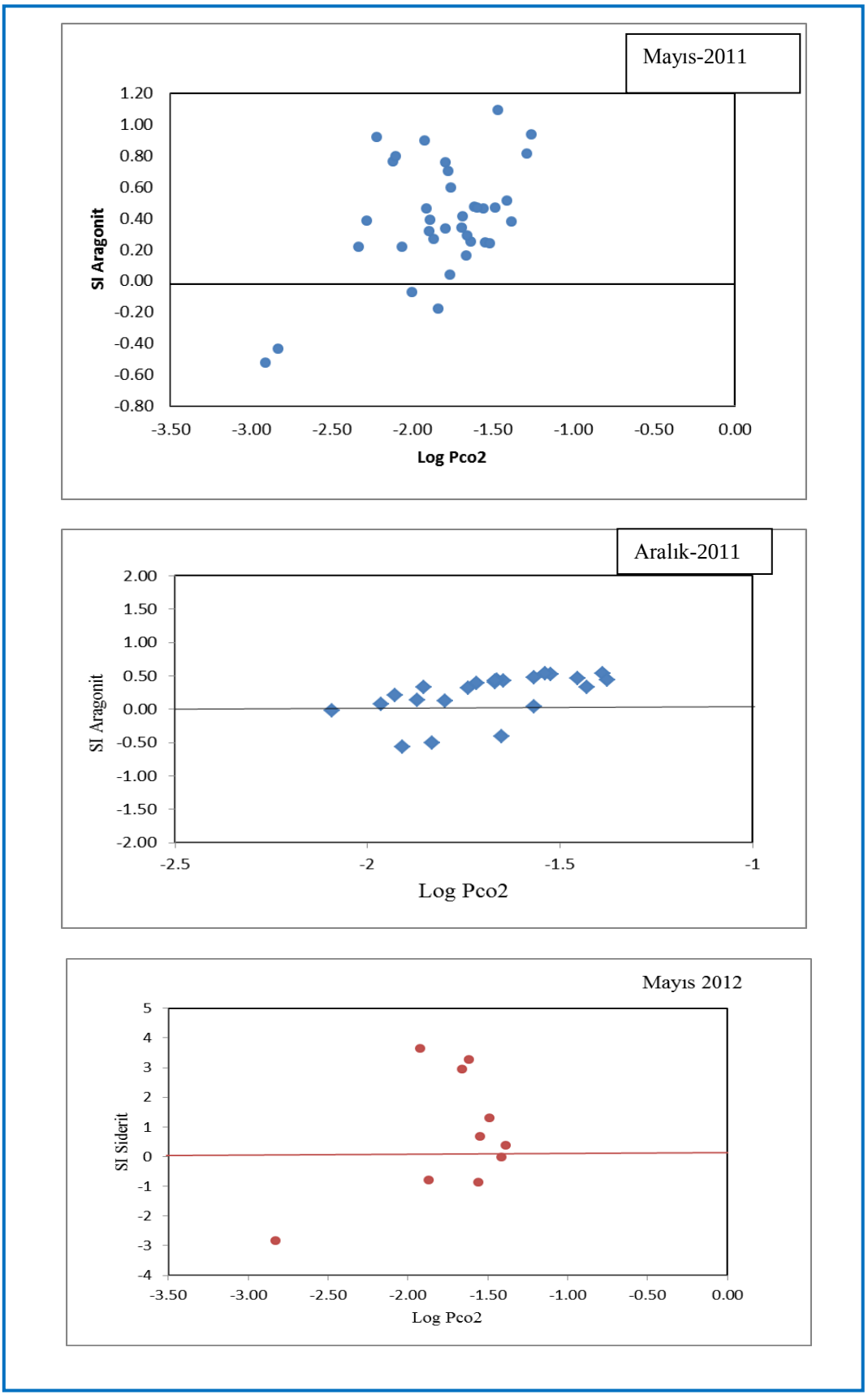
Jips, anhidrit ve selestitin hesaplanan SI değerleri, yeraltı sularının jips, anhidrit ve selestite doymamış olduğunu gösterirken, Aralık dönemi için selestite fazla doymuş olduğu görülmektedir (Şekil 4.42, 4.43 ve 4.45). Plummer ve ark. (1990), anhidrit yerine jips doygunluk endekslerini kullanmıştır çünkü jipsin stabilite sabiti bir sıcaklık fonksiyonu olarak daha iyi bilinir. Jips için ±3 SI değerinin için denge ya da doygunluk olduğu varsayılır (Sacks ve Tihansky, 1996). Selestit için satürasyon endeksleri jipse çok benzerdir, bu da doygunluğa yüksek sülfat konsantrelerinde ulaşıldığını gösterir.



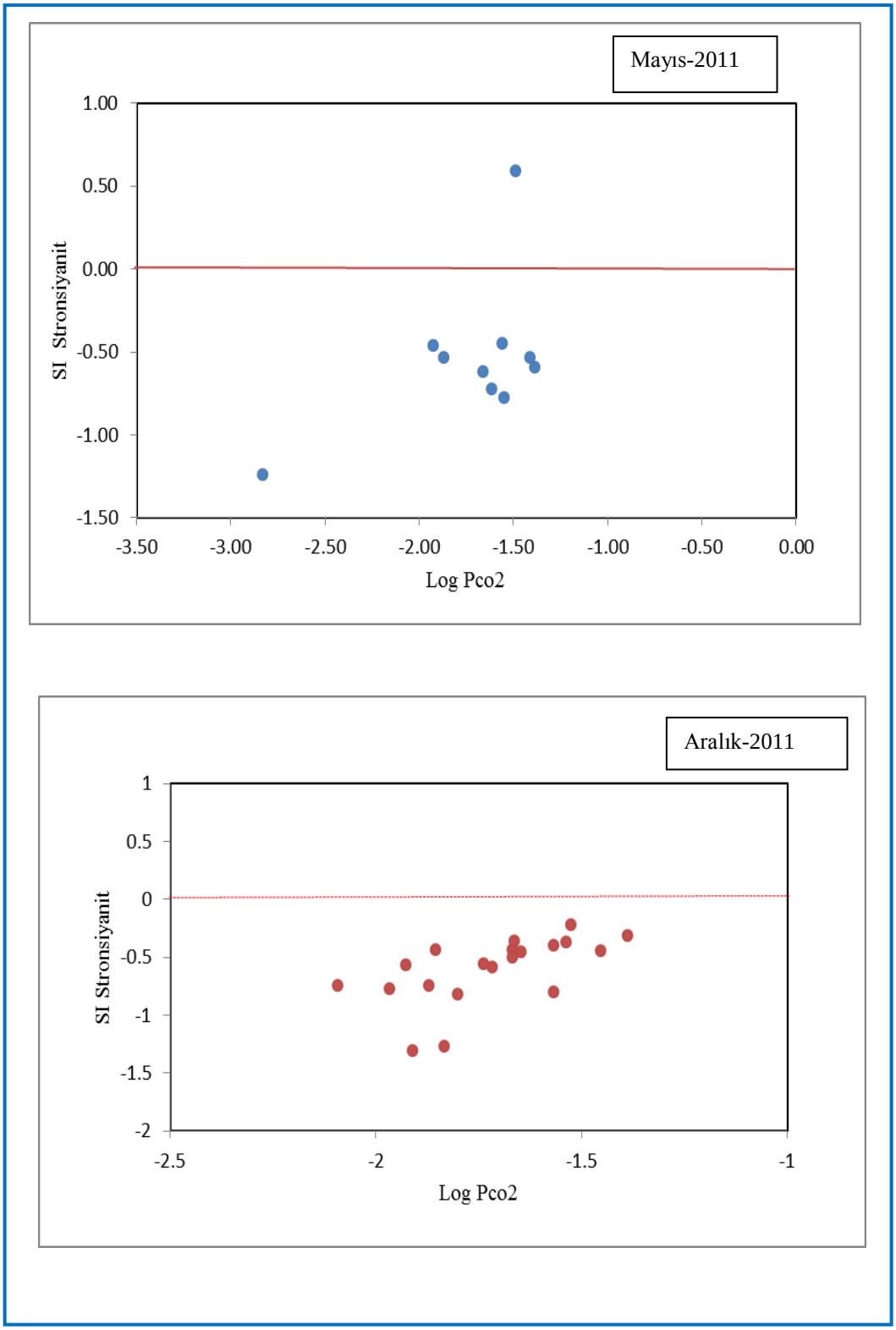
Şekil 4.38. Çalışma alanındaki yeraltı sularının LogPco_2 ve SI Kalsit ilişkisi ve doygunluk bölgeleri diyagramı



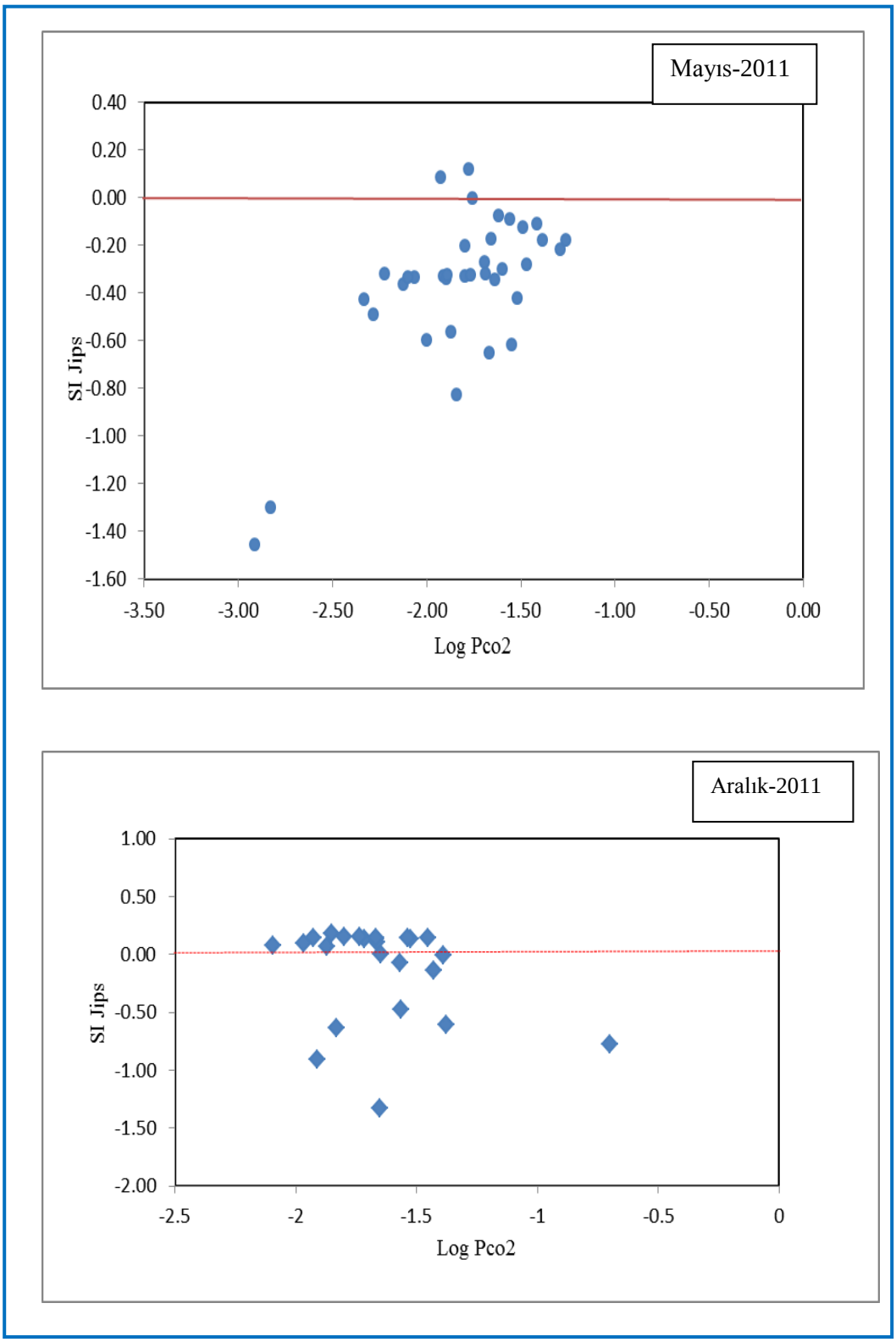
Şekil 4.39. Çalışma alanındaki yeraltı sularının LogPco_2 ve SI Dolomit ilişkisi ve doygunluk bölgeleri diyagramı



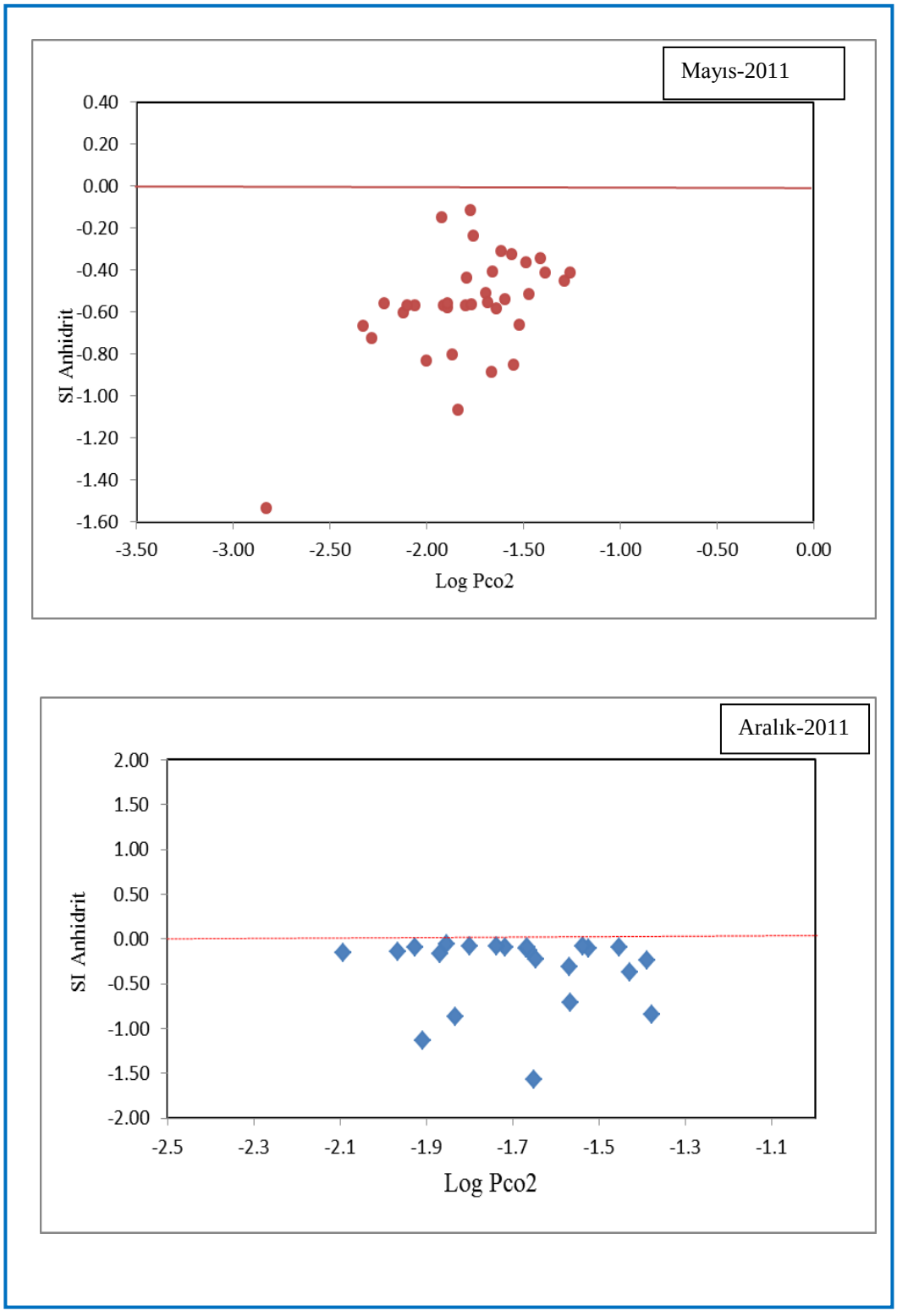
Şekil 4.40. Çalışma alanındaki yeraltı sularının $LogP_{CO2}$-SI Aragonit ile Siderit ilişkisi ve doygunluk bölgeleri diyagramı



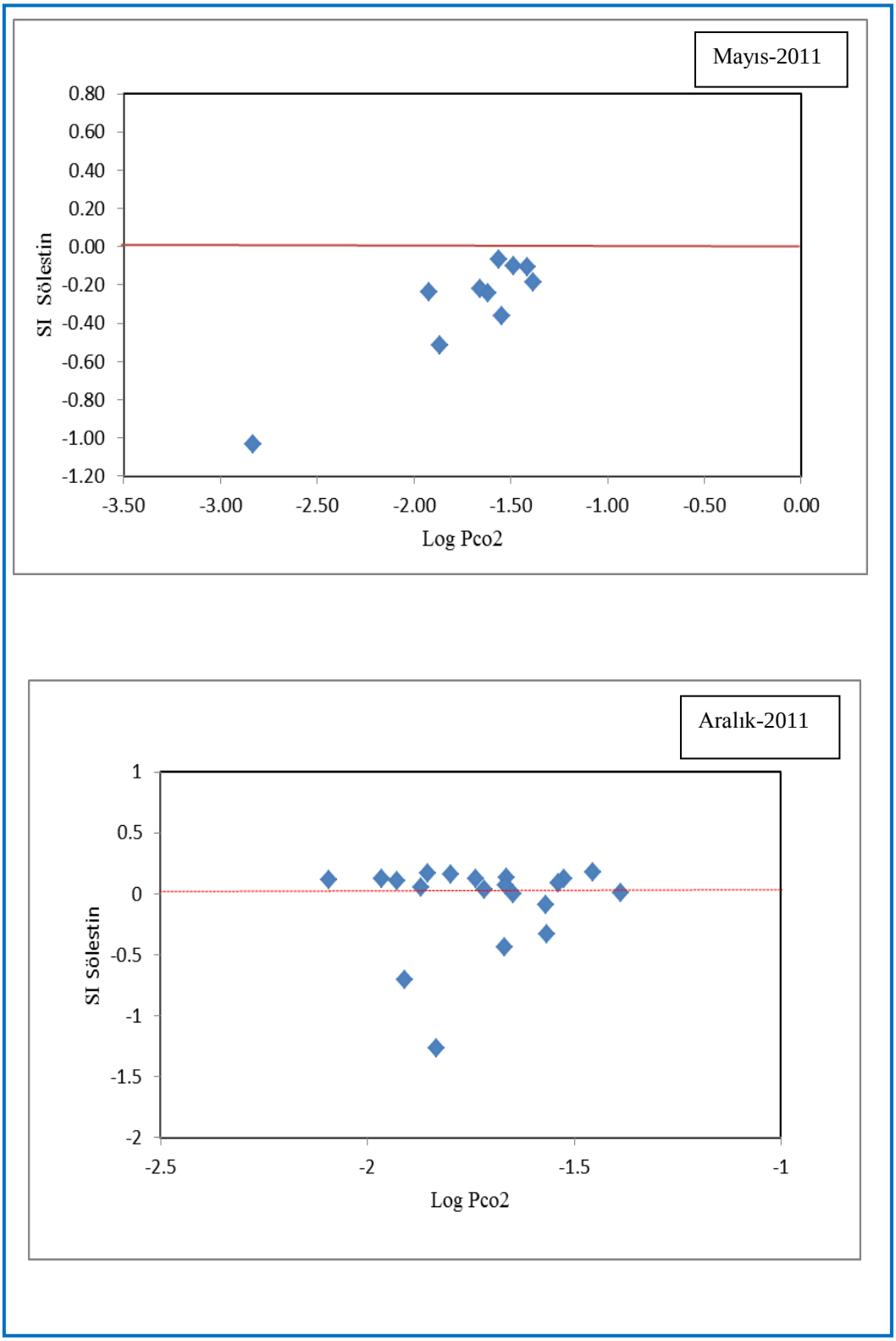
Şekil 4.41. Çalışma alanındaki yeraltı sularının $LogPco_2$- SI Stronsiyanit ilişkisi doygunluk bölgeleri diyagramı



Şekil 4.42. Çalışma alanındaki yeraltı sularının LogPco_2- SI Jips ilişkisi ve doygunluk bölgeleri diyagramı



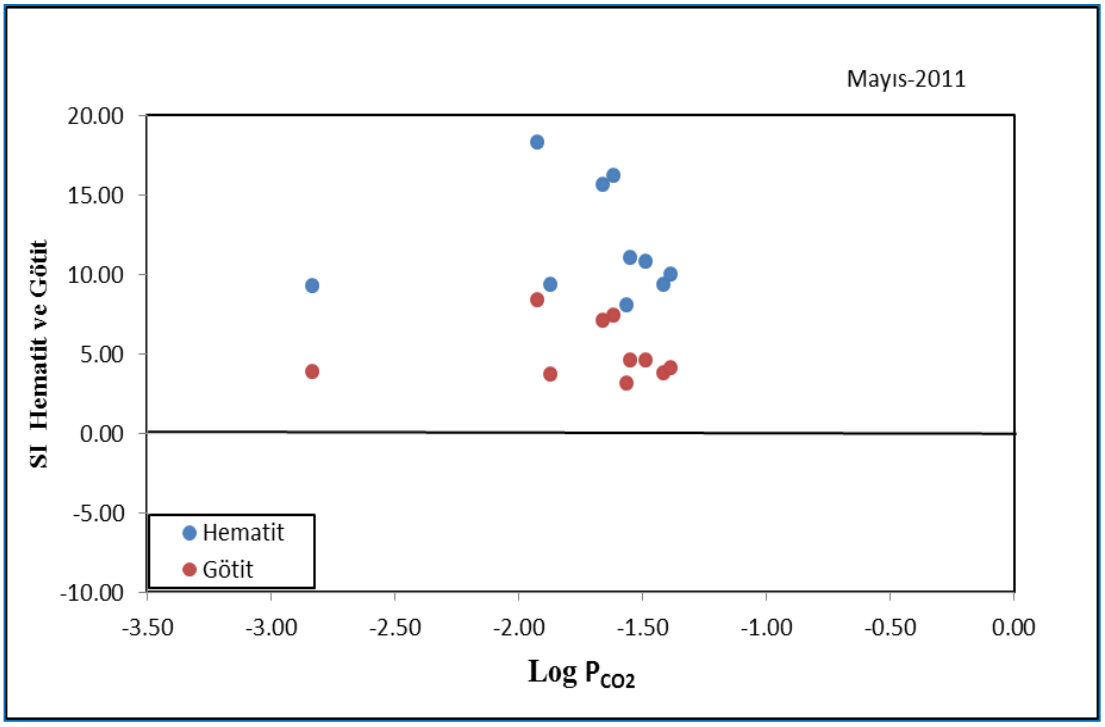
Şekil 4.43. Çalışma alanındaki yeraltı sularının LogPco_2- SI Anhidrit ilişkisi ve doygunluk bölgeleri diyagramı



Şekil 4.44. Çalışma alanındaki yeraltı sularının $LogPco_2$- SI Sölestin ilişkisi doygunluk bölgeleri diyagramı: Aralık

4.6.4.3. Diğer mineraller

Ana akiferin, iki çalışma döneminde de hematit ve götit açısından aşırı doyduğu görülmüştür (Şekil 4.47).



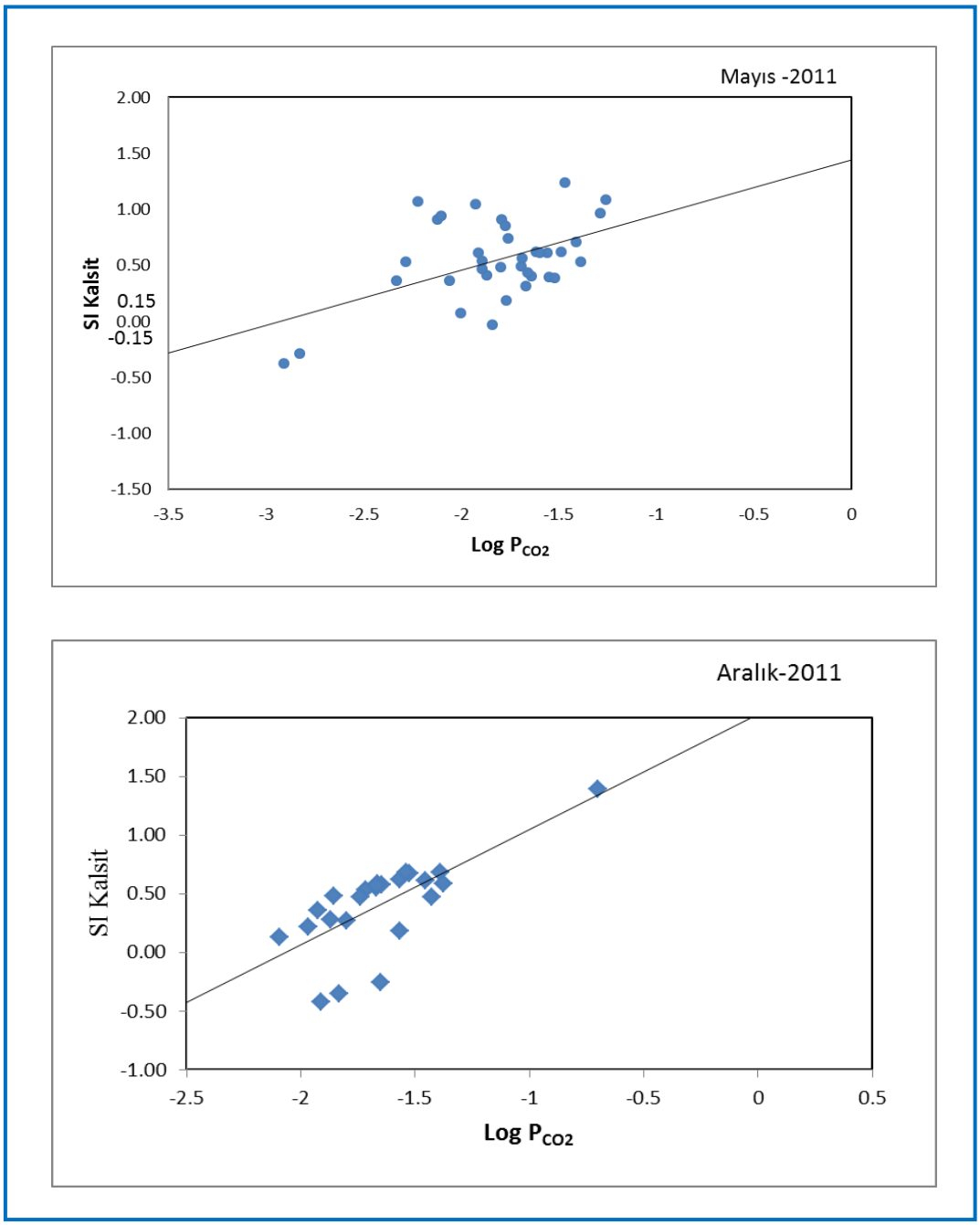
Şekil 4.45. Çalışma alanındaki yeraltı sularının LogPco$_2$- SI (Hematit ve Götit) ilişkisi ve doygunluk bölgeleri diyagramı

4.6.5. Karbondioksit basıncı (P_{CO2}) ve doygunluk indeksi (SI) ilişkileri

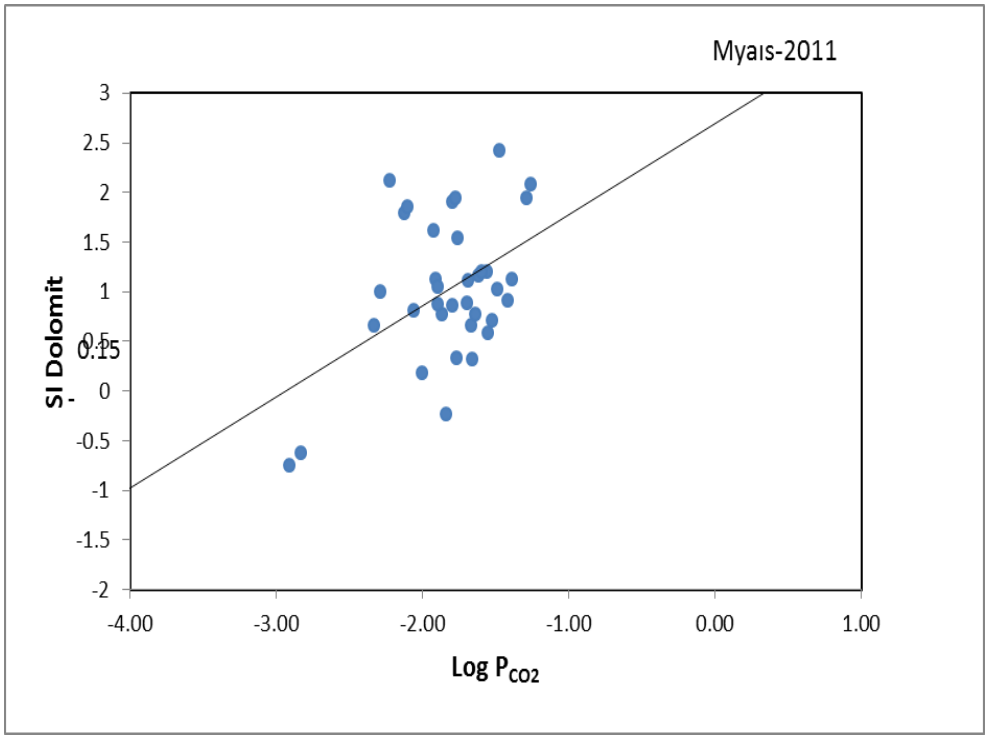
Mineral fazlarının çökelme ve çözülmesi kontrolünde CO_2'nin, özellikle karbonatların önemi nedeniyle, bu minerallerin P_{CO2} ve SI ile diğer minerallerin ilişkilerinin bilinmesi gerekmektedir. Mesela su–kaya etkileşiminde P_{CO2} artışı, mineral kümelenmelerinde kalsit yok iken mineral çözülmesi süreç ve büyüklüğünü etkiler. Atmosferden gelen çözülmüş CO_2 ile çözülen suda plajioklaz çözülmesi sırasında ve yeraltı şartlarında, mesela kaolinit doygunluğunda kalsit doygunluğu ve yüksek pH değerine kolayca erişilebilir (Chidambarmet ve ark., 2011). Bu ikinci örnek göstermiştir ki P_{CO2} aynı zamanda diğer silikat ve kil minerallerinin çökelmesini de etkiler. Yani gaz karışımındaki CO_2 konsantrasyonu düşük olsa da, yeraltı suyu ile etkileşim, silikat çözülmesi için yeterli olabilir. Yukarıda bahsi geçen tüm sebeplerden dolayı, Şekil 4.46-4.50'da verilen farklı minerallerin SI değerlerinin günlük P_{CO2} ile ilişkilerini açıklamak önemlidir ve bu ilişkilerin detaylı bir tanımı aşağıda verilecektir.

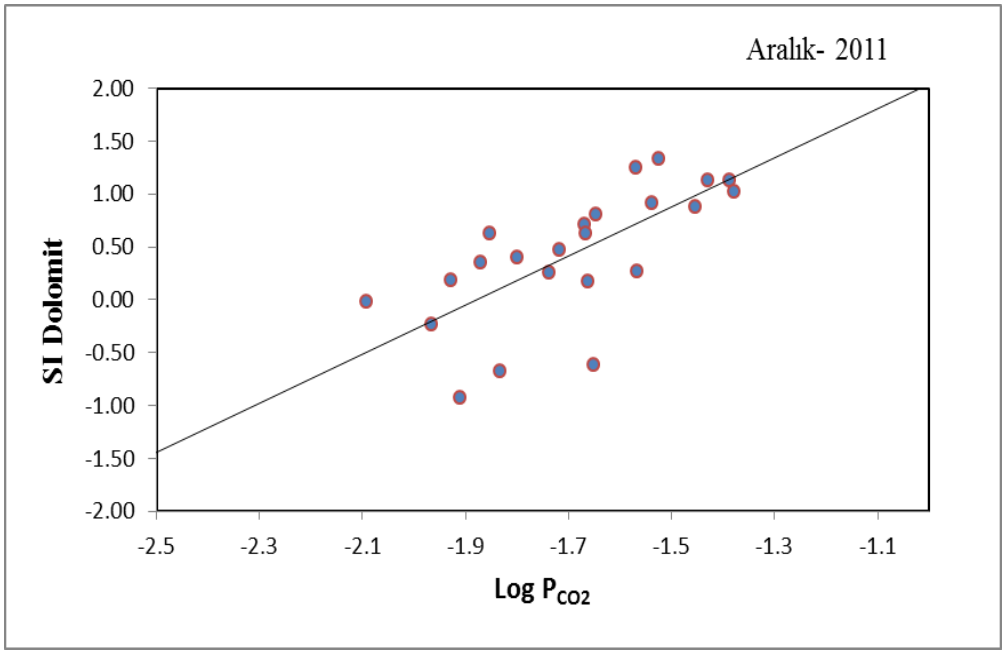
4.6.5.1. Karbonat mineralleri

Özellikle kalsit ve dolomit gibi karbonat mineralleri geçici varyasyonlar gösterir. Yani dolomit ve kalsit için iki çalışma döneminde P_{CO2} değerlerinde genel bir artış eğilimi vardır (Şekil 4.46 ve 4.47). Diğer karbonat mineralleri aragonit, siderit ve stronsiyanit, farklı geçici davranışlar gösterirler (Şekil 4.58, 4.49 ve 4.50). Mayıs ve Aralık aylarında, P_{CO2} değerlerinde aşırı bir artış görülmektedir.

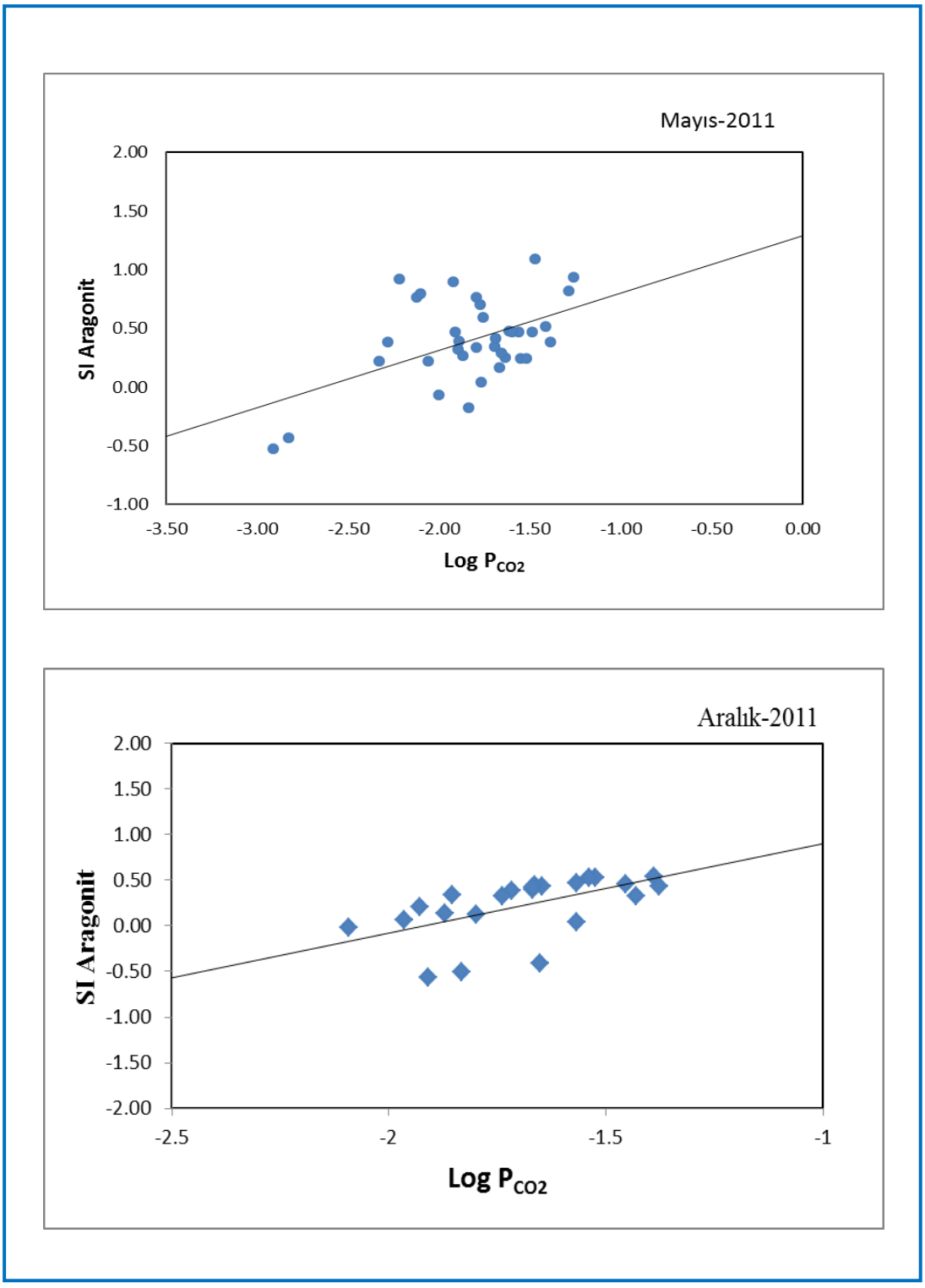


Şekil 4.46. Çalışma alanındaki yeraltı sularının LogPCO_2 - SI Kalsit ilişkisi diyagramı

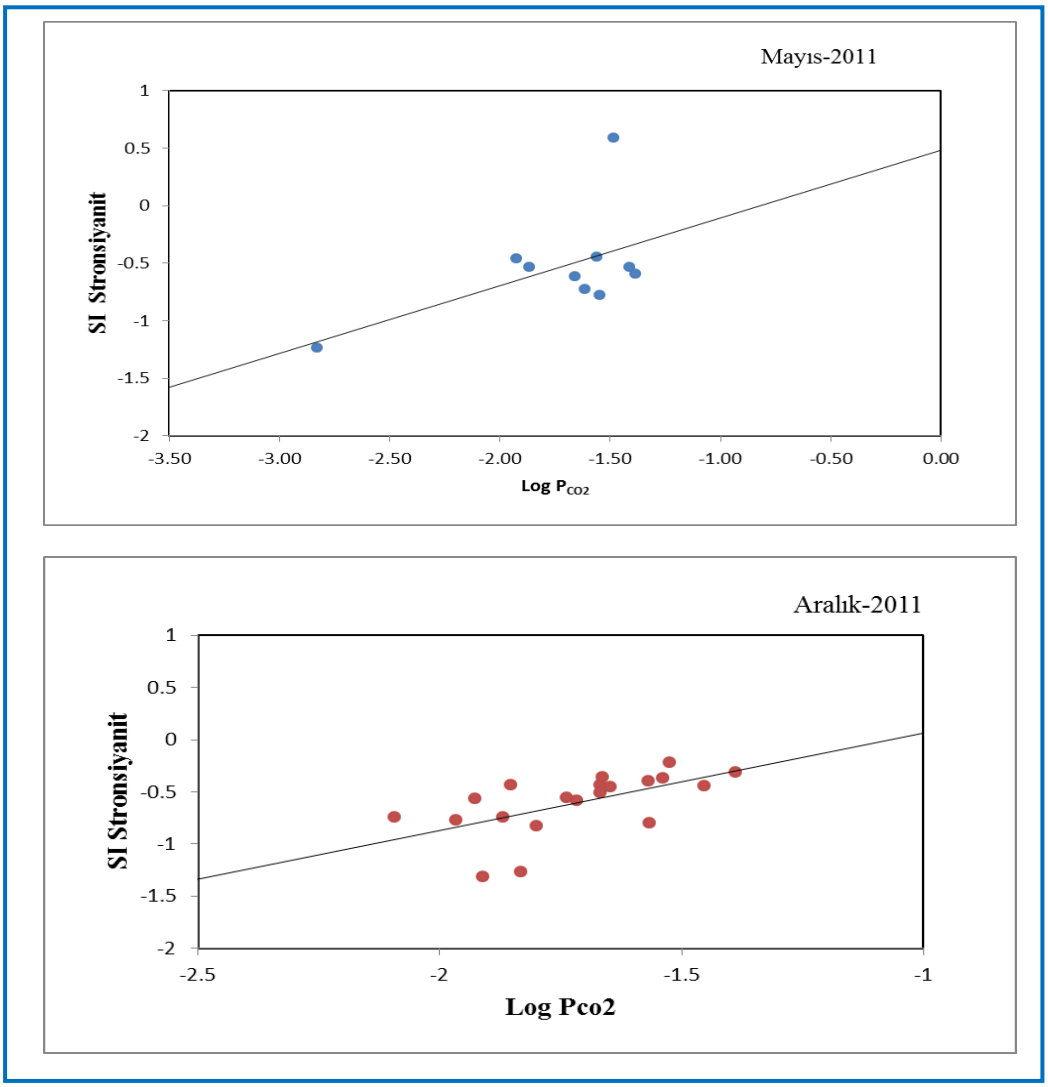




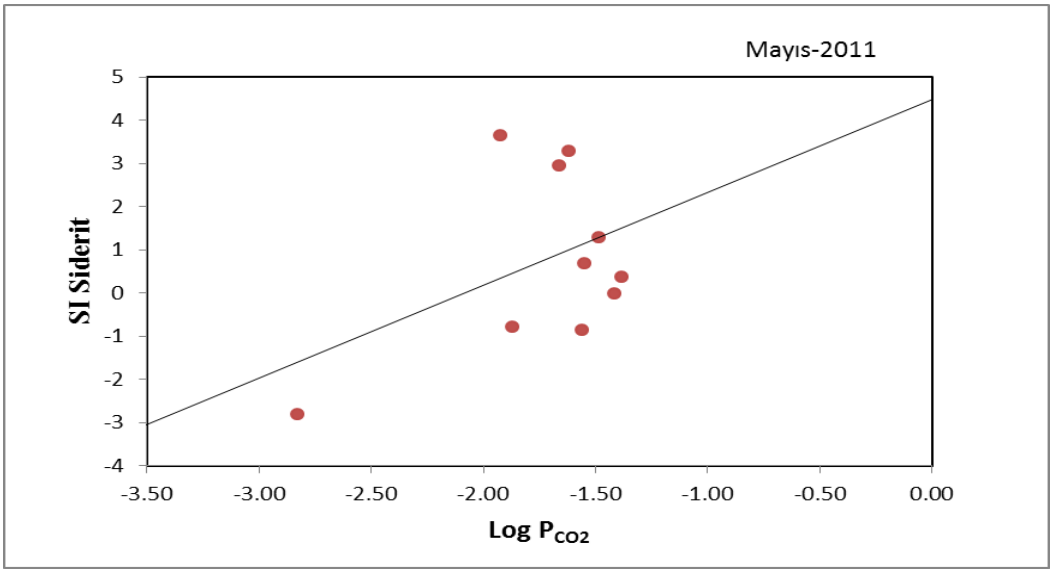
Şekil 4.47. Çalışma alanındaki yeraltı sularının $LogP_{CO2}$-SI Dolomit ilişkisi diyagramı



Şekil 4.48. Çalışma alanındaki yeraltı sularının $LogP_{CO2}$-SI Aragonit ilişkisi diyagramı



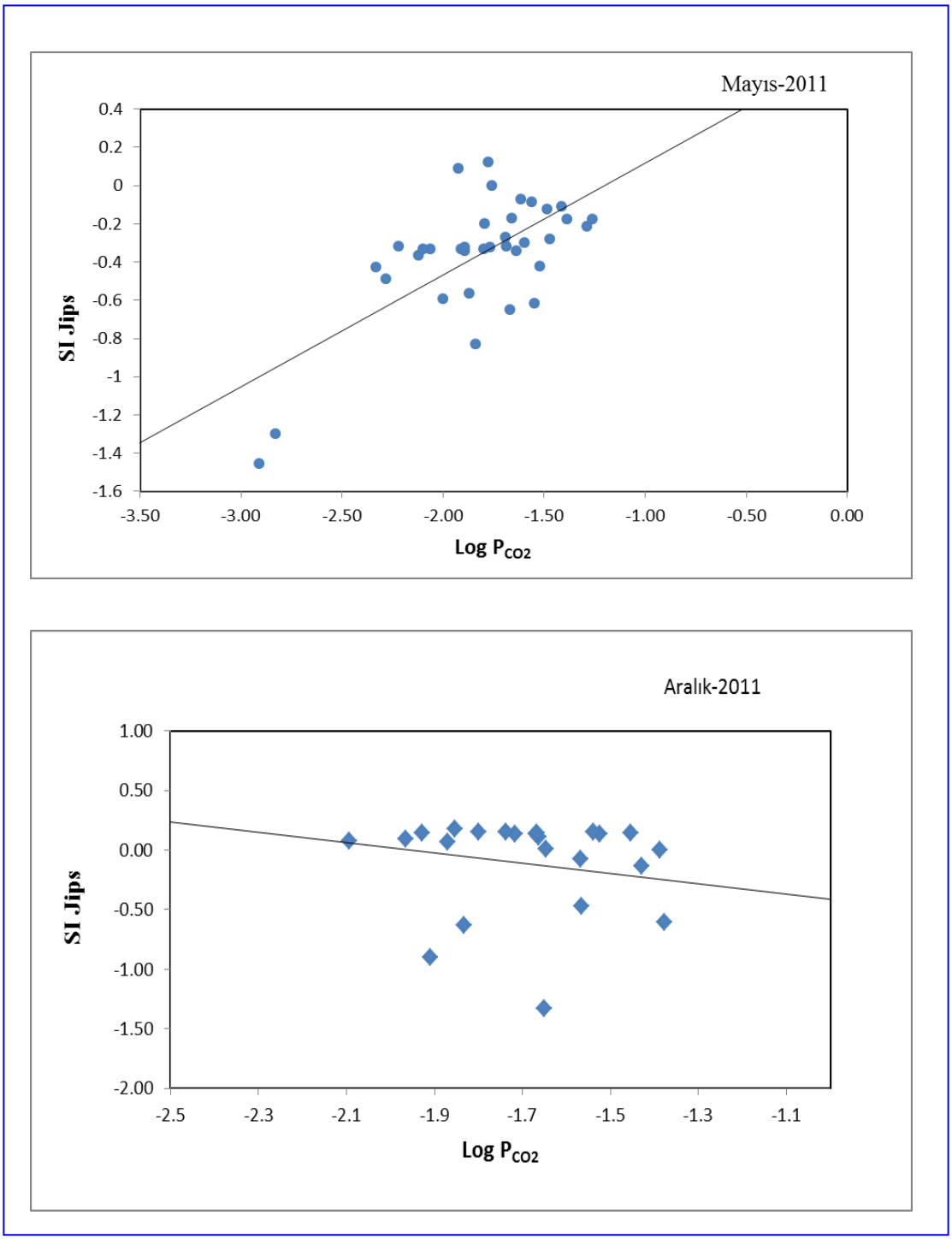
Şekil 4.49. Çalışma alanındaki yeraltı sularının LogP_{CO2}-SI Stronsiyanit ilişkisi diyagramı



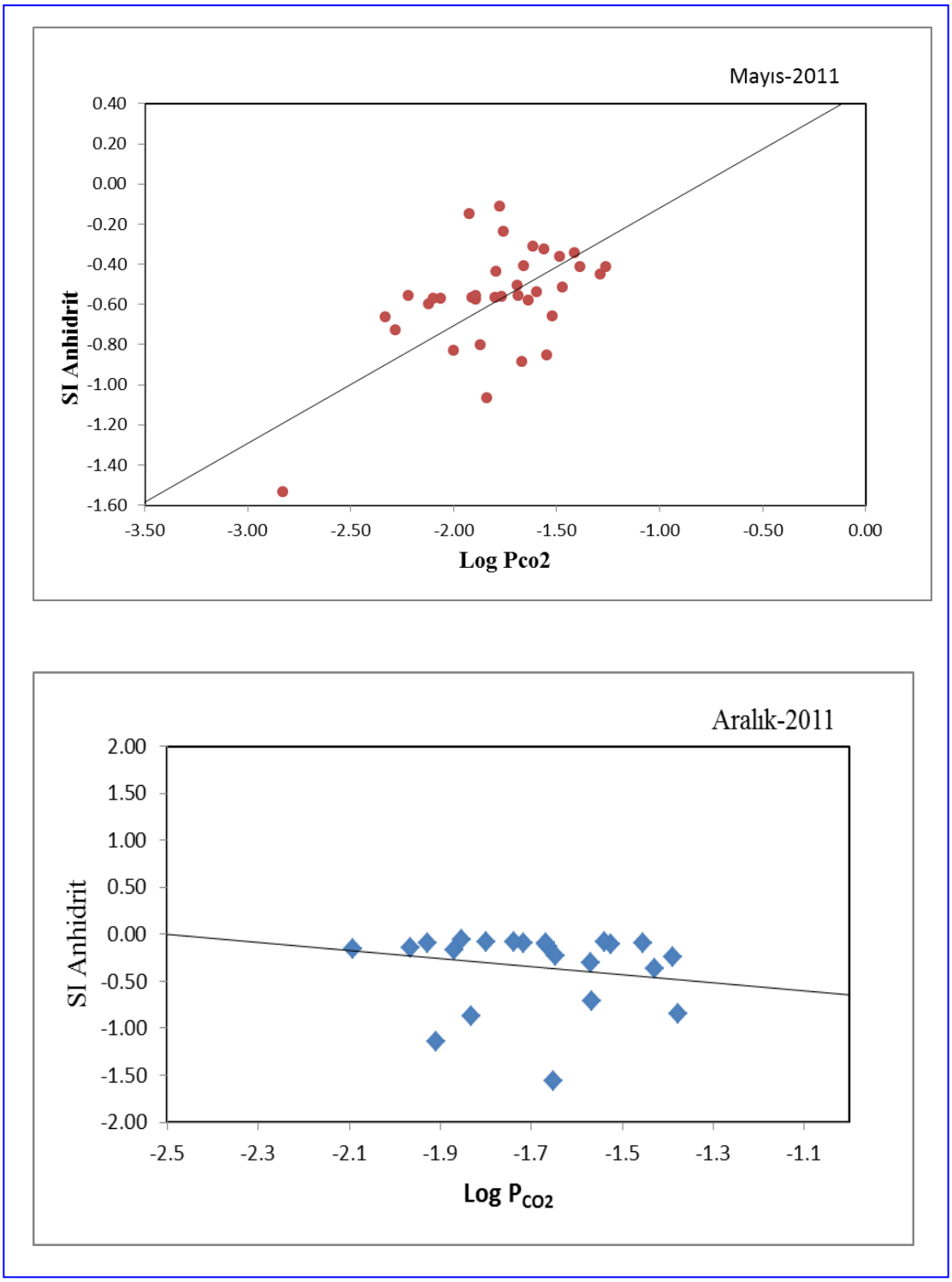
Şekil 4.50. Çalışma alanındaki yeraltı sularının LogP_{CO2}-SI Siderit ilişkisi diyagramı

4.6.5.2. Sülfat mineralleri

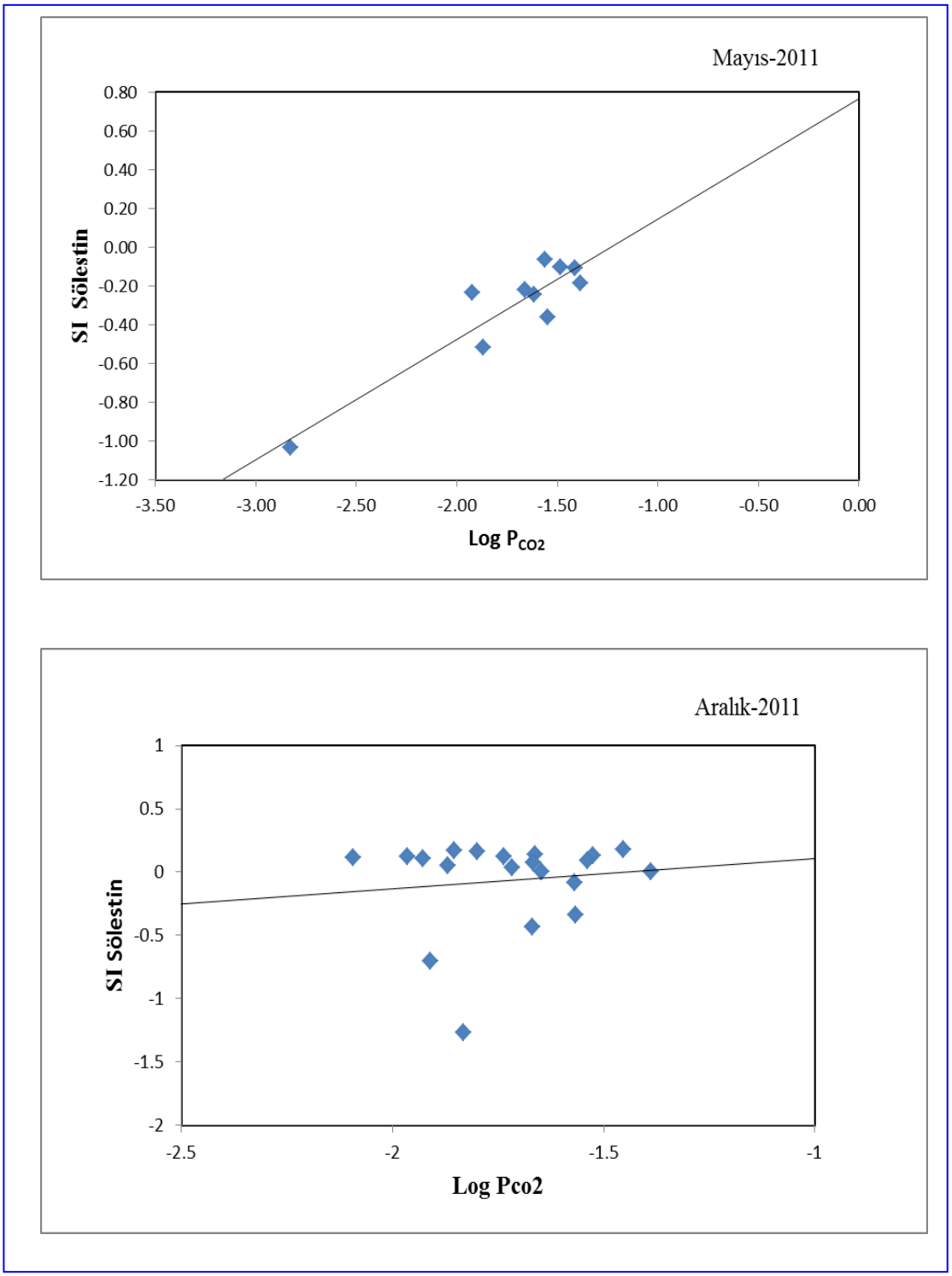
Bu mineraller Mayıs için P_{CO2} değerinde artışa meyilli bir geçici varyasyona uğrarken, Aralık ayında bu değerlerde hafif bir azalma görülmektedir (Şekil 4.53 - 4.55).



Şekil 4.51. Çalışma alanındaki yeraltı sularının LogP_{CO2} - SI Jips ilişkisi diyagramı



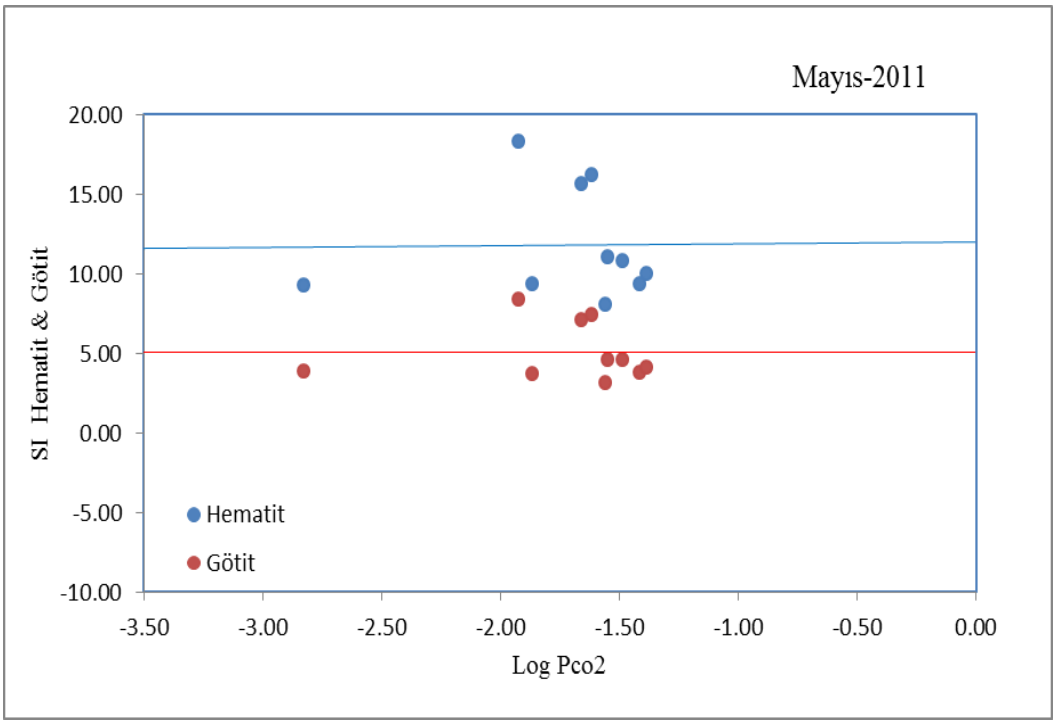
Şekil 4.52. Çalışma alanındaki yeraltı sularının LogP_{CO2}-SI Anhidrit ilişkisi diyagramı



Şekil 4.53. Çalışma alanındaki yeraltı sularının LogP_{CO2}-SI Sölestin ilişkisi diyagramı

Diğer minerallerde, yani hematit, götit ve piritte hafif azalma eğilimi görülmektedir (Şekil 4.54).

LogP_{CO2} ve doygunluk endeksleri arasında yukarıda belirtilen tüm ilişkilere göre kalsit, dolomit ve diğer karbonat mineralleri için örnekler, bu minerallerin fazla doymuş olduğu bölgelerde dağılmış ve çeşitli derecelerde CO_2 gazının etkilerini göstermektedir. Baskın süreç çökelmedir ve önemli geçici değişimler göze çarpmamaktadır. Sülfat için numunelerin çoğunun doymamış bölgede olduğu görülmektedir ve önemli bir geçici değişimler görülmemektedir. Ancak hematit ve götit, önemli geçici varyasyonların olmadığı fazla doymuş bölgededir. Değişken trend stilleri, farklı derecelerde P_{CO2}'nin minerallerin çökelme ve çözünme süreçlerinde değişken etkilerinin olduğunu ortaya koymaktadır.



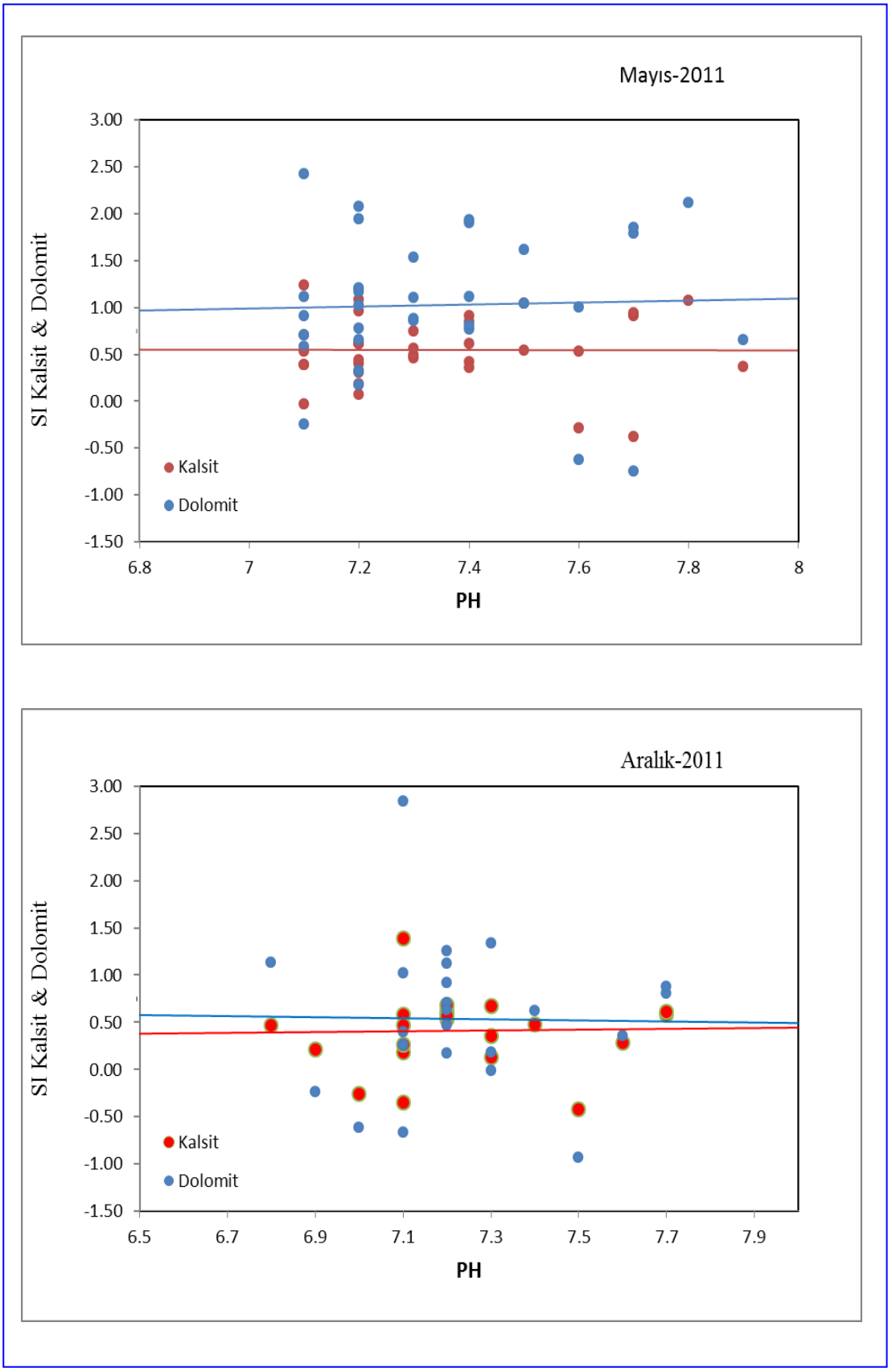
Şekil 4.54. Çalışma alanındaki yeraltı sularının LogP_{CO2}-SI Hematit ve Götit ilişkileri diyagramı

4.6.6. Hidrojen iyon aktivitesi (pH) ve doygunluk indeksi (SI) ilişkisi

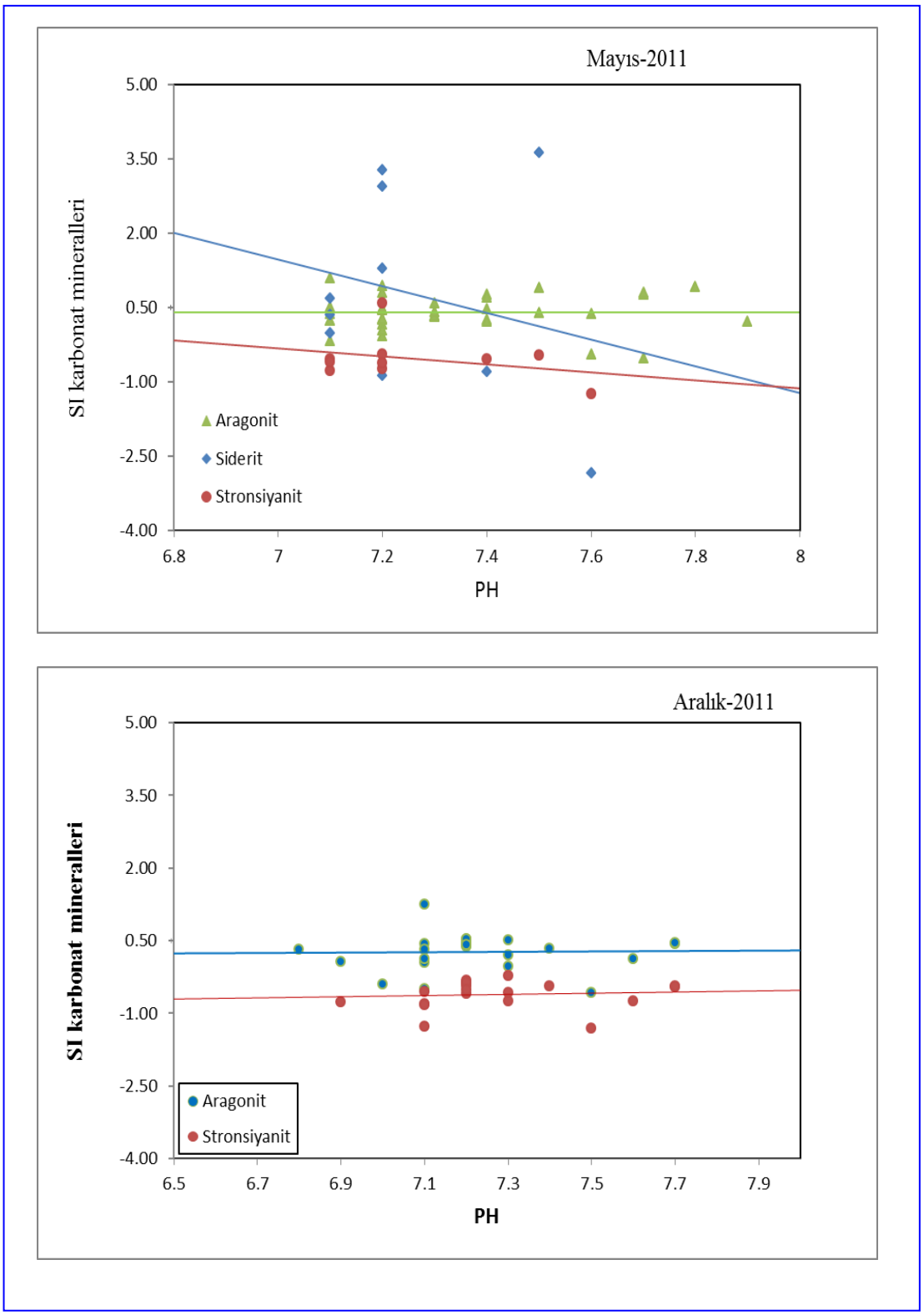
Solüsyondaki H^+ iyon kullanılabilirliğini kontrol etmek için pH önemli bir role sahiptir ve bu nedenle, özellikle kil minerallerinde katyon değişimi sürecini etkilemektedir. Karbonatların çökelmesi ve çözünmesi de pH değerleri ya da bölgeleri "zones" etkilenir (Andre ve diğerleri., 2005).

pH ile karbonat mineralleri arasındaki ilişki göz önüne alındığında ve (Şekil 4.55) e göre, Mayıs ve Aralık dönemlerinde kalsit ve dolomit için SI değerlerinin artma eğilimi gösterdiği açıktır. Diğer karbonat minerallerinin iki çalışma dönemi için farklı davranışları vardır, Aralık'ta artma eğiliminde iken Mayıs ayında siderit azalma göstermektedir (Şekil 4.56). Tüm sülfat mineralleri Mayıs döneminde azalma eğiliminde iken Aralık ayında çok az bir artış olduğu görülmektedir (Şekil 4.57).

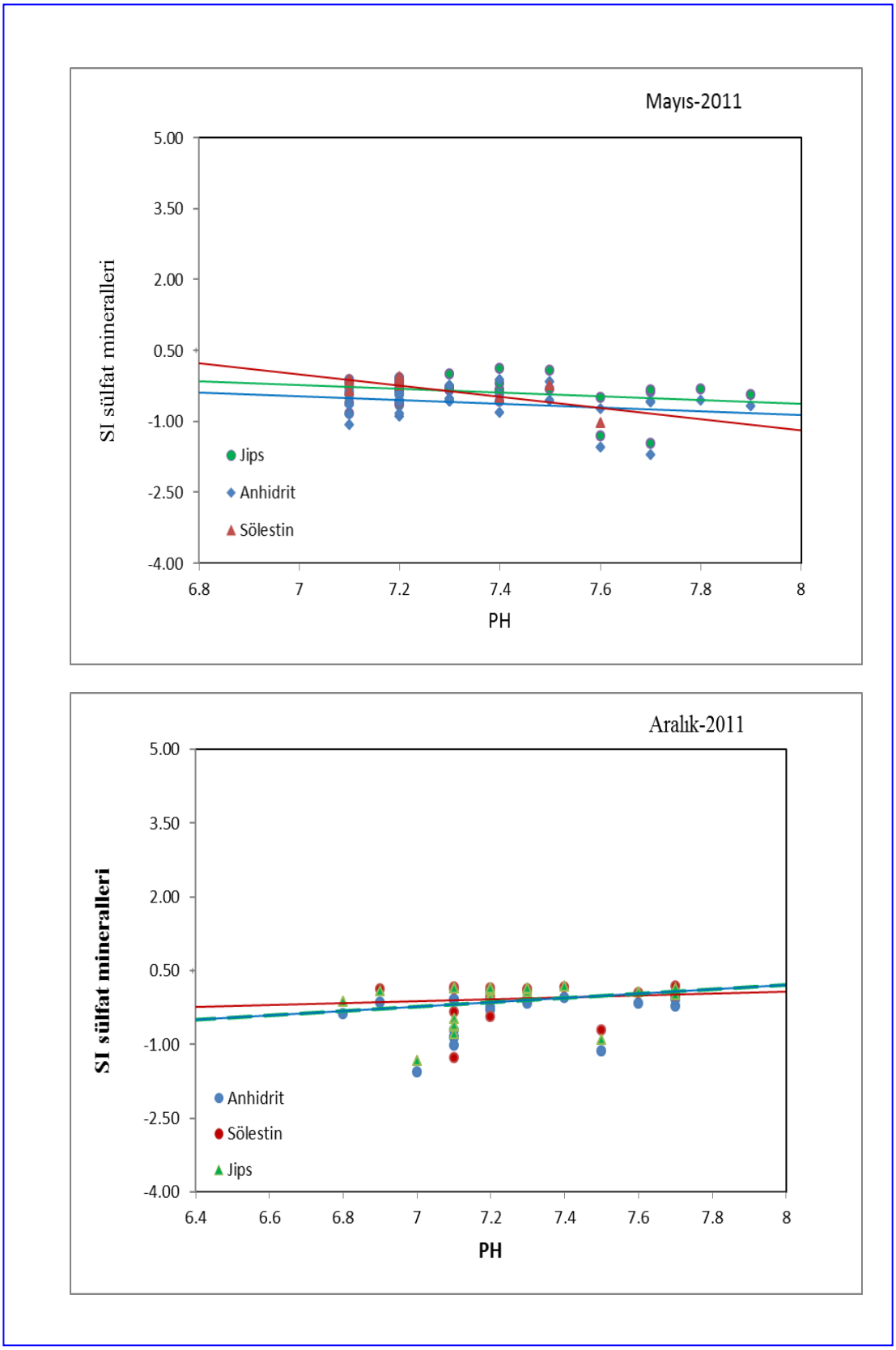
Bu ilişkilere dayanarak belirli dönemlerde gözlemlenen karbonat yönelimlerinin (trendlerinin) farklı sınıflarda olduğu söylenebilir, yani belirli zaman dilimlerinde karbonatların net yönelimleri birbirinden ayrılabilir. Sülfat minerallerinin bu çalışma dönemlerinde daha ılımlı trendleri vardır. Yukarıda bahsedilen yönelimler, pH değerinin, çözünme ve çökelme süreçlerinin kontrolünde önemli bir değişken rolü oynadığını gösterir.



Şekil 4.55. Çalışma alanındaki yeraltı sularının pH - SI Kalsit & Dolomit ilişkisi diyagramı



Şekil 4.56. Çalışma alanındaki yeraltı sularının pH – Karbonat mineral ilişkisi diyagramı



Şekil 4.57. Çalışma alanındaki yeraltı sularının pH–Sülfat mineral ilişkisi diyagramı

4.6.7. Reaksiyon yolu modelleri.

Reaksiyon yolu modelleri, detaylı ve karmaşık hesaplamalara ihtiyaç duyulan kimyasal tepkimelerin kütle dengesi ilkesine dayanır. En önemli reaksiyon yolu modellerinden biri, seçilen akış yolları boyunca evrimsel trend modelleridir. Akiferlerdeki bulunan teorik ya da gerçek akış yolları boyunca yer altı suyunun kantitatif modellerini inşa etmek için Computer Code NETPATH ya da hidrokimyasal verileri kullanan diğer hidrolojik sistemler sıklıkla kullanılır (El-Kadi ve ark. 2010). Bu modeller jeokimyasal süreçler ve su–kayaç etkileşimleri hakkında önemli bilgiler verir. Bu bilgiler, yer altı suyu akışının nümerik modelleri üzerinde sınırlamalar yapmak için kullanılabilir (El-Kadi ve ark., 2010).

Çalışma alanı içinde bulunan önemli su noktalarına ait modellerin hesaplamaları, Plummer ve ark., (2009) tarafından geliştirilen NETPATH yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yazılımda temel olarak ilksel suyun kaynak su noktası ile boşalım noktası arasında yeraltı suyunun geçirdiği hidrojeokimyasal evrim tersine-çözüm (backward solution) tekniği modellenmektedir.

NETPATH, akiferde analiz edilen başlangıç ve son su kompozisyonu evrimsel yolu arasındaki tüm olası jeokimyasal reaksiyonları nicelendirmek için ters jeokimyasal modelleme tekniği ile kimyasal kütle dengesi, elektron dengesi ve izotop kütle dengesi denklemlerini kullanır (Plummer, 1984; Parkhust ve Plummer, 1993). Jeokimyasal reaksiyonlar akifer ve yeraltı su sisteminin gözlemlenen minerallerle ilgili, kimyasal ve izotop ile ilgili verileri ile sınırlıdır. Tepkiyen ve ürün fazları arasındaki kütle dengesi ilkesine bağlı ters jeokimyasal modellemede, aşağıdaki denkleme göre belirli mineral fazlarının kütle transferleri hesaplanabilir (Vanderkemp ve Appelo, 2000).

İlk su + reaktif fazları → Final su + ürün fazları

Kütle denge modelinin ana hedefi, akış yolu alt gradyanı ile çözünen ya da çöken net mineral kütlesini tanımlamaktır (Plummer ve ark., 1990). Model, kullanıcı tarafından mevcut jeolojik-hidrojeolojik veriler temelinde belirlenen çeşitli "sınırlılık" ve "fazlar" kullanılarak yapılmaktadır. Fazlar, akım yolu boyunca çözeltiye giren ya da çıkan mineral ve gaz türlerini içermektedir. Sınırlılıklar ise söz konusu minerallere ait

elementleri işaret etmektedir. Model akım yolunda gerçekleşen hidrojeokimyasal reaksiyonları belirlemek için öncelikle sonuç ve ilksel suların kimyasal derişimleri arasındaki farkı element bazında belirlemektedir. Daha sonra, bu farklılığı açıklayacak çeşitli çözünme, çökelme ve iyon takas reaksiyonlarını kullanarak söz konusu farklılığı açıklayan reaksiyon bileşimlerini belirlemektedir.

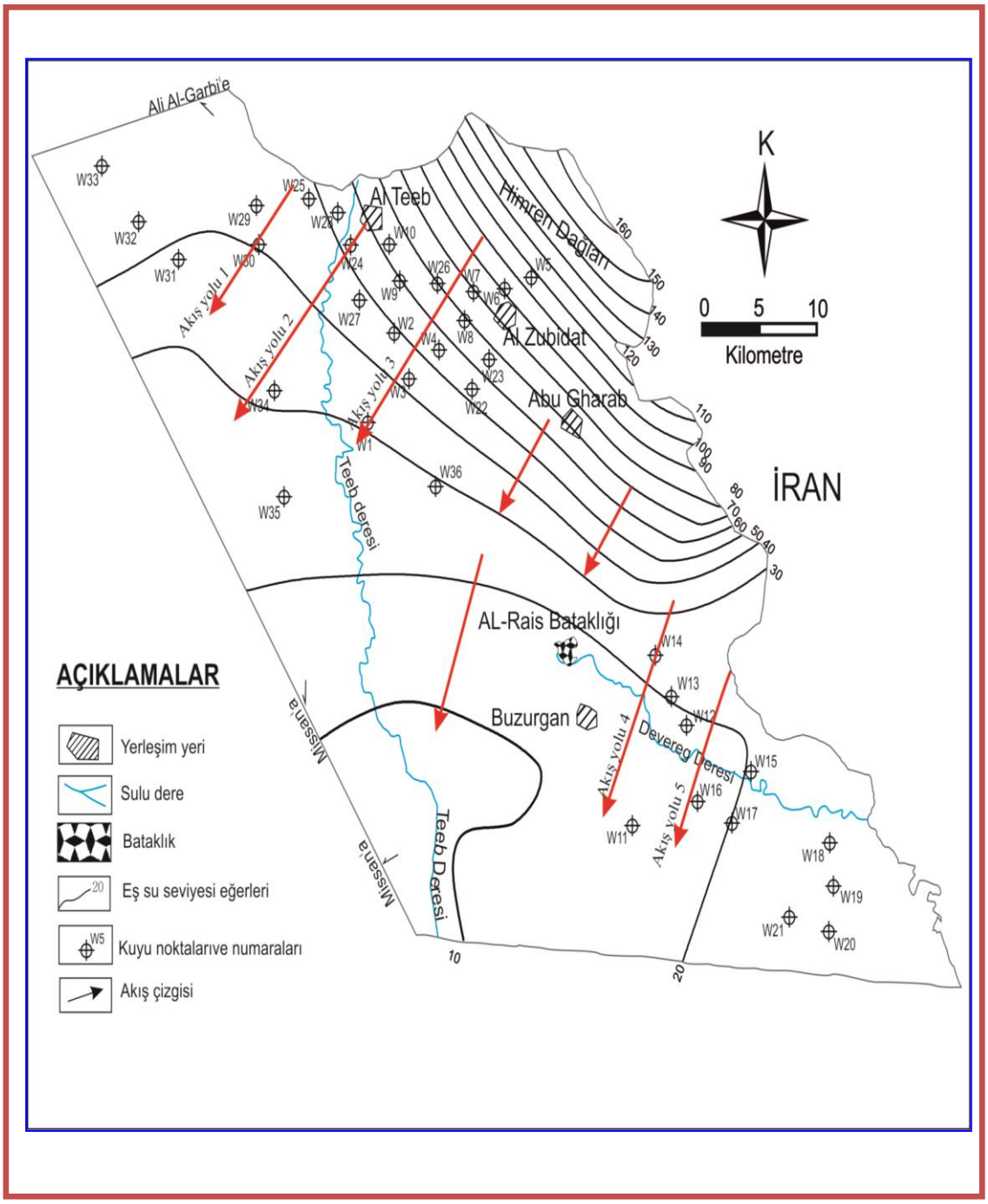
4.6.7.1. Ters jeokimyasal modelleme uygulaması

NETPATH Code için girdi sınırlılıkları olarak büyük ve küçük elemanlar kullanılırken, mineral fazları Missan bölgesi kayaçlarının petrografik ve mineralojik çalışmasına göre seçilmiştir. Bu analiz ile elde edilen özellikle klastik materyaller ile karbonat, sülfat, silikat ve farklı miktarlarda kil minerallerinden oluşan akifer matrisinde kalsit, dolomit, jips, selestit, silvit, hematit, siderit ve klorit gibi mineral aşamaları seçilmiştir. Sınırlama olarak bir Ca^{+2}/Na^{+} katyon değişim reaksiyonu eklenerek, pozitif kütle transferi olarak ortalama Ca^{+2} alımı ve Na^{+} salımı elde edilmiş ve negatif kütle transferi olarak değişim alanlarında Na^{+} alımı görülmüştür (Moral ve ark., 2008).

Reaksiyon yolu modelleme ile pek çok model elde edilir ve bu modeller, gerçek veri ve jeokimyasal türleşme hesapları ile kıyaslanarak, belirli akış yollarında kimyasal kompozisyon değişikliklerinden sorumlu olduğu düşünülen en iyi ya da "benzersiz" model seçilmelidir. Mevcut çalışmada beş adet akış yolu seçilerek yukarıdaki kimyasal değişiklikler araştırılmıştır. Bu yollar (Çizelge 4.22' de ve Şekil 4.58) açıklanmıştır.

Çizelge 4.22. Çalışma alanınıdaki seçilen akış yolları.

Akış yolu No.	Başlangıçtaki Kuyu No.	Final Kuyu No.
1	W28	W31
2	W9	W34
3	W6	W36
4	W13	W11
5	W18	W20



Şekil 4.58. Çalışma alanındaki seçilen akış yolları.

Daha önce de belirtildiği gibi Plummer ve ark., (1994 ve 2009) tarafından geliştirilen NETPATH, Code seçilen akış yollarındaki kimyasal değişiklikleri tanımlayan en iyi modelleri belirlemek için kullanılmıştır. Buna göre pek çok model elde edimiştir ancak önemli ya da kabul edilen modeller sunulmuştur. Analiz edilen önemli ve önemsiz eleman değerleri ve daha önce seçilen mineral fazları, sınırlılık olarak programa girilmiştir. Mevcut akış yolları için seçilen mineral fazlarının kütle transferi (H_2O kg/mmol) Çizelge 4.23'te verilmiştir.

Çizelge 4.23'te, genel olarak yukarıdaki minerallerin farklı miktarlarda çözünmesi ve çökelmesini ve aynı zamanda Ca^{+2}/Na^{+} reaksiyonu katyon değişimi gösterilmektedir. CO_2 mineral olmamasına rağmen bazı akış yollarının değişikliklerinin kontrolünde önemli bir rol oynamaktadır Chidambarmet ve ark., 2011).

Akış yolları boyunca ana reaksiyon modellerinde çözünen mineral olarak selestit ve siderit görülürken kalsit, dolomit, silvit, halit ve hematit çökelen ve çözünen minerallerdir. Akış yolu 1, Mayıs ve Aralık arasında farklı zaman evrimleri gösterir ve reaksiyon ürünleri de kalsit ve halittir. Aralık'ta bunlar dolomit, hematit ve kaolinite dönüşür. Akış yolu 2'de dolomitin çökelmesi Mayıs ve Aralık dönemlerinde de oluşur. Akış yolu 3 ve 4 sadece kalsit çökelmesi ve kalan minerallerin çözünmesi görülür. Akış yolu 5'te ana reaksiyon, dolomit ve kaolinitin çökelmesi ve kalan minerallerin çözünmesidir.

Genel olarak seçilen minerallerin hesaplanan kütle transferlerinde büyük bir değişiklik vardır ve bunlar arasında hiçbiri, alanda baskın olan "karakteristik bir reaksiyon" olarak görülemez.

Çizelge 4. 23. Çalışma alanındaki kütle transferi (mmol/kg H_2O) akış yolları sonucu.

Akış yolu No.	Kütle transfer mineral fazları mmol / kg H_2O.									
	Kalsit	Dolomit	Ca^{+2} /Na^{+}	Jips	Sölestin	Hematit	Siderit	Silvit	Halit	Co_2gas
Akış yolu-1 Mayıs	0.10	-0.22	-0.15	-0.50	-	-	-	-0.46	-0.82	0.13
Aralık	-2.62	2.08	1.51	1.97	0.02	-	-	0.11	-4.62	1.89
Akış yolu-2 Mayıs	-13.24	-7.95	-8.58	8.023	0.05	-0.71	33.94	-0.0001	16.21	1.42
Aralık	0.11	-10.22	11.54	6.25	0.012	-	-	0.04	-14.69	-1.20
Akış yolu-3 Mayıs	-0.69	1.41	0.27	10.69	0.10	-2.17	4.35	0.27	14.34	4.47
Aralık	-2.09	1.25	2.5 1	18.67	0.13	-	-	0.34	12.20	0.47
Akış yolu-4 Mayıs	-20.43	10.21	-5.18	14.27	-	-	-	1.02	35.29	0.36
Aralık	-38.93	18.82	-34.43	-4.31	-	-	-	1.21	55.88	-1.65
Akış yolu-5 Mayıs	0.34	-0.87	1.97	1.52	-	-	-	1.26	-6.75	-0.96
Aralık	-34.18	24.03	-52.79	-29.91	-	-	-	0.67	67.91	20.09

4.5.8. Karıştırma Modellemesi yöntemi

İki su kütlesi,arasında değişken bir temas varsa, iki su kaynağının karışma olasılığını araştırmak gerekir. Bu bağlamda gözlemlenen nihai su, iki üyenin karışımının sonucu olarak görülür (ilk ve son öğeler). Jeokimyasal karıştırma modelleri, oransal olarak iki ya da uç üyenin karışımını ima eder ve bu nedenle kimyasal reaksiyonlar ve ortaya çıkan mineral kütle transferi hesaplanabilir (Plummer ve ark., 1990). Crandall (1999), akarsu ve akifer karışma derecesinin, akiferde ve akarsudaki hidrolik düşüm farkına ve iki su kaynağı arasındaki ilişki derecesine bağlı olduğunu belirtmiştir. İzleyiciler kimyasal ve/veya fiziksel süreçlerden etkilenmediğinden pek çok kimyasal izleyici kullanılarak karıştırma süreci nitelendirilmiştir. Bu çalışmalarda temel olarak halojen tuzu (Halides) izleri kullanılmıştır.

Mevcut çalışmanın amaçları gereği ve Teeb ve Dewerge Nehirlerinin karışma derecesini belirlemek için Teeb ve Dewerge nehirlerinin kıyısında Missan, W6 ve W13 kuyuları seçilmiştir. Her iki kuyunun da akarsuya karıştığı noktalarda hem kuyulardan gelen sulardan hem de akarsulardan örnekler alınmıştır. Kalan kuyuların kimyasal kompozisyonu, iki uç üyenin karışımının sonucu, yani nihai su varsayılır. Karışan modelin geçerliliğini test etmek için izleyici madde olarak klorür kullanılmıştır. Çizelge 4.24'te seçilen kuyular ile akarsuların ve seçilen mineral fazlarının kütle transferlerinin karışım oranlarının sonuçlarını göstermektedir.

Teeb yakınındaki W1,W29,W30 ve W34 numaralı kuyular model kuyuları göstermektedir. Bu kuyular Teeb akarsuyundan diğer kuyulara göre biraz daha fazla etkilenmektedir. W34 kuyusu için % 42.9 ve W 29 için % 52.9 oranında Teeb suyu karıştığı söylenebilir. Teeb suyundan karışma oranı diğer kuyulara göre gittikçe azalmaktadır. Özellikle W25, W28 ve W36 numaralı kuyularda azalmaktadır. W1, W29, W30 ve w35 numaralı kuyuların bulunduğu bölge yüksek bir karışımın olduğu bölge sayılabilir. Ancak W25, W28 ve W36 kuyular, karışım olmayan bölgede yer almıştır. Dewereg yakındaki durum için yüksek ve düşük akış şartlarında farklılık görülmektedir.W11 ve W16 kuyular Dewereg suyundan % 56.2 ve % 78.8 oran ile fazla etkilenmiştir. Kalan kuyuların W12, W17, W15, W19, W20 ve W21 Dewereg suyundan daha az etkilenmiştir. Bunların etkilenen oranı % 0.7 ila % 16.3 arasındadır. W35 Kuyusunda durum biraz farklıdır. Yani Teeb bölge şartları için bir model alınamamıştır. Ancak yeraltı suyun katkısı, bu bölgede Teeb 'den fazladır.

Çizelge 4.24.Çalışma alanınızdaki karıştırma modelleri mineral kütle transferi (mmol/kg H_2O).

Teeb Akış Yan						
Final su	başlangıç su (1) W6	başlangıç su (2) Teeb akış	Kalsit	Dolomit	CO_2gas	Değişim Ca^{+2}/ Na^{+}
W30	51.5	48.5	-13.79	11.69	10.91	-13.74
W25	64.8	35.2	-5.29	4.33	4.10	3.50
W28	63.3	36.7	-4.62	4.01	3.59	2.96
W29	47.1	52.9	-3.35	3.33	3.69	1.48
W34	57.1	42.9	3.42	0.59	4.71	1.37
W35	No model found					
W1	54.7	45.3	3.18	0.55	5.50	0.55
W36	91.9	8.1	1.65	0.95	4.03	-0.73
Dwerege Akış Yan						
Final su	başlangıç su (1) W13	başlangıç su (2) Dewereg akış	Kalsit	Dolomit	CO_2gas	Değişim Ca^{+2}/ Na^{+}
W11	21.2	78.8	-14.98	8.64	2.27	
W12	99.3	0.7	-4.75	1.52	-1.51	-5.07
W16	43.8	56.2	-1.59	2.46	4.10	3.97
W15	96.2	3.8	1.00	-0.80	-0.45	0.24
W17	96.7	3.3	-0.64	0.45	0.24	-0.63
W19	91.6	8.4	-0.63	0.50	0.16	0.17
W20	83.7	16.3	0.58	-0.65	-0.47	1.33
W21	87.2	12.8	-1.22	1.01	1.61	-1.42

4.5.9. Tartışma

Mineral fazlarının doygunluk endekslerinin hesaplama sonuçları, çalışma alanındaki bu değerlerde büyük değişiklikler olduğunu göstermektedir. Kalsit, dolomit, jips ve kil mineralleri gibi ana mineraller, mekânsal ve zamansal olarak önemli değişiklikler gösterir. Diğer minerallerde ise önemli bir değişiklik görülmez. Yukarıdaki hesaplamalar aynı zamanda minerallerin çökelme ve çözünmelerinin ayrıldığı bir bölgeyi göstermemektedir. Mayıs ayındaki durum, Aralık ayı döneminde göre önemli bir fark göstermektedir. Karmaşık akış sistemi çökelme ve çözülme oranlarını etkileyerek yukarıdaki sürecin heterojen dağılımına neden olmaktadır. Gözlemlenen serbest akifer kısmen açık sistem olduğundan, yani atmosferik etkilere tabi, P_{CO2}'nin bazı karbonatların doygunluk kontrolünde önemli bir role sahip olduğunu ortaya koymuştur. P_{CO2}' nin çeşitli mineraller ile değişik ilişki trendleri de akiferin karmaşık yapısını açıklamaktadır. Akış yolu reaksiyonlarının sonuçları her iki dönemde de farklıdır. Bu reaksiyonların doğası ayrıca çalışma dönemlerinde de (mevsimlerde) farklıdır ve zamanın da önemli bir rol oynadığını gösterir. Genellikle karbonat minerallerinin çözünmesi ve çökelmesi kimyasal kompozisyon değişikliklerinin kontrolünde önemli bir role sahiptir. Bu kompozisyon değişimlerine sülfat katkıda bulunabilir. Reaksiyon yolu modelleri Mayıs ve Aralık aylarında seçilen akış yolları ile ilgili farklı kimyasal reaksiyonların olduğunu göstermektedir. Akış yolu 2, haricinde yolların çoğunda Aralık döneminde ana çökelme minerali kalsit iken dolomit çözünme fazını oluşturmuştur. Jips reaksiyonlarının değişken derecelerde çökelme/çözünme sonuçları vardır. Akış yollarının çoğunda (1, 2 ve 4) Mayıs döneminde çözeltide Ca^{+2} salımı görülmüştür. Ancak bu salım 4 ve 5. yollarda Aralık ayından görülmüştür. Bu gerçeklere göre Mayıs döneminin temel reaksiyonu şu şekilde açıklanabilir:

$$\textit{Dolomit} + \textit{jips} + \textit{sölestin} + \textit{siderit} \rightarrow \textit{kalsit} + \textit{hematit} + Ca^{+2}/Na^{+} + \textit{halit}$$

Ayrıca uygulanan modellerin Missan yeraltı suyunun dolomit ve jips çözünmesi ile kalsit çökelimini içeren didolomitizasyonun hâkim jeokimyasal süreç olduğu anlaşılmaktadır.

Aralık ayında spesifik bir reaksiyon görülmektedir. Yani Çalışma alanında, değişkenlerin farklı derecelerinde çeşitli kimyasal reaksiyonlar baskındır. İki akarsuya paralel kuyular, çalışma alanındaki diğer kuyulardan farklı doygunluk indeksleri

göstermektedir. Bunlar, suyun kuyulara ilk hareketinden itibaren kuyuya ulaşıncaya kadar oluşan etkili faktörleri yansıtır. Bu nedenle Teeb akarsuyun etkisi oranlardadır. Bu katkılar, karışık model hesaplamalarından da görüldüğü gibi, ayrılabilir kesin etkileşim sınırlarını (limitlerini) göstermezler. Ancak karıştırma süresinden kaynaklanan ama reaksiyon akış modellerinden elde edilenlere benzerdir. Temsili bir karıştırma reaksiyonu olarak çalışma alanın iki tarafında numune alma dönemlerinde genel bir reaksiyon elde edilmemiştir. Karıştırma modeli hala "yaklaşık" olarak (approximate nature) ve sistemi etkileyen genel şartların değerlendirilmesi (basınç, ısı ve reaksiyon yollarındaki değişiklikler) ve sistemi etkileyen faktörleri gözlemlenmesi (diğer akifer sızıntıları ve insan faaliyetlerinin akiferlere olan etkisi) yoluyla desteklenmelidir. Reaksiyon yolu ve karıştırma modelleri sonuçlarının desteklenmesi için izotop tekniği çok önemlidir.

İzotop teknikleri sıklıkla hidrolojik çalışmaların açıklığa kavuşmasında çok faydalıdır. Özellikle yağış sularında oksijen ve hidrojenin izotop kompozisyonunu bilmek hidrolojik, iklimsel ve meteorolojik uygulamalar için çok önemlidir (Harvey ve Welker, 2000). Bölgesel ölçekte yapılan hidrolojik çalışmalar, beslenme ortalama yükseltisi, su kaynaklarının etkin yönetimi, su – kayaç etkileşimleri ve geçiş süresi hakkında önemli bilgiler sunmaktadır (Dotsika ve ark., 2010).

4.6. İzotop Çalışmaları

4.6.1. İzotop analizleri

Son yıllarda hidrolojik ve hidrojeolojik araştırmalarda sudaki doğal izotoplar kullanılmaktadır. Hidroloji alanında yeraltı suyunun kökeninin belirlenmesi çalışmalarında, izotop tekniklerinin kullanılması büyük yararlar sağlamaktadır. Birçok araştırma ile izotoplar yeraltı suyunun akım hızının ve geçiş süresinin hesaplanması, baraj ve rezervuarlardan sızmanın belirlenmesi, akifer parametrelerinin belirlenmesi, yüzey suları ile yeraltı suları arasındaki ilişkinin araştırılması vb. gibi birçok konularda kullanılmıştır. İzotopik kompozisyon bilgisi özellikle yağış sularının oksijen ve hidrojen, hidrolojik, klimatolojik ve meteorolojik uygulamaları için önemli bir araçtır (Harvey ve welker, 2000). Yeraltı sularındaki bu duraylı izotopların miktarları, hidrolojik ve hidrojeolojik olaylara, ortamın fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle, duraylı izotoplar suyun geldiği ortam hakkında önemli bilgiler vermektedir. Çevresel izotop hidrolojisinde ise sularda doğal olarak oluşan izotopik değişmeler kullanılır. Değişmeler tarafımızdan kontrol edilemez ve değiştirilemezler. Ancak doğal olarak ortaya çıkan değişmeler izlenir ve değerlendirilirler (Merlivat ve Jouzel, 1979).

4.6.2.Hidrojen ve oksijen kararlı izotopu

Döteryum (D=^{2}H), oksijen-18 (^{18}O) ve trityum (^{3}H) izotopları hidrojeolojide çok kullanılan izotoplardır. Bu izotoplar, 1. olarak bölgedeki yeraltı suyunun kökeni ile ilişkili olabilecek yeraltı suyu tipine işaret edecek veriler sağlamak, 2. olarak kökene bağlı olarak farklı bölgelerin su karışımlarını saptamak, 3. olarak suyun akım hızı ve yönü hakkında bilgi sağlamak, 4. Olarak ise suyun yeraltında oluşum zamanına (suyun yaşı) ait veriler sağlamakta kullanılır. Oksijen-18 (^{18}O) ve döteryum (D=^{2}H) duraylı izotopları, hidrolojik olaylar içindeki miktarlarının ortamın fiziksel ve kimyasal koşullarına bağlı olarak değişmesinden dolayı, suyun geldiği ortam hakkında önemli bilgiler verirler (Moser ve Rauert, 1980; Faure, 1986; Clark ve Fritz, 1997). Hidrojen ve oksijen izotop analizleri, D/H ve diğer oksijen izotoplarına oranla, ^{17}O izotopunun doğadaki derişiminim çok küçük olması nedeniyle ^{18}O/^{16}O oranlarının ölçümünü hedef almaktadır. Suyu oluşturan H ve O kararlı izotopları ^{1}H, ^{2}H, ^{16}O, ^{17}O ve^{18}O'dir. Su

örneğinde kararlı izotoplar oranının değişimi kütle spektrometresi ile ölçülür ve δ(‰) ile ifade edilir.

$$\delta = \frac{R_{numune} - R_{\text{standart}}}{\text{R}_{\text{standart}}} x100 \quad \text{.....(4.13)}$$

Denklemlerindeki SMOW (standart ortalama okyanus suyu)'nun ortalama izotopik kompozisyonu temsil eder. Standart olarak okyanus suyunun seçilmesinin nedeni okyanusların hidrolojik çevriminin başlangıç ve bitiş noktalarını temsil etmesi ve izotopik kompozisyon olarak oldukça homojen olmasıdır. Suyun yeryüzündeki devinimine bağlı olarak gelişen buharlaşma, yağış, erime yüzey akış olaylarının her biri Oksijen ve Hidrojen izotoplarının oranlarını etkiler. Hidrojeolojik devinimin karmaşıklığına karşın, $\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$ (δD) değerlerindeki değişim izlenilebilmektedir. Dünya üzerindeki farklı lokasyonlardan alınan çok sayıdaki yağış (yağmur, kar) sularında gerçekleştirilmiş olan izotop analizleri, meteorik suların $\delta^{18}O$ ve δD değerlerinin denklemi ile tanımlanan (Craig, 1961) çizgisel bir ilişkiye sahip olduğunu göstermiştir.

$$\delta^{2}H = 8\delta^{18}O + 10 \quad \text{.....(4.14)}$$

Burada:

$\delta^{2}H$= hidrojen izotop kompozisyonu

$\delta\ ^{18}O$= oksijen izotop kompozisyonu

Bu Küresel Meteorik Su Hattı (GMWL) ya da Craig çizgisi olarak da bilinir (Şekil 4.61). Okyanus ve denizlerden kıtaların içlerine gidildikçe daha fakir izotop içeriğine sahip yağışlar görülmektedir. Ekvatora yakın istasyonlara ait yağışların, yüksek enlemlerde yer alan istasyon yağışlarına göre daha pozitif kararlı izotop içeriğine sahip oldukları görülmektedir. Yükseklik etkisi de hidrolojik çalışmalarda önemli rol oynamaktadır. Yükseklik arttıkça yağışlardaki ağır izotop içeriği azalmaktadır (Jeelain ve ark., 2010). $\delta^{18}O$ - $\delta^{2}H$ 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, 1998).

4.6.3. Döteryum fazlası

Duraylı izotoplardan oksijen–18 ile döteryum arasındaki ilişki belli yağış rejimleri için değişmez. Bu nedenle örneklerdeki döteryum fazlası kullanılarak farklı yağış rejimlerinin etkisi belirlenir ve beslenme alanlarına gelen yağışların kökeni hakkında bilgi edinilebilir. Döteryum fazlası parametresi olarak eşitliğinden hesaplanır (Dansgaard, 1964).

$d = \delta^{2}H - 8\,\delta^{18}O$ .....(7.3)

Burada:

d = döteryum fazlası

8= GMWL eğimi

Döteryum fazlasının yüksek değerler aldığı noktalarda denizel kökenli yağışlar, düşük değerler aldığı noktalarda karasal kökenli yağışlar hakimdir (Trigt ve ark., 2002). Burada döteryum fazlası olup genellikle 10 civarındadır ve yağışa kaynak oluşturan deniz suyunun buharlaşma miktarının bir göstergesidir (Craig, 1961). Değeri ise bölgeden bölgeye göre değişebilir. Döteryum fazlası değeri buharlaşmanın fazla olduğu bölgelerde daha pozitif değerlere ulaşır. Önemli bir buharlaşmanın olmadığı yüzey ve yeraltı suları Küresel Meteorik Su Çizgisi (KMSÇ) üzerinde bulunurlar. Döteryum fazlasının yüksek değerler aldığı noktalarda (10'un üzerinde) denizel kökenli yağışların görülmesine karşılık düşük değerler aldığı noktalarda (10'un altındaki değerler) daha çok karasal kökenli yağışlar görülür (Kehinde, 1993). Döteryum fazlası değeri özel bölgeler için parmak izi gibi görev yapabilir. Örneğin, yüksek rakımlı bölgelerde döteryum fazlası düşük değerler alırken, Akdeniz bölgesi gibi düşük rakımlı bölgelerde yüksek değerler alırlar (Rozanski ve ark., 1993; Bar-Matthews ve ark., 1996). Döteryum fazlası elektriksel iletkenlikle ters orantılıdır.

4.6.4. Çalışma alanının yeraltı suyunun izotopik kompozisyonu

Meteorik suyun hidrojen ve oksijen izotopları arasında buharlaşma ve yoğunlaşma gibi atmosferik süreçler ile kontrol edilen doğrusal bir ilişkisi vardır. Her bölgenin kendini karakterize eden bir meteorik su doğrusu bulunmaktadır. Bu meteorik su doğruları yeraltı sularının kökeninin belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Bütün analiz sonuçlarına ait değerler karşılaştırma yapabilmek amacı ile çeşitli grafikler üzerine düşürülerek sular izotopik açıdan yorumlanmıştır. Bu çalışma kapsamında yapılan izotop analizleri Çizelge 4.25'te ve EK 3'te sunulmuştur.

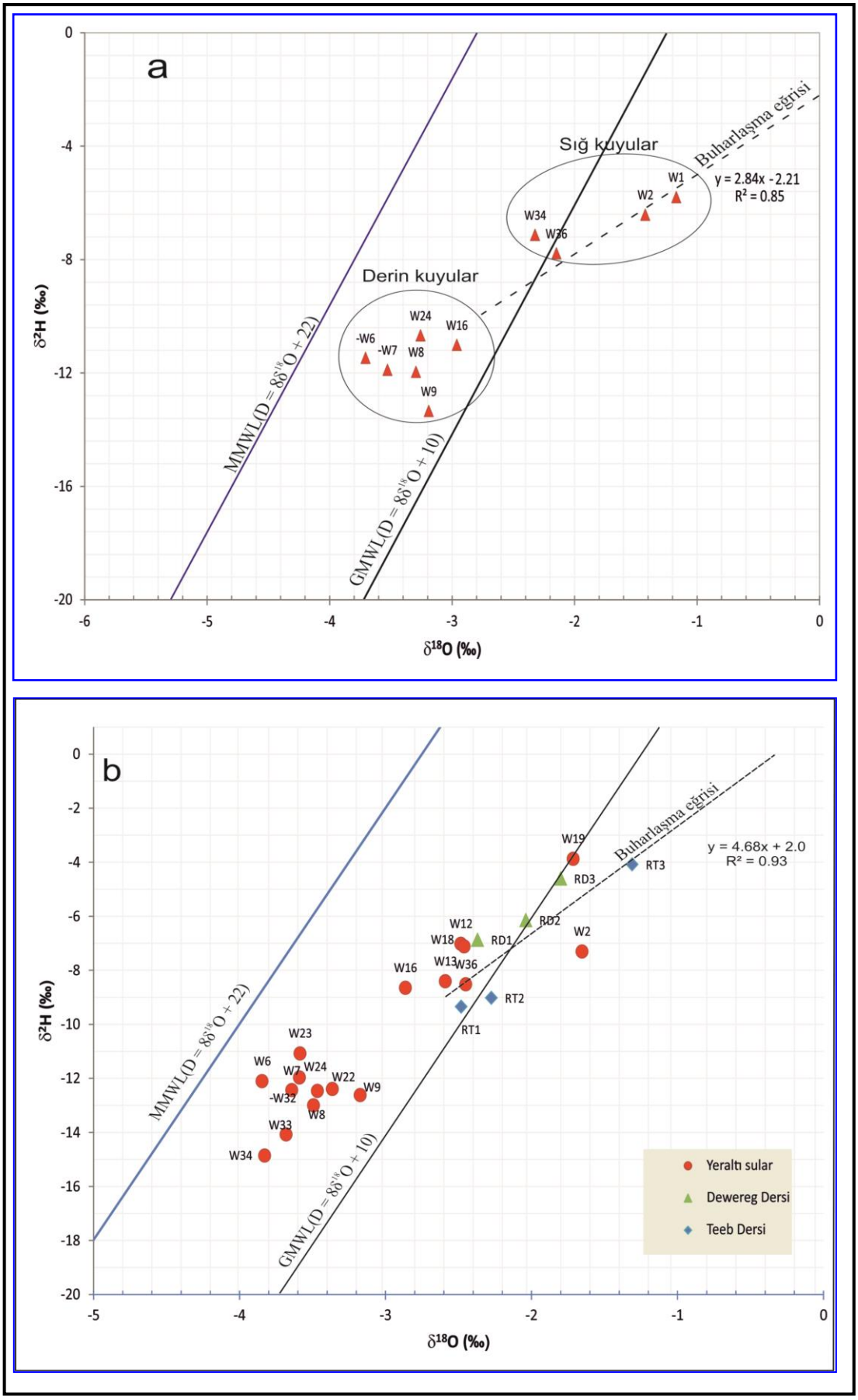
Çalışma alanından alınan su örneklerinin Kurak (Mayıs) dönemde $\delta^{18}O$ içerikleri -3,71 ile -1,17 ‰ arasında olup ortalama -2,78 ‰ değerine sahiptir. Yağışlı dönemde ise -3,84 ile -1,65 ‰ arasında olup ortalama -3,08 ‰ değerine sahiptir. δD değerleri ise kurak dönemde -14,1 ile -5,8 ‰ arasında olup ortalama -10,14 değerindedir. Yağışlı dönemde ise -14,9 ile -3,9 ‰ arasında olup ortalama -10,59 ‰ değerine sahiptir. İncelenen sulara ait $\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$ grafiğinde Global Meteorik Su Doğrusu GMWL, ($\delta D = 8\delta^{18}O+10$) (Craig, 1961) ve Akdeniz Meteorik Su hattı MMWL ($\delta D = 8\delta^{18}O + 22$) (Gat, 1971) referans doğrular olarak gösterilmektedir (Şekil 4.59). İnceleme alanı içerisindeki suların izotop analizi yapılmış grafiğe aktarılmıştır. Suların kurak ve yağışlı dönemde çoğunun δD-$\delta^{18}O$ değerleri, Şekil 4.61'de görüldüğü gibi Dünya meteorik su çizgisi (GMWL) ile Akdeniz Meteorik Su Çizgisi (MMWL) arasında ve Dünya Meteorik Su Çizgisine yakındır. Buna göre sular meteorik kökenlidir. Bu da inceleme alanında yer alan su kaynaklarına ait akiferlerin meteorik kökenli sulardan beslendiğini göstermektedir (Şekil 4.59). Suların kurak ve yağışlı dönemde Akdeniz Meteorik Su ve Dünya Meteorik Su Doğrularına göre konumlarında sapma gözlenmektedir. Suların kurak dönemlerde meteorik su doğrusundan uzaklaştıkları ve kararlı izotop değerlerinde yağışlı dönemlere oranla biraz azaldıkları görülmektedir. Bunun nedeniyse sularda meydana gelen buharlaşmadır. GMWL'den sapma görülmesi düşük kotlardan beslenimi, su-kayaç etkileşimini veya dış kaynaklı kirlenme etkilerini ifade eder. Yükselti arttıkça izotopik seyrelme nedeni ile daha negatif değerler açığa çıkmaktadır (Şekil 4.59). Grafiğin yatay ekseni boyunca sol tarafa gidildikçe beslenme alanı yükseltisi, sağ tarafa gidildikçe su - kayaç etkileşim oranı artacaktır. Döteryum fazlası değeri, buharlaşmanın fazla olduğu bölgelerde daha pozitif değerlere ulaşmaktadır. Dünya meteorik su doğrusunun döteryum fazlası değeri 10' dur. Buna göre, kurak ve yağışlı dönemde çoğu yeraltı suyu örneklerine göre daha fazla buharlaşma olduğu

görülmektedir. Ayrıca sular meteorik su doğrusunun üzerinde çıkmaktadır. Dolayısıyla bu durum buharlaşmanın etkili olduğu bölgelerdeki yeraltı sularının daha pozitif ağır izotop içeriğine sahip olduğunu göstermektedir (Göçmez, 2005). İzotop verilerin göre çalışma alanından alınan suların ait buharlaşma doğrusu elde edilmiştir (Şekil 4.59). . Buna göre $\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$ arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

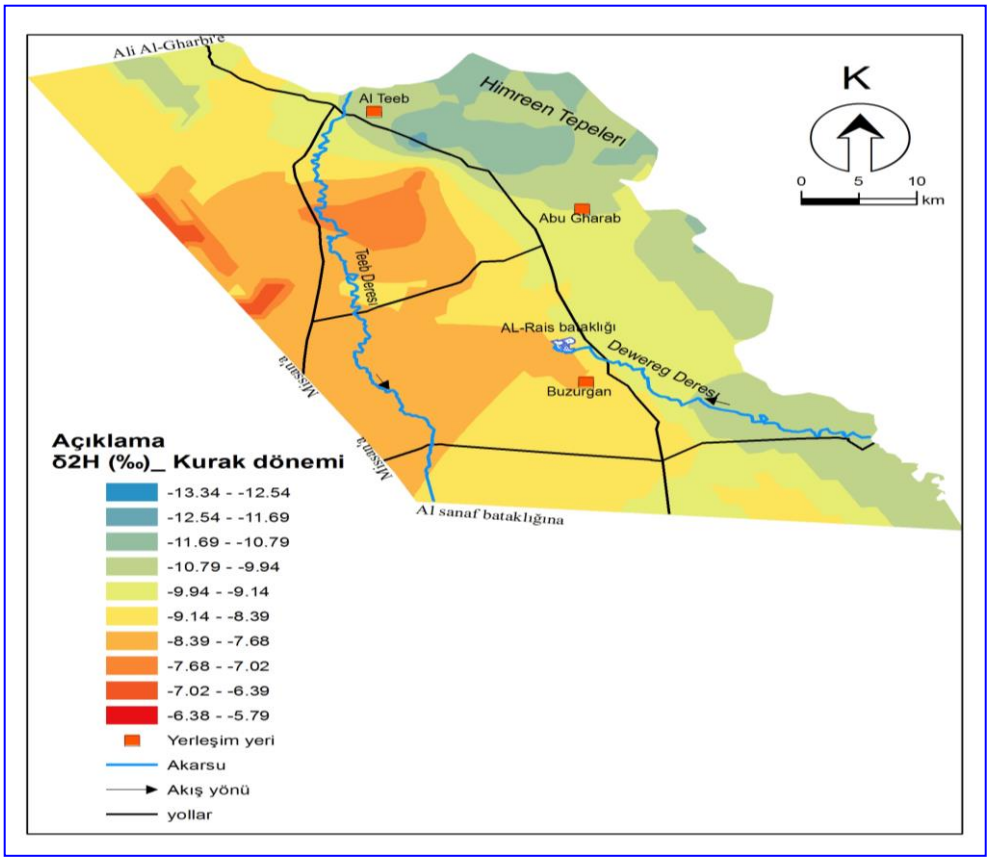
Döteryum fazlası değerlerinin düşük olduğu (10'un altında) bölgelerde daha çok karasal kökenli yağışlar gözlenirken, yüksek olduğu yerlerde de denizel kökenli yağışlar gözlenmektedir. Bu sonuçlar döteryum fazlası değeri 10'dan yüksek suların bölgedeki yağışların yüksek hıza sahip buharlaşma etkisindeki atmosferik su buharından; döteryum fazlası 10'dan düşük suların ise, düşük hıza sahip buharlaşma etkisi altında kalan yağışlardan oluşmuş yeraltı suları olduklarını göstermektedir. Çalışma alanında yer alan suların büyük çoğunluğu yüksek buharlaşma hızıyla oluşmuş yağışlarla ilişkilidir. Diğer sularda ise döteryum fazlası değerinin 10'dan düşük olması bölgedeki su kaynaklarının karasal yağışlardan beslendiklerini göstermektedir. Genel olarak kurak ve yağışlı dönemlerde alınan çoğu su örneklerinin izotopik özellikleri arasında çok az bir farklılık gözlenmektedir (şekil 4.60 ve 4.61).

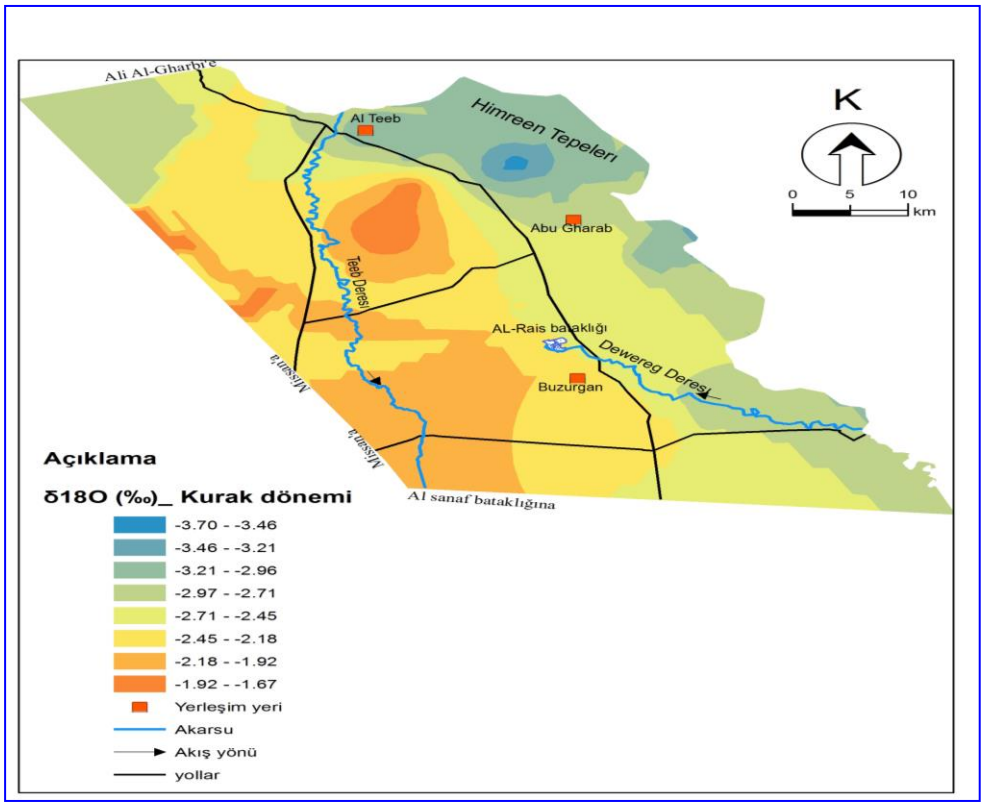
Çizelge 4.25. Çalışma alanından alınan örneklerin çevresel izotop değerleri.

Örnek No,	Rakım	Mayıs 2011				Aralık 2011			
		$\delta^{2}H$ ‰	$\delta^{18}O$ ‰	d	^{3}H (TU)	$\delta^{2}H$ ‰	$\delta^{18}O$ ‰	d	^{3}H (TU)
W1	56	-5,80	-1,17	3,56	0,15	-	-	-	-
W2	57	-6,42	-1,42	4,94	0,85	-7,3	-1,65	5,9	0,34
W6	86	-11,47	-3,71	18,21	0,25	-12,1	-3,84	18,62	0
W7	75	-11,89	-3,53	16,35	0,40	-12,0	-3,59	16,72	0,4
W8	74,5	-11,96	-3,29	14,36	0,90	-13,0	-3,49	14,92	0
W9	50	-13,34	-3,19	12,18	1,10	-12,6	-3,17	12,76	0,54
W12	16	-	-	-	-	-7,0	-2,48	12,84	0
W13	13	-	-	-	-	-8,4	-2,59	12,32	0
W16	24	-11,01	-2,96	12,67	0,20	-8,7	-2,86	14,18	0
W18	36	-	-	-	-	-7,1	-2,46	12,58	-
W19	25	-	-	-	-	-3,9	-1,71	9,78	1,05
W22	56	-	-	-	-	-12,4	-3,64	16,72	-
W23	57	-	-	-	-	-11,1	-3,59	17,62	0
W24	60	-10,68	-3,26	15,4	0,30	-12,5	-3,47	15,26	0,07
W32	35	-	-	-	-	-12,4	-3,36	14,48	0
W33	70	-14,1	-3,68	-	0,24	-	-	-	-
W34	40	-7,13	-2,32	11,43	0,50	-14,1	-3,68	12,14	0,24
W36	35	-7,78	-2,15	9,42	0,75	-14,9	-3,83	11,1	0,87
Max.	86	-5,8	-1,17	18,21	1,1	-3,9	-1,65	18,62	1,05
Min.	13	-14,1	-3,71	3,56	0,15	-14,9	-3,84	5,9	0.48
Orta.	48,3	-10,14	-2,78	11,85	0,51	-10,59	-3,08	13,62	0,25
TS1	-	-	-	-	-	-9.3	-2.48	10.66	-
TS2	-	-	-	-	-	-9	-2.28	9.24	-
TS3	-	-	-	-	-	-4.1	-1.31	6.38	-
DS1	-	-	-	-	-	-6.9	-2.37	12.06	-
DS2	-	-	-	-	-	-6.1	-1.84	10.22	-
DS3	-	-	-	-	-	-4.6	-1.8	9.8	-
Max.	-	-	-	-	-	-4.1	-1.31	12.06	-
Min.	-	-	-	-	-	-9.3	-2.48	6.38	-
Orta.	-	-	-	-	-	-6.67	-2.01	9.72	-

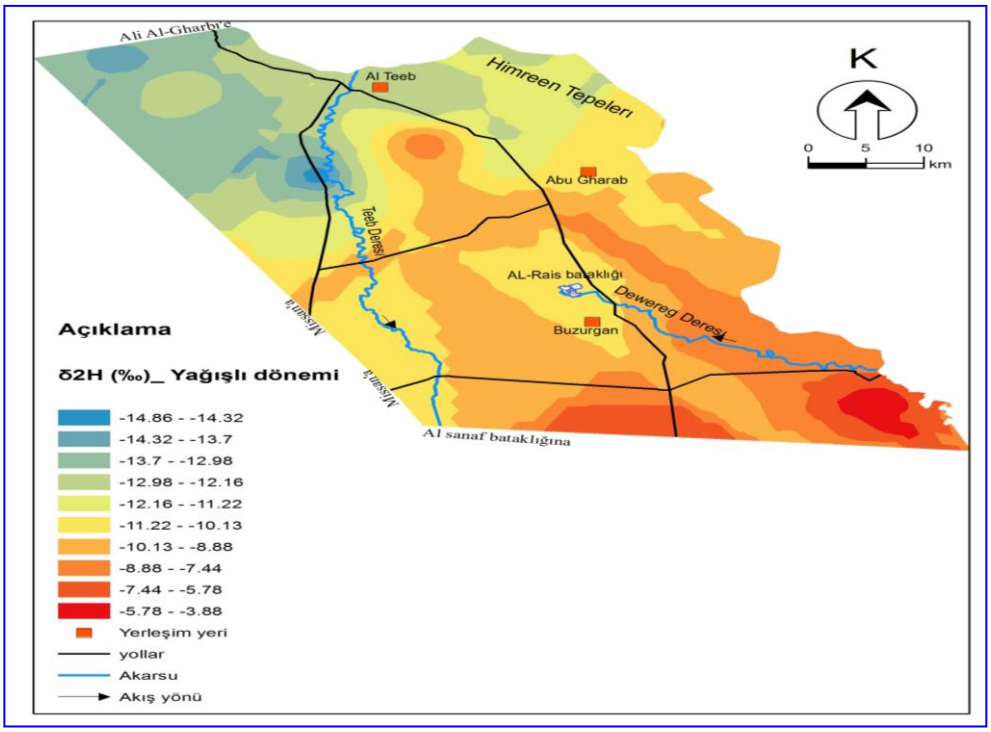


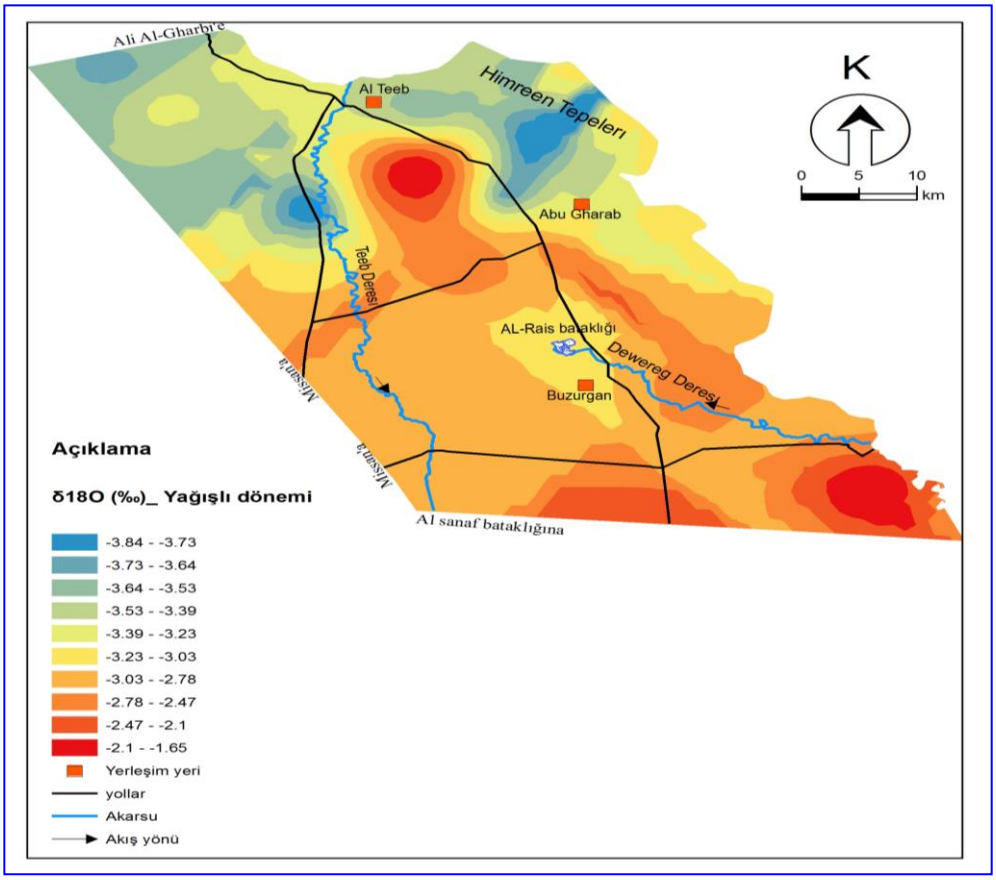
Şekil 4.59. Çalışma alanındaki suların $\delta^{18}O$ – δD grafiği, a: Mayıs 2011, b: Aralık 2011





Şekil 4.60. Çalışma alanındaki yeraltı sularının kurak döneme ait δ^2H ‰ ve $\delta^{18}O$ ‰ dağılım oranları haritası (Mayıs, 2011)





Şekil 4.61. Çalışma alanındaki yeraltı suların yağışlı döneme ait $\delta^{2}H$ ‰ ve $\delta^{18}O$ ‰ dağılım oranları haritası (Aralık, 2011)

4.6.5.Teeb ve Dewereg akarsularının ve sığ yeraltı suyunun izotop bileşimleri

Teeb akarsuyundan alınan üç örnek (TS1,TS2 ve TS3) ile Dewereg akarsuyundan alınan üç örnek (DS1, DS2 ve DS3) ve beş adet sığ kuyulardan alınan örnekleri, yeraltı suyu izotop bileşimlerinin yağışa etkisini araştırmak üzere toplanmıştır.

Yeraltı suyu farklı ve kararlı izotop bileşimlerine sahip su ile seyreltilmediği ya da karıştırılmadığı veya 60 ºC üzerinde ısıtılmadığı sürece sabit izotop yapısını korur (Alsaaran, 2006). Çoğu jeokimyasal izleyicinin aksine ^{2}H ve ^{18}O karışım ilişkilerinde hareketsiz ve ölçülüdür. Bu nedenle kararlı izotoplar havzadaki yerel sularla karıştırılarak yeraltı suyuna nicelik kazandırırken, farklı kaynaklardan beslenen farklı akiferlerin ve akış sistemlerinin suları yeraltı sularına karışabilirler (Yoshida, 2002) .

Ana akiferin ortalama izotop bileşimleri kurak dönemde $\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$ için 2,78 ‰ ve -10,14 ‰, yağışlı dönemde -3,08 ‰ ve -10,59 ‰ arasında değişir (Çizelge 4.25). Teeb nehri suyunun ortalama izotop bileşimi de $\delta^{18}O$ ve $\delta^{2}H$ için -2.01‰ ve -6.67‰'dir. Genel olarak Missan'da ana akiferin yeraltı suyu hattı şu şekilde tanımlanır:

$\delta D = 2.79\ \delta 18O - 2.21$, $R^2 = 0.85$ (kurak dönemi)

$\delta D = 3.94\ \delta 18O + 1.55$, $R^2 = 0.84$ (yağışlı dönemi)

Çalışılan akiferlerin izotop bileşimleri şekil 4.61a ve b'de gösterilmiştir. Buna göre çalışma alanındaki yeraltı suyu süzülme sırasında ve öncesinde buharlaşmaya uğruyor. Teeb ve Dewereg çevresinde seçilen akış yollarındaki yeraltı suyu izotop bileşimleri de değerlendirilmiştir.

Bu akış yolları Teeb kıyısındaki W6, W7 ve W34 numaralı kuyular ile Dewereg kıyısındaki W11, W16 ve W17 numaralı kuyular üzerindedir. Teeb kıyısı ile ilgili olarak, $\delta^{18}O$ -3.84 ‰ W6'den -3,53 ‰ W7'ye ve -2,15 ‰ W34'e doğru arasında değişmektedir, döteryum ise aynı kuyular için -11,47 ‰ -11,96 ‰ ve sonra -7,13‰ arasında değişir. Teeb Nehrine doğru hareket eden suyun izotop bileşimleri hareket yönünde giderek zenginleşmektedir. Teeb Nehri kıyısındaki W34 kuyusunda durum biraz farklı olup izotop bileşimi çok fazladır ve fark W6 de büyük olmaktadır. Teeb Nehri'nin etkisi W16 kuyusuna kadar görülmektedir. W6 kuyusun izotop bileşimi ise nehrinden tamamen farklıdır.

Bu çalışmada ulaşılan kararlı izotop sonuçlarına göre Missan ikliminin Akdeniz şartlarından etkilendiği ve Teeb Nehri suyu ile küresel meteorik suların yapısı ile

kıyaslandığında küresel iklime göre daha sıcak şartları yansıtmaktadır. Ancak jeokimyasal modelleme sonuçlarına uymayan sonuçlar da vermektedir.

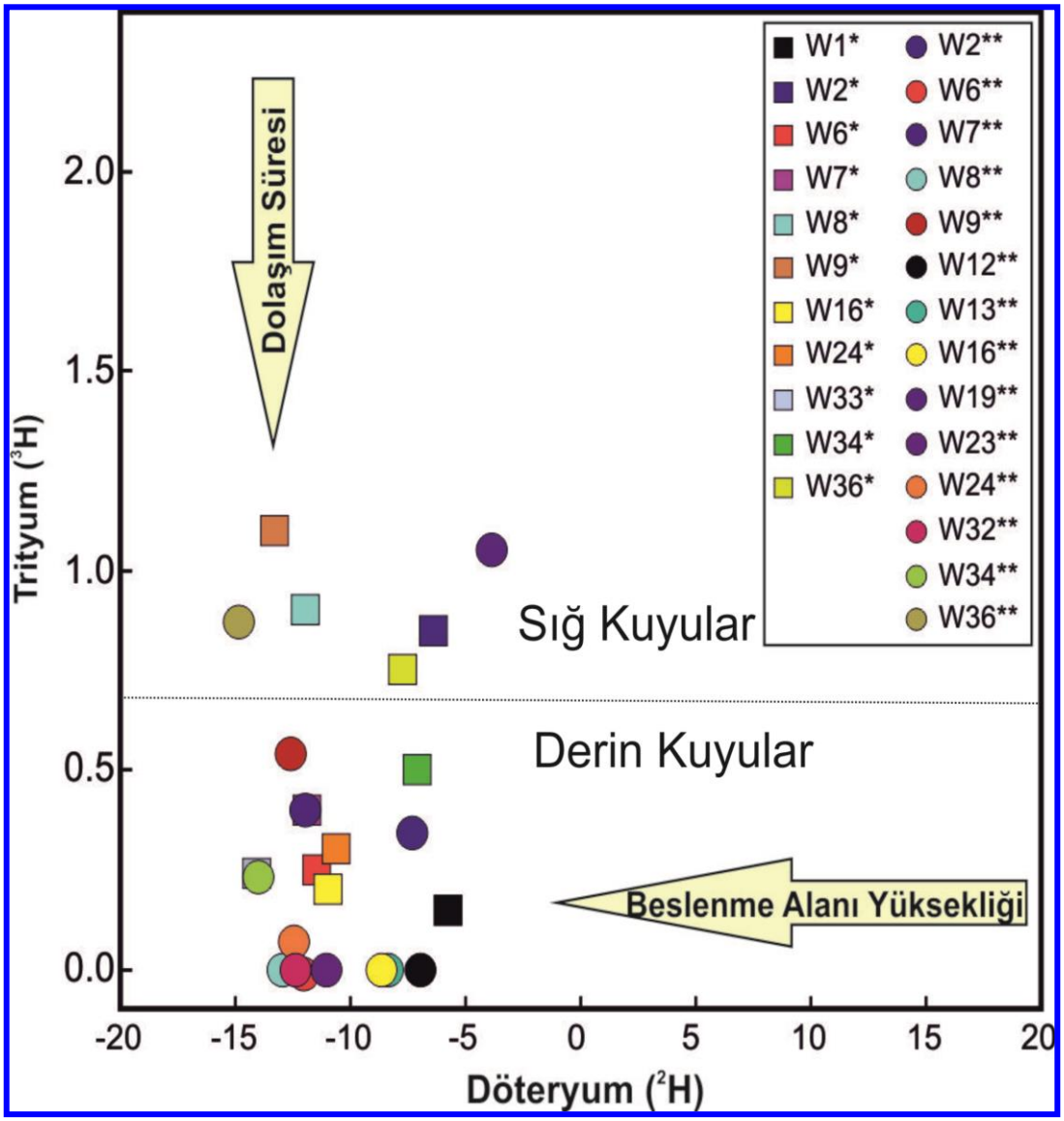
4.6.6.Trityum ^{3}H

Suların izotopik değerlendirilmesinde kullanılan radyoaktif trityum ^{3}H izotopunun yarı ömrü 12,25 yıldır. Duraysız bir izotop olmasından dolayı, yeraltı suyunun akiferde kalış süresi boyunca radyoaktif bozunmaya uğramaktadır. Atmosfer içinde azot (nitrojen) ve oksijenin kozmik ışınlarının etkileşimi yoluyla oluştuğu gibi, 1952 ve 1969 yılları arasında yapılan termonükleer denemeler sonucunda da önemli ölçüde yapay yollarla oluşmuştur. Trityumun hidrolojik sisteme katılımı yağış yoluyla olmaktadır. Yeraltı sularının bağıl yaşlarının ortaya konmasında önemli parametrelerden biridir. Trityum içeriği yağışın katıldığı dolaşımı temsil etmektedir. Trityum ile yüzey ve yeraltı sularının ilişkileri belirlenebilir. Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen ^{3}H analizleri çizelge 4.25'te ve EK 4'de verilmiştir.

Suyun yeraltında geçirdiği sürenin belirlenebilmesi amacıyla sudaki duraysız izotoplar kullanılmaktadır. Suların trityum (^{3}H) değerleri bağıl yaşlarının saptanmasında kullanılabilmektedir. Trityum hidrojenin radyoaktif izotopu olup, yarılanma hızı 12,25 yıldır. ^{3}H birimi (TU) olarak gösterilir ve bir ^{3}H birimi 10^{18} hidrojen atomu içerisinde 1 atom ^{3}H olduğunu belirtir. Kuzey yarımkürede uzun dönemli ölçümlere bağlı olarak bahar ve yaz aylarındaki trityum derişimi kış aylarına oranla daha fazladır. Karaların üzerinde yaz aylarında trityum miktarının artmasının nedeni kış ve bahar yağışlarının bir kısmının tekrar buharlaşmasıdır (Clark ve Fritz 1997). Trityum değeri, TU<1 olan sular en az 50 yıllık suları temsil ettiği düşünülmektedir. (1950'lerdeki nükleer bomba denemelerinden üretilen trityum'dan etkilendiği söylenebilir, pre-modern sular). Trityum değeri, TU≈3 olan sular 30–40 yıllık sular olarak düşünülebilir. Trityum değeri, TU=1–8 arasında olan sular güncel ve eski sular karışımı olarak düşünülebilir. Trityum değeri, TU = 9–18 arasında olan sular güncel sular ve trityum değeri, TU = 19–28 arasında olan sular da termonükleer etkileşimlerden çokça etkilenen sular olarak ifade edilebilir (Clarke ve ark., 1976). Bu çalışmada tüm yeraltı suyu örneklerinin ^{3}H değerleri çoğunlukla 0-5 TU arasında yer almaktadır. Akifer sistemin sığ-serbest ve basınçlı olduğu bu alanda günümüz şartları göz önüne alındığında, sıfıra yakın değerlerin derin dolaşımlı sulara ait, 0,5-2,0 arasında olan değerlerin de sığ-serbest akifer sularına ait olduğu görülmektedir. Bu nedenle sığ akiferler yıllık yağışlarla ve

yüzey suları ile beslenirken, derin dolaşımlı olanlar bir kaç 10 yıllık sulara karşılık gelebilecektir (Çizelge 4.25).

Trityum analizlerine göre yeraltı suları yüksek kotlardan beslenen derin dolaşımlı sular olabilecektir (Söğüt ve Güzel, 2008). Tez sahasındaki sulardan W2,W8,W9,W19 ve W36 kuyular derin dolaşımı ve yüksek kotlardan beslenimi temsil etmektedir (Şekil 4.62).



Şekil 4.62 Çalışma alanındaki yeraltı sularının δ^3H – δD grafiği (*:Mayıs ve **:Aralık 2011)

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Missan İli'nin (Irak) kuzey doğusu ve çevresini kapsayan yaklaşık 2306 km^2'lik bir alanın 1/100.000 ölçek jeoloji haritası yapılmıştır.

Topografik yükselti (5–440) m arasındadır. Çalışma alanında bulunan Teeb ve Dewereg dereleri mevsimsel akarsulardır. Her iki akarsuyun kaynağı İran bölgesinde bulunmaktadır. İki akarsuyun ortalama boşalımı, yağışlara bağlı olup maksimum debileri Ocak ve Mart ayları arasında, minimum debileri ise yaz aylarında (Temumuz, Ağustos ve Eylül) görülür. Irak-İran sınırında çalışma alanı Jeomorfolojik açıdan düzdür ve Irak'ın kuzey doğusunda yer alan bayır ile sınırlıdır.

Çalışma alanı karasal iklim özelliklerinde olup, yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlıdır. Yıllık yağışın yaklaşık % 90' ı Kasım ve Nisan ayları arasındadır. Bu yağışların çoğu Aralık ve Mart aylarında olmaktadır. Yılın diğer ayları sıcak ve kuraktır. Nem bilançosuna göre toprağın su fazlası sadece Ocak ve Şubat aylarında 34.76 mm olarak, gerçek buharlaşma-terleme de yağışın %126'ı olarak hesaplanmıştır.

USDA (United States Department of Agriculture) toprak sınıflandırma sistemine göre alanda dört adet hidrolojik toprak grubu tanımlanmıştır: A, B, C ve D sınıfları tanımlanmış olup, inceleme alanındaki oranları sırasıyla %14, %45, %28 ve %13'dür. Tez sahasının kuzeydoğu bölgesini oluşturan yüksek kotlu beslenme alanları, geçirimliliği yüksek olan, genellikle B grubu ve kısmen de A grubu topraklardan oluşmaktadır.

Çalışma alanında akifer inşası için on dört kuyu seçilmiştir. Ancak bu kuyuların raporları ve alan boyunca dağılımı henüz tamamlanmamıştır. Sekiz farklı litolojik tür tespit edilmiştir. Bu kuyu bilgilerine göre alüvyon içinde serbest ve basınçlı olmak üzere iki adet akifer seviye yer almaktadır. Jeolojik bilgilerden yararlanarak tersiyer formasyonu içinde yer alan çakıltaşı ve kumtaşı seviyelerinin de akifer özellikte olduğu anlaşılmaktadır. Tersiyer içinde yer alan kiltaşı seviyeleri ise geçirimsizdir. Tersiyer birimlerinin oluşturduğu akifer türü serbest ve basınçlı olmak üzere iki farklı özelliktedir. Özellikle beslenme bölgesini oluşturan Himreen tepelerinin olduğu alanlarda ve yüzeylendiği Al Teeb ve Buzurgan dolayında serbest akifer özellikte

olduğu tahmin edilmektedir. Alüvyonda yer alan akiferler, hidrolik özellikleri tam olarak bilinmeyen daha az geçirgen iki akitard ile birbirinden ayrılırlar.

Alüvyonda yer alan akiferler arasında hidrolik bağlantı olduğu gibi, Tersiyer formasyonunun oluşturduğu akifer de yer yer alüvyondaki akifer sistemleri beslemekte ve ilişkili durumdadır

Daha derin akifer, alanın doğu kısmında bulunan Bai Hassan ve Mukdadiyah oluşumları'nın içinde bulunur. Bu akifer içerisinde çalışır durumda sadece beş tane artezyen kuyu bulunmaktadır. Bu artezyen kuyuları sabahtan akşama kadar aralıksız çalışmaktadırlar.

Yeraltı su seviyesi bölgenin topografik haritası ile uyumlu olup yeraltı suyu akım yönü kuzeydoğudan güneybatıya doğrudur. Çalışma alanlarının kuzey ve kuzeydoğu bölgelerinde beslenme alanları bulunurken güney ve güneybatı bölgelerinde boşalım alanları yer almaktadır.

Akarsuların hidrokimyasal parametreleri, akış yolu boyunca farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar temel olarak jeolojik formasyonlardan ve insan kaynaklı olmaktadır.

İnceleme alanındaki suların hidrojeokimyasal özellikleri Piper diyagramındaki konumları ile saptanmış ve örneklerin inceleme alanındaki suların Schoeller, Piper, ABD tuzluluk ve Wilcox diyagramları çizilmiştir. Bu diyagramlara göre inceleme alanındaki sular, kimyasal bileşimlerine göre kurak dönemde Na-SO_4 fasiyesinde hâkim iken yağışlı dönemde Ca-SO_4 fasiyesi hâkimdir. Yüzey sularında ise Na-Ca-SO_4-Cl su tipi/hidrokimyasal fasiyesi hâkimdir.

Wilcox diyagramına göre; kuyu ve yüzey sularına ait örneklerin bulunduğu alanlar birbirleri ile benzerlik gösterirler, ayrıca su örneklerinin hem tuzluluk hem de sodyum tehlikesi bakımından yüksek değerlerde olduğu söylenebilir.

Jeolojik ve hidrojeolojik yapıya bağlı olarak akiferlerin majör ve minör iyon konsantrasyonlarının zamansal ve mekânsal değişimleri ile karakterize edildiği görülmüştür.

Phreeqci yazılımı ile gerçekleştirilen jeokimyasal modelleme hesaplamaları, ana akiferin hidrojeokimyasal parametrelerindeki büyük farklar, jeokimyasal modelleme teknikleri kullanılarak araştırılmıştır. Jeokimyasal modelleme hesaplarına göre; yeraltı suyunun iyon içerikleri silikat ve sülfat minerallerinin çözünme ve/veya çökelmesine göre farklılıklar göstermektedir.

NETPATH yazılımı ile gerçekleştirilen jeokimyasal model hesaplamaları dolomit ve jips çözünmesine eşlik eden kalsit çökeliminin (didolomitizasyon) hâkim reaksiyonlar olduğunu göstermiştir.

Özellikleri akış yollarındaki mevcut sınırlılıklar kullanılarak yapılan kütle transfer hesapları aşağıdaki reaksiyonu vermektedir:

$$\textit{Dolomit} + \textit{jips} + \textit{sölestin} + \textit{siderit} \rightarrow \textit{kalsit} + \textit{hematit}\ Ca^{+2} / Na^{+} + \text{halit}$$

Akiferin hidrojeolojik yapısı ve bölgedeki akarsu sisteminin özellikleri, jeokimyasal karışım modeli yaklaşımı kullanılarak araştırılmıştır. Sığ akifer ve akarsular arasındaki karışım modeli sonuçları akarsudan akifere doğru net bir sistematik karışım şekli vermemektedir. Burada yağış gibi diğer faktörler ve bazı yerlerde alttaki katmanlar arasındaki suyun olası karışımları, sistemdeki etken kimyasal reaksiyonu ve daha sonra çalışma alanındaki yer altı suyu kimyasal bileşimini etkileyebilmektedir.

Hidrojen ve oksijen kararlı izotop verilerine göre yeraltısuları meteorik kökenli olup, sığ dolaşımlı olanlar buharlaşmaya maruz kalmıştır. Yeraltı sularının ^{3}H değerleri çoğunlukla 0-2 TU arasında olup, genç ve bir kaç 10 yıllık sular oldukları tahmin edilmiştir.

5.2. Öneriler

Öncelikle hidrolojik ve hidrojeolojik verilerin elde edilebilmesi için uzun süreli gözlem ve ölçüm istasyonlarının kurulması gerekmektedir.

Elde edilen hidrojeolojik veriler ve ilave yapılacak çalışmalarla su kaynaklarının korunması için tedbirler alınmalıdır.

Tez sahası çevresel izotoplarla detaylı olarak incelenebilir ve eksik kuyu verisi, pompa testi vb veriler tamamlanırsa matematiksel modellerle uzun dönemli sürdürülebilir kullanımı hakkında bilgiler elde edilebilecektir.

Çok katmanlı arazi kullanımlarına göre belediye ve endüstriyel olarak çeşitli kaynaklardan çevreye atılan öğelerin saptanması için kapsamlı izleme programlarının tasarlanması önemlidir.

Yağışlı mevsimlerde İran bölgesinden gelen su miktarını hesaplamak için izleme istasyonları kurulmalı ve bunlar için bir yönetim planı hazırlamalıdır.

Geçici akarsular ve çalışma alanındaki akiferler arasındaki ilişkinin birleştirme yöntemi kavramın (Conjunctive use) kullanılarak çalıştırma sonucu su kaynaklarının daha iyi yönetimi sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

Al-Jaburi, H. K., 2005, Hydrogeological and hydrochemistry study for Ali – Al Gharbi area, Missan Governorate. Plate No. NI-39-16, 1:25000 scale, State Company of Geological Survey and Mining, Baghdad (in Arabic).

Al-Kaabi, F. K., 2009, Hydrochemistry and evaluation of some selected wells, northeast Missan city, Unpublished Master Thesis, College of Science, University of Basrah, 153p.

Al-Moozani, I. Q., 2008, The general hydrogeological and geomorphological conditions of the eastern parts of Missan Governorate. Unpublished Master Thesis, College of Education/Ibn Rushd, Baghdad University, 216p.

Allen, D. M., Schuurman, N. and Zhang, Q., 2007, Using fuzzy logic for modeling aquifer architecture, J. of Geographical System, 9 (3): 289-310.

Allen, R., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M., 1998, Crop evapotranspiration-guidleines for computing crop water requirments. FAO Irrigation and Drainge Paper No. 56, Italy.

Allison, G. B and Hughes, M. W., 1978, The use of environmental chloride and tritium to estimate total recharge to an unconfined aquifer. Australian Journal of Soil Research 16: 181-195.

Alsam, S. I., Jassim, F. Z. and Hanna, F., 1990, Water balance of Iraq: stage 2, geological and hydrogeological conditions. Manuscript report, Ministry of Irrigation, Iraq.

Alsaaran, N. A., 2006, Using environmental isotopes for estimating the relative contributions of groundwater recharge mechanisms in an arid basin, Central Saudi Arabia, The Arabian Journal for Science and Engineering, Vol.31, No. 1A, pp:3-11.

Al-Siddiki, A. A., 1978, Subsurface geology of southeastern Iraq. 10th Arab Petroleum Congress, Tripoli, Libya, 47p.

Akgiray, Ö, 2003, İçme suyu ve su arıtımı. Suyumuzun Geleceği ve Türkiye Su Politikaları, 22 Mart Dünya Su Günü paneli, Zekai Şen, Sevinç Sırdaş (Editör), Bildiriler, s. 62-75, İstanbul.

Altoviski , M.E., 1962, Handbook of Hydrogeology, Gosgoelitzdat, Moscow, USSR, (in Russian), 614p.

Andre, L., Franceschi, M., Pouchan, P. A., and Atteia, O., 2005, Using geochemical modeling data to enhance the understanding of groundwater flow in a regional deep aquifer, Aquitaine Basin, south-west France, Journal of Hydrology, 305, pp:40-62.

Anderson, J. R., E. E. Hardy, J. T. Roach and R. E. Witmer, 1976, A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data. US Geological Survey Professional Paper 964, 28 pp.

Aqrawi, A. A. M. and Evans, G., 1994, Sedimentation in lakes and marshes (Ahwar) of the Tigris-Euphrates delta, southern Mesopotamia.

Appelo, C. A. J. and Postma, D., 2007, Geochemistry, groundwater and pollution (3rd ed.). Great Britain: A. A. Balkema Publishers, Leiden, The Netherlands a member of Taylor & Francis Group plc.

Appelo, C. A. J. and Postma, D., 1993, Geochemistry, groundwater pollution p. 536.Rotterdam: Balkema.

Atiaa, A. M. 2011, Hydrological and hydrogeological of analysis of northeastern Missan governorate, south of Iraq using geographic information system. PhD thesis, College of Science, Baghdad University, Baghdad (Unpublished).

Bajjal, W. and Al-Hadidi, K. 2005, Hydrochemical evolution of groundwater in Azraq basin, Jordan, using environmental isotopes and GIS techniques, twenty fifth annual ESRI international user conference, San Diego, Californi.

Ball, J.W. and Nordstrom, D.K., 1991, User's manual for WATEQ4F with revised thermodynamic data base and test case for calculating speciation of major, trace and redox elements in natural water, U.S. Geological Survey, Open-File Report 91-183, 189p.

Ball, J. W. and Nordstrom, D. K., 2001, User's manual for WATEQ4F with revised thermodynamic data base and test case for calculating speciation of major, trace and redox elements in natural water,(revised edition), U.S. Geological Survey, Open-File Report 91-183, 189p.

Bar-Matthews, M., Ayalon, A., Matthews, A., Sass, E. and Halicz, L., 1996, Carbon and oxygen isotope study of the active water-carbonate system in a karstic Mediterranean cave: implications for paleoclimate research in semiarid regions. Geochimica et Cosmochimica Acta, 60, 337–347.

Barwary, A. M., 1993, The geology of Ali Al-Garbi Quardrangle, Unpublished Report, No. 2226, GEOSURV library, Baghdad.

Bashu, T. E., 2004, Hydrogeological investigating of Eastern Missan, Unpublished report, State Authority of groundwater well drilling. (In Arabic).

Bellen, R. C. Van, Dunnington, H. V., Wetzel, R. and Morton, D., 1959, Lexique Stratigraphique Internal Asie. Iraq. Intern. Geol. Conger. Comm. Stratigr, 3, Fasc. 10a, 333p.

Boorman, D. B., Hollis, J. M. and Lilly, A., 1995, 'Hydrology of Soil Types: A Hydrologically-Based Classification of the Soils of the United kingdom. Institute of Hydrology Report No. 126'. (Institute of Hydrology: Wallingford).

Bozdağ A., 2010, Investigation of hydrogeological, hydrochemicaland isotopic characteristic of the Cihanbeyli (Konya) and environment. PhD Thesis, Institute of Science, Selcuk University, Konya.

Bowser, C. J. and Jones B. F., 2002, Mineralogic controls on the composition of natural waters dominated by silicate hydrolysis. Am J Sci 302:582–662.

Buday, T. and Jassim, S. Z., 1987, The Regional Geology of Iraq, vol. 2: Tectonism, Magmatism, and Metamorphism. Publication of GEOSURV, Baghdad, 352p. Domenico, P. A. and Schwartz, F. W., 1998. Physical and Chemical Hydrogeology. John Wiley and Sons, Inc. 506p.

Cardenal, J., Banavente, J. and Sanjulian, J.J., 1994, Chemical evolution of groundwater in Triassic gypsum-bearing carbonate aquifers, Las Alpujarras, Southern Spain Journal of Hydrology, 161, pp: 3-30.

Charlton, S.R., Macklin, C.L. and Parkhurst, D.L., 1997, PHREEQCI – A graphical user interface for the computer program PHREEQC. U.S. Geol. Surv. Water-Resour.Invest., Report 97-4222.

Chiadambaram, S., Karmegam, U. , Sasidhar, P., Prasanna, M., Manivannan, R., Arunachalam, S., Manikandon, S., and Anandhan, P., 2011, Significance of saturation index of certain clay minerals in shallow coastal groundwater, in and around Kalpakkam, Tamil Nandu, India, Journal of Earth System Science, Vol. 120, No.5, pp:897-909.

Clark, I.D. and Fritz, P., 1997, Environmental Isotopes in Hydrogeology. Lewis Publishers, Boca Raton Florida, 328.

Clarlton, S.R., and Parkhurst, D.L., 2002, PHREEQCI - A graphical user interface to the geochemical model PHREEQC: U.S. Geological Survey Fact Sheet FS-031-02, April 2002, 2p. U.S. Geological Survey Denver, Colorado.

Craig, H., 1961, Isotopic variations in meteoric waters, Science, 133pp:1702-1703.

Ctyroky, P. and Karim, S. A., 1971a, Stratigraphy and paleontology of the Oligocene and Miocene strata near Anah, Euphrates valley. Manuscript report, GEOSURV, Baghdad.

Çelik, M., Ünsal N., Tüfenkçi, O.O., Bolat S. 2008. Assessment of water quality and pollution of the Lake Seyfe basin, Kırşehir, Turkey. Environmental Geology, 55:559-569.Dansgaard, W., 1964, Stable isotopes in precipitations, Tellus, 16, 436 - 468.

Dassi, L., 2010, Use of chloride mass balance and tritium data for estimation of groundwater recharge and renewal rate in an unconfined aquifer from North Africa: a case study from Tunisia, Environmental Earth Sciences 60:861-871.

David, K., Mueller, and Helsel, R., 2011, Nutrients in the nation's waters, toomuch of a good thing, U.S. Geological Survey, circular 1136, 25p.

DeMers, M. N., 2000, Foundmental of Geogrpahic Information Systems, 2nd John Wiley and Sons Inc., 480p.

Domenico, P.A. and Schwartz, F.W., 1998, Physical and Chemical Hydrogeology, John Wiley and Sons Inc., 506p.

Dostika, E., Lykoudis, S. and Poutoukis, D., 2010, Spatial distribution of isotopic composition of precipitation and spring water in Greece, Global and Planetary Change, 71, pp:141-149.

Drever, J. I., 1997, The Geochemistry of Natural Water, Surface and Groundwater Environments, 3rd edition , Prentice Hall ,USA , 436p.

Edmunds, W. M., Fellman, E., Goni, I. B., Prudhomme C., 2002, Spatial and temporal distribution of groundwater recharge in northern Nigeria, Hydrogeology J. 10: 205-215.

El-Kadi, A.I., Plummer, L.N., and Aggarwal, P., 2010, NETPATH-WIN: An Interactive User Version of the Mass-Balance Model, NETPATH: Ground Water, v. 49, no. 4, p. 593-599.(on-line abstract or on-line journal article, 746 KB, compilation copyright, National Ground Water Association; No claim to original US government works.

Ellis, J. B., 1999, Impacts of urban growth on surface water and groundwater, International Association of Hydrological Science, No.259 , 437p.

Eriksson, E. and Khunakasem, V., 1969, Chloride concentration in groundwater, recharge rate and rate of deposition of chloride in Israel coastal plain. J. of Hydrology 7: 178-197.

Eriksson, E., 1976, The distribution of salinity in groundwater of the Delhi region and the recharge rates of groundwater. In Interpretation of Environmental Isotopes and Hydrochemcial Data in Groundwater Hydrology, IAEA: Vienna: 171-177.

ESRI, 1999, Getting started with ArcGIS. USA. 260p. ESRI, 2001. Using ArcGIS Geostatistical Analyst, USA, 306p.

ESRI, 2010, Using ArcGIS Geostatistical Analyst, USA, 306p.

FAO., 1976, A framework for land evaluation. FAO Soils Bulletin 32. FAO, Rome.

FAO.,2013, http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html.

Faure, G., 1986, Principles of Isotope Geology. New York: Wiley & Sons.

Ford, Derek, and Williams, P.W., 2007, Karst geomorphology and hydrology: London, Unwin Hyman, 601 p.

Freeze, R. A. and Cherry, J. A., 1979. Groundwater. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, NJ. 04 p.

Gat, J.R. and Carmi, I., 1970, Evolution in the isotopic composition of atmospheric waters in the Mediterranean Sea area. Journal of Geophysical Research, 75, 3039–3048.

Garrels, R.M., and MacKenzie, F.T., 1967, Origin of the chemical compositions of some springs and lakes. In Equilibrium Concepts in Natural Water Systems, Advances in Chemistry Series No. 67, Chapter 10, 222–242. Washington, DC: American Chemical Society.

Glynn, P. D. and Plummer, L.N., 2005. Geochemistry and the understanding of ground-water systems. Hydrogeology Journal 13, 263–287.

Göçmez, G., Kara, İ., Nalbantçılar, M., Güzel, A., 2005, Hydrogeological and ısotopic properties of hot and mineral water in konya, II. Ulusal hidrolojide izotop teknikleri sempozyumu, p. 121-132, İzmir, Türkiye.

Grismer, M. E., Bachman, S. and Powers, T., 2000, A comparison of groundwater recharge estimation methods in semi-arid, coastal avocado and citrus orchard, Ventura County, California, Hydrological Processes 14: 2527-2543.

Harrington, G. A, Cook, P. G. and Herczeg, A. L., 2002, Spatial and temporal variability of groundwater recharge in central Australia: a tracer approach. Ground Water 40(5): 518-528.

Harter, T. h., 2003, Groundwater quality and groundwater pollution, University of California, division of Agriculture and Natural Resources, publication 8084.

Harvey, F.E. and Welker, J.M., 2000, Stable isotopic composition of precipitation in the semi-arid north central portion of the US great plains, Journal of Hydrology, 238, pp: 90-109.

Hassan, A. H. and others, 1977, Galal Badra poject area, part I-IV. Inst. For Applied Research on Natural Resources Techn. Bull. 106.

Hem, J. D., 1985, Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water, U.S. Geological Survey, Water Supply, paper- 2254 , 263p.

Hem, J. D., 1991, Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water, U.S. Geological Survey, Water Supply, paper- 2254 , 263p.

Hounslow, A.W., 1995, Water Quality Data: Analysis and Interpretation. Lewis Publishers, 54.

Jassim, S. Z. and Goff, J. C., 2006, Geology of Iraq, Dolin, Prague and Moravian Museum, Brno, Czech Republic, 431p.

Jassim, S. Z., Karim, S. a., Basi, M. Al-Mubarak, M. A. and Munir, J., 1984. Final report on the regional geology survey of Iraq, vol. 3, Stratigraphy. Manuscript report, Geological Survey of Iraq.

Jeelani, G. H., Baht, N. and Shivanna, K., 2010, Use of $\delta^{18}O$ tracer to identify stream and spring origins of a mountainous catchment: A case study from Liddar watershed, western Himalaya, India, Journal of Hydrology, 393, pp:257-264.

Jinwal, A., Dixit, S. and Malik, S., 2009; Some trace elements investigation in groundwater of Bhopal and Sehort districts in Madhya Pradesh, Indian Journal of Applied Science and Environmental Management, Vol. 13(4), pp:47-50.

Iraqi Ministry of Environment, Water Resources and Municipalities and Public works, 2006, Overview of present conditions and current use of the water in the marshlands area. Vol. 1, Book 1 Water Resources. Published by the Italian Ministry for the Environment and Territory and free foundations, Italy 146p.

Iraqi Standard, 2009, Iraqi standard of drinking water No.417; modification No.2.

Kehinde, M. O., 1993, Preliminary Isotopic Studies in the Bida Basin, Central Nigeria. Environmental Geology, 22, 212–217.

Krásný, J., 1982a, Hydrogeology of the Kut, Ali Al-Gharbi, Al-Teeb area, Manuscript Report, GEOSURV library, Baghdad.

Langmuir, P., 1997, Aqueous Environmental Geochemistry, Prentice Hall, USA, 600 p.

Lazim, S. A., 2002, The possibility of using groundwater Formation (Bai-Hassan and Mukdadiyah) in Bazurgan area-the economic evaluation and suitability for human and industrial usage, Unpublished Master Thesis, University of Baghdad, College of Civil Engineering, 99p.

Lerner, D. N, Issar, A. S., and Simmers, I., 1990, Groundwater recharge, a guide to understanding and estimating natural recharge. International Association of Hydrogeologists, Kenilworth, Rep 8, 345p.

Lohmann, U., Sausen, R., Bengtsson, L., Cubasch, U., Perlwitz, J. and Roecknere, E., 1993, The Köppen climate classification as a diagnostic tool for general circulation models, Climate Research 3: 177-193.

Luu, Th., Sthiannopka, S. and Kim, K., 2009, Arsenic and other trace elements contamination in groundwater and a risk assessment study for the residents in the Kandal province of Cambodia, Environmental International, 35, pp: 455-466.

Macdonald, M., 1960, Diyala and middle Tigris projects. 10 reports, Ministry of Agriculture, D. G. of Irrigation, Baghdad.

MacFadyen, W. A., 1983, Water Supplies in Iraq. Ministry of Economics and Communications, Iraq Geological Department, Government of Iraq, Baghdad Printing Press, 428p.

McKnight, T. L. and Hess, D., 2000, Climate zones and types: the Köppen system. Physical Geography: A landscape appreciation. upper Saddle river, NJ, Printing Hall.

McNeely, R.N., Neimanis, V.P. and Dwyer, L., 1979, Water Quality Sourcebook- A guide to water quality parameters: Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottowa, Canada, 88 p.

Merlivat, L. and J. Jouzel, 1979, Global climatic interpretation of the deuterium oxygen 18 relationship for precipitation. J. Geophys. Res., 84, 5029–5033.

Merkel, B.J. and Friedrich, B.P., 2008, Groundwater Geochemistry, 2nd edition, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg,230p.

Moral, F., Sanjulian,J.J. and Olias, M., 2008, Geochemical evolution of groundwater in the carbonate aquifers of Sierra de Segura, Betic Cordillera, Southern Spain, Journal of Hydrology, 360, pp: 281-296.

Moser, H. and Rauert, W., 1980, Isotopenmethoden in der Hydrologie. Berlin, Borntraeger: 400 p.

Naqib, K. M. Al., 1967, Geology of the Arabian Peninsula, southeastern Iraq. USGS Professional, Paper No. 560-G., 54p.

Nordstrom, D. K., 2007, Modeling low-temperature geochemical processes. In Treatise on Geochemistry, vol. 5: Surface and Ground Water, Weathering and Soils, ed. J.I. Drever, 1–38. New York: Elsevier.

Nordstrom, D.K., Ball, J.W., and McCleskey, R.B., 2005, Ground water to surface water - Chemistry of thermal outflows in Yellowstone National Park , in Inskeep, W. and McDermott, T.R., eds., Geothermal Biology and Geochemistry in Yellowstone National Park: Bozeman, Mont., Thermal Biology Institute, Montana State University, p. 73-94.

Nordstrom, D. K. and Archer, D. G., 2003, Arsenic thermodynamic data and environmental geochemistry. Arsenic in ground water. A. H. Welch and K. G. Stollenwerk, ed. Boston, MA: KluwerAcademic Publishers.

Nordstrom D.K. and Alpers C. N., 1999, Negative pH, efflorescent mineralogy, and consequences for environmen-tal restoration at the Iron Mountain Superfund site, alifornia. Proc. Natl. Acad. Sci. USA Colloquium Paper 96, 3455–3462.

Parkhurst, D.L., and S.R. Charlton, 2008, NetpathXL—An Excel® Interface to the Program NETPATH. U.S. Geological Survey Techniques andMethods 6-A26, 11p. ftp://brrftp.cr.usgs.gov/geochem/pc/netpath/NetpathXL.pdf

Parkhurst, D.L., Appelo, C.A.J., 1999, User's guide to PHREEOC (Version 2)-a computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and

inverse geochemical calculations, USGS Water Resources Investigation Report 99-4259, 312p.

Parkhurst, D. L. and Appelo, C.A.J., 2013, Description of input and examples for PHREEQC version 3--A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 6, chap. A43, 497 p.

Parkhurst, D.L., L.N. Plummer, and Thorstenson. D.C., 1982, BALANCE—A Computer Program for Calculating Mass Transfer for Geochemical Reactions in Ground Water. Water-Resources Investigations 82–14, 29. Reston, Virginia: U.S. Geological Survey.

Parkhurst, D.L. and Plummer, L.N., 1993, Geochemical Models, in: Regional Water Quality, edited by Alley,W.H., Van Nostrand Reinhold, Ney York, pp:199-225.

Parkhurst, D.L. and Appelo, C.A.J., 1999, User's guide to phreeqc (version 2), a computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensionaltransport, and inverse geochemical calculations, U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 99-4259, 312 p., Denver, Colorado.

Parsons, R. M., 1955a, Ground-water resources of Iraq. Khanaqin-Jassan area, vol. 1. Development Board, Ministry of Development Government of Iraq. Baghdad.

Parsons, R. M., 1957d, Ground-water resources of Iraq. Mandali area, vol. 13. Development Board, Ministry of Development Government of Iraq. Baghdad.

Patil, V.T. and Patil, P.R., 2010, Physicohemical analysis of selected groundwater samples of Amalner town in Jalgaon district, Maharashtra, India, Journal of Chemistry, 7(1) , pp:111-116.

Piper, A.M., 1944, A graphic procedure in geochemical interpretation of water analyses. Trans Am Gephys Union 25: 914-923.

Plummer, L.N., 1992, Geochemical modeling of water-rock interaction: past, present and future, in: Kerracha, Y. and Meast, A.(editors), Proceeding of the 7th International Symposium on Water-Rock Interaction, Balkema publ., pp:2-33.

Plummer, L.N., 984, Geochemical modeling; a comparison of forward and inverse methods, First Canadian-American on hydrogeology, in: Hitchon, B. and Wallick, G.I.(editors), Nat. Water Well Association, Dublin, Ohio, pp:149-177.

Plummer, L. N., Busby, J. F., Lee, R.W. and Hanshaw, B. B., 1990, Geochemical modeling of the Madison aquifer in parts of Montana, Wyoming and south Dakota, U.S. Geological Survey, Water Resources Research, Vol.26, pp:1981-2014

Plummer, L.N., Michel, R.L., Thurman, E.M., and Glynn, P.D., 1993, Environmental Tracers for age-dating young ground water, in Alley, W.M., ed., Regional Ground-water Quality, Chap. 11, Van Nostrand Reinhold, 255-294.

Plummer, L.N., Parkhurst, D.L. and Thorestenson, D.C., 1983, Development of reaction models for groundwater system, Geochimica Cosmochimica Acta, Vol. 47, pp:663-686.

Plummer, L.N., Prestemon, E.C. and Parkhurst, D.L., 1994, An interactive code (NETPATH) for modeling Net Geochemical Reactions along a Flow Path. Version 2.0. Water- Resources Investigation Report, 94-4169, U.S. Geol. Survey, Reston: 227 pp.

Plummer, L.N., Sanford, W.E., Bexfield, L.M., Anderholm, S.K., and Busenberg, E., 2004, Using geochemical data and aquifer simulation to characterize recharge and groundwater flow in the Middle Rio Grande Basin, New Mexico, in Hogan, J., Phillips, F.M., and Scanlon, B., eds., Groundwater Recharge in a Desert Environment: The Southwestern United States: Water Science and Applications Series, v. 9, American Geophysical Union, Washington, D.C., p. 185-216.

Plummer, L. N. and Sprinkle, C. L., 2001, Radiocarbon dating of dissolved inorganic carbon in groundwater from confined parts of the Upper Floridan aquifer, Florida, USA. Hydrogeology Journal, 9:127–150.

Plummer, L. N. and Sprinkle, C. L., 2001, Radiocarbon dating of dissolved inorganic carbon in groundwater from confined parts of the Upper Floridan aquifer, Florida, USA. Hydrogeology Journal, 9:127–150.

Ponikarov, V. P., Kazmm, V. G., Mikhailov, I. A., Razvaliayev, A. V., Kraheninnikov, V. A., Kozlov, V. V., Soulid-Kondratiyev, E. D., Mikhailov, K. Ya., Kulakov, V. V., FaradzHev, V. A. and Mirzayev, K. M., 1967, The geology of Syria pan 1. Stratigraphy, igneous rocks and tectonics. Dept. Geology and Min. Research, Ministry of Industry, Syria, 230p.

Puckett, L.J. and Bricker, O.P., 1992, Factors controlling the major ion chemistry of streams in the Blue Ridge and Valley and Ridge physiographic provinces of Virginia and Maryland. Hydrolog. Proc. 6:79-98.

Rhind, D. W., 1989, Why GIS? ARC news 11(3): 28-29.

Rozanski, K., Aragua's-Aragua's, L. and Gonfiantini, R., 1993, Isotopic patterns in modern global precipitation. In: P.K. Swart, K.L. Lohmann, McKenzie, J.S. (Eds.) Savin, Climate Change in Continental Isotopic Records. American Geophysical Union, Washington, DC, pp. 1–37,

Rushton, K. R., 2003, Groundwater Hydrology: conceptual and computational models, John Wiley & Sons, Inc., The Atrium, Chichester, England, 433p.

Sacks, L. and Tihansky, A., 1996, Geochemical and isotopic composition of groundwater, with emphasize on source of sulfates in the upper Floridan aquifer and intermediate aquifer system in southwest of Florida, U.S. Geological Survey, Water Resources Investigation Report 95-4251, 66p.

Scanlon, B. R., Healy, R. W. and Cook, P. G., 2002, Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge. Hydrogeology Journal 10:18–39.

Schlumberger Water Services, 2013, https://www.swstechnology.com/groundwater-software/water-quality-analysis/aquachem

Schoeller, H., 1977, Geochemistry of groundwaters. In: Goundwater studies and international research and practice, UNESCO, Paris, Ch. 15, p 1-18.

Schoeller, 1962, Les eaux souterraines, 642 p, Masson et cie, Paris.

Sharma, M. L., 1989, Groundwater Recharge, A. A. Balkema, Rotterdam. 323p.

Şen, Z. 2008, Wadi Hydrology, Taylor & Francis Group, CRC Press, USA, 368p.

Simmers, I., 1988, Estimation of Natural Groundwater Recharge, Reidel, Boston, 510p.

Smith, M., Allen, R., Pereira, L., 1996, Revised FAO methodology for crop water requirements. Proceeding of the International Conference.(Eds. C.R.Camp, E.J.Sadler, and R.E.Yoder). 3-6 November, San Antonio, TX. 116-123.

Söğüt, A. R., 2003, Derinkuyu (Nevşehir) ve Çevresinin Hidrojeolojik incelemesi; S.Ü.Fen Bilm. Enst. Doktora Tezi. 127 s., Konya (Yayınlanmamış).

Söğüt, A.R., Güzel, A., 2008, Misli Ovası (Niğde) yeraltısularının kalitesi ve kullanım olanakları,. S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg., c.23, s.4.

Subyani, A. and Şen, Z., 2006, Refined chloride mass-balance method and its application in Saudi Arabia, Hydrological Processes 20: 4373-4380.

Suarez, D. L., 1995, Carbonate chemistry in computer programs and applications to soil chemistry, American Society of Agronomy, pp:53-73.

Thornthwaite, C. W., 1948, An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review 38 (1): 55–94.

Ting, C. S., Kerth, T. and Liao, C. J., 1998, Estimation of groundwater recharge using the chloride mass-balance method, Pingrung Plain, Taiwan, J. of Hydrogeology 6: 282-292.

Todd, D. K. and Mays, L. W., 2006, Groundwater Hydrology, Johh Wiley & Sons, Inc., USA, 652p.

Trigt, R.V., Harro, A.J., Sveinbjorusdottir, A.E. and Erick, R. Th., 2002, Measuring stable isotopes of hydrogen and oxygen in ice by means of laser spectrometry, the Bolling Transition in the Dye-3(South Greenland) Ice Core , Ann. Glaciology, 35, 19p.

U. S. Department of Agriculture (USDA), 1986, Urban hydrology for small watersheds, Technical Release No. 55, Washington DC.

Vanderkemp, W. J. and Appelo, C.A., 2000, Inverse chemical modeling and radiocarbon dating of palaeogroundwaters: The Tertiary Ledo-Paniselian aquifer in Flanders, Belgium, Water Resources Research, Vol. 36, No. 5, pp: 1277-1287.

Walton, W. C., 1970, Groundwater Resource Evaluation, McGraw-Hill Book Company, 664p.

WHO, 2006, Guidelines for drinking water quality. 2nded., vol.1, recommendations, Geneva, 595p.

WHO, 2008, Guidelines for drinking water quality. 3rded., vol.1, recommendations, Geneva, 516p.

Wilcox L.V., 1955, Classification and use of irrigation water. U.S.Dept. of Agr. Circular 969, Washington, DC.

Wood, W. and Imes, J. L., 1995, How wet is wet? Precipitation constraints on late Quaternary climate in the southern Arabian Peninsula, J. of Hydrology 164: 263-292.

Wood, W. W. and Sanford, W. E., 1995, Chemical and isotopic methods for quantifying ground-water recharge in a regional, semiarid environment. Ground Water 33: 458-468.

Wood, W. W., 1999, Use and misuse of the chloride-mass balance method in estimating groundwater recharge, Ground Water 37: 2-3.

Yiklin, Ch., Abdullah, M., Mustafa, B., Aris, A. and Praveena, S., 2010, Assessment of selected chemical and microbial parameters in groundwater at Pulontiga,Sabah, Malaysia, Sains Malaysian, 39(3), pp:337-345.

Yoshida, N., 2002, Hydrogen and oxygen isotopes in hydrology, Hydrospheric Atmospheric Research Center, Nagoya University, 87p.

EKLER

EK-1 Hidrojeokimyasal analizlerin sonuçları,

EK-2 NETPATH programı sonuçları,

EK-3 Hidrojen ve oksijen kararlı izotopu analiz sonuçları,

EK-4 Trityum analiz sonuçları

EK-1



AcmeLabs
Acme Analytical Laboratories (Vancouver) Ltd.
1020 Cordova St. East Vancouver BC V6A 4A3 Canada
www.acmelab.com

Client: **Selcuk Universitesi**
Muhendislik-Mimarlik Fakultesi
Jeoloji Muhendisligi Bolumu
Konya 42031 Turkey

Submitted By: Ali Riza Sogut
Receiving Lab: Turkey-Ankara
Received: February 21, 2012
Report Date: March 01, 2012
Page: 1 of 3

CERTIFICATE OF ANALYSIS ANK12000125.1

CLIENT JOB INFORMATION

Project: Konya/Turkiye
Shipment ID:
P.O. Number
Number of Samples: 34

SAMPLE DISPOSAL

DISP-PLP Dispose of Pulp After 90 days

SAMPLE PREPARATION AND ANALYTICAL PROCEDURES

Method Code	Number of Samples	Code Description	Test Wgt (g)	Report Status	Lab
No Prep	34	Sorting of samples on arrival and labeling			ANK
Split Solution	34	Analysis sample split/packet			ANK
2C	34	Water analysis by ICP-MS. Solutions >0.1% TDS run by IC	1	Completed	VAN

ADDITIONAL COMMENTS

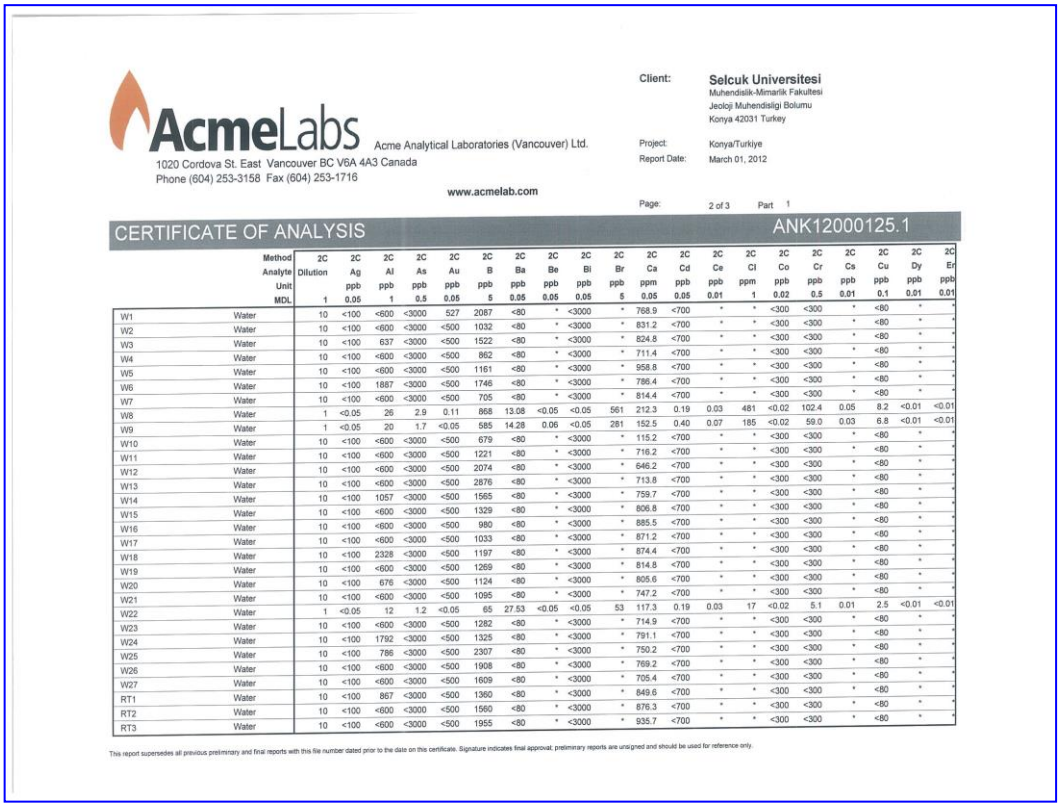
Acme does not accept responsibility for samples left at the laboratory after 90 days without prior written instructions for sample storage or return.

Invoice To: Selcuk Universitesi
Muhendislik-Mimarlik Fakultesi
Jeoloji Muhendisligi Bolumu
Konya 42031
Turkey

CC:

BRITISH COLUMBIA CERTIFIED ASSAYER
CLARENCE LEONG GENERAL MANAGER

This report supersedes all previous preliminary and final reports with this file number dated prior to the date on this certificate. Signature indicates final approval; preliminary reports are unsigned and should be used for reference only.
All results are considered the confidential property of the client. Acme assumes the liabilities for actual cost of analysis only. Results apply to samples as submitted.
"*" asterisk indicates that an analytical result could not be provided due to unusually high levels of interference from other elements.



AcmeLabs
Acme Analytical Laboratories (Vancouver) Ltd.
1020 Cordova St. East Vancouver BC V6A 4A3 Canada
Phone (604) 253-3158 Fax (604) 253-1716
www.acmelab.com

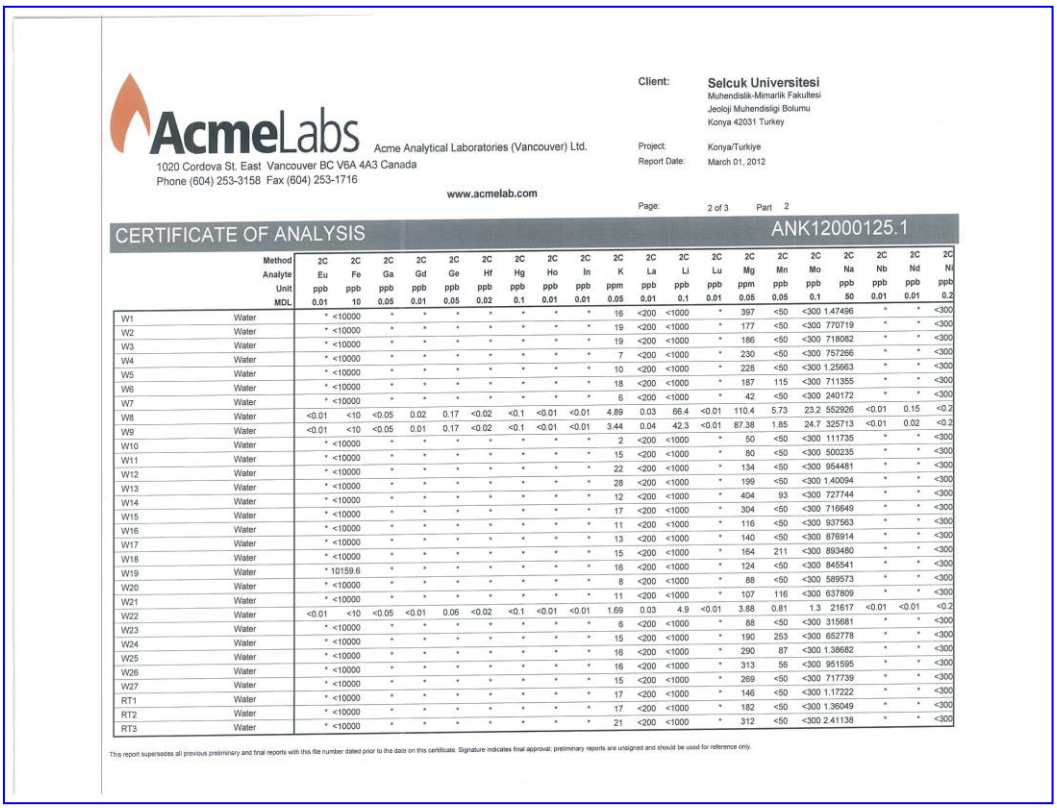
Client: **Selcuk Universitesi**
Muhendislik-Mimarlik Fakultesi
Jeoloji Muhendisligi Bolumu
Konya 42031 Turkey

Project: Konya/Turkiye
Report Date: March 01, 2012
Page: 2 of 3 Part 1

CERTIFICATE OF ANALYSIS ANK12000125.1

Method		2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C
Analyte		Dilution	Ag	Al	As	Au	B	Ba	Be	Bi	Br	Ca	Cd	Ce	Cl	Co	Cr	Cs	Cu	Dy	Er
Unit			ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
MDL		1	0.05	1	0.5	0.05	5	0.05	0.05	0.05	5	0.05	0.05	0.01	1	0.02	0.5	0.01	0.1	0.01	0.01
W1	Water	10	<100	<600	<3000	527	2087	<80	*	<3000	*	768.9	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
W2	Water	10	<100	<600	<3000	<500	1032	<80	*	<3000	*	831.2	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
W3	Water	10	<100	637	<3000	<500	1522	<80	*	<3000	*	824.8	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
W4	Water	10	<100	<600	<3000	<500	862	<80	*	<3000	*	711.4	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
W5	Water	10	<100	<600	<3000	<500	1161	<80	*	<3000	*	958.8	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
W6	Water	10	<100	1887	<3000	<500	1746	<80	*	<3000	*	786.4	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
W7	Water	10	<100	<600	<3000	<500	705	<80	*	<3000	*	814.4	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
W8	Water	1	<0.05	26	2.9	0.11	868	13.08	<0.05	<0.05	561	212.3	0.19	0.03	481	<0.02	102.4	0.05	8.2	<0.01	<0.01
W9	Water	1	<0.05	20	1.7	<0.05	585	14.28	0.06	<0.05	281	152.5	0.40	0.07	185	<0.02	59.0	0.03	6.8	<0.01	<0.01
W10	Water	10	<100	<600	<3000	<500	679	<80	*	<3000	*	115.2	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
W11	Water	10	<100	<600	<3000	<500	1221	<80	*	<3000	*	716.2	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
W12	Water	10	<100	<600	<3000	<500	2074	<80	*	<3000	*	646.2	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
W13	Water	10	<100	<600	<3000	<500	2876	<80	*	<3000	*	713.8	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
W14	Water	10	<100	1057	<3000	<500	1565	<80	*	<3000	*	759.7	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
W15	Water	10	<100	<600	<3000	<500	1329	<80	*	<3000	*	806.8	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
W16	Water	10	<100	<600	<3000	<500	980	<80	*	<3000	*	885.5	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
W17	Water	10	<100	<600	<3000	<500	1033	<80	*	<3000	*	871.2	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
W18	Water	10	<100	2328	<3000	<500	1197	<80	*	<3000	*	874.4	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
W19	Water	10	<100	<600	<3000	<500	1269	<80	*	<3000	*	814.8	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
W20	Water	10	<100	676	<3000	<500	1124	<80	*	<3000	*	805.6	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
W21	Water	10	<100	<600	<3000	<500	1095	<80	*	<3000	*	747.2	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
W22	Water	1	<0.05	12	1.2	<0.05	65	27.53	<0.05	<0.05	53	117.3	0.19	0.03	17	<0.02	5.1	0.01	2.5	<0.01	<0.01
W23	Water	10	<100	<600	<3000	<500	1282	<80	*	<3000	*	714.9	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
W24	Water	10	<100	1792	<3000	<500	1325	<80	*	<3000	*	791.1	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
W25	Water	10	<100	786	<3000	<500	2307	<80	*	<3000	*	750.2	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
W26	Water	10	<100	<600	<3000	<500	1908	<80	*	<3000	*	769.2	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
W27	Water	10	<100	<600	<3000	<500	1609	<80	*	<3000	*	705.4	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
RT1	Water	10	<100	867	<3000	<500	1360	<80	*	<3000	*	849.6	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
RT2	Water	10	<100	<600	<3000	<500	1560	<80	*	<3000	*	876.3	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*
RT3	Water	10	<100	<600	<3000	<500	1955	<80	*	<3000	*	935.7	<700	*	*	<300	<300	*	<80	*	*

This report supersedes all previous preliminary and final reports with this file number dated prior to the date on this certificate. Signature indicates final approval; preliminary reports are unsigned and should be used for reference only.



AcmeLabs
Acme Analytical Laboratories (Vancouver) Ltd.
1020 Cordova St. East Vancouver BC V6A 4A3 Canada
Phone (604) 253-3158 Fax (604) 253-1716
www.acmelab.com

Client: **Selcuk Universitesi**
Muhendislik-Mimarlik Fakultesi
Jeoloji Muhendisligi Bolumu
Konya 42031 Turkey

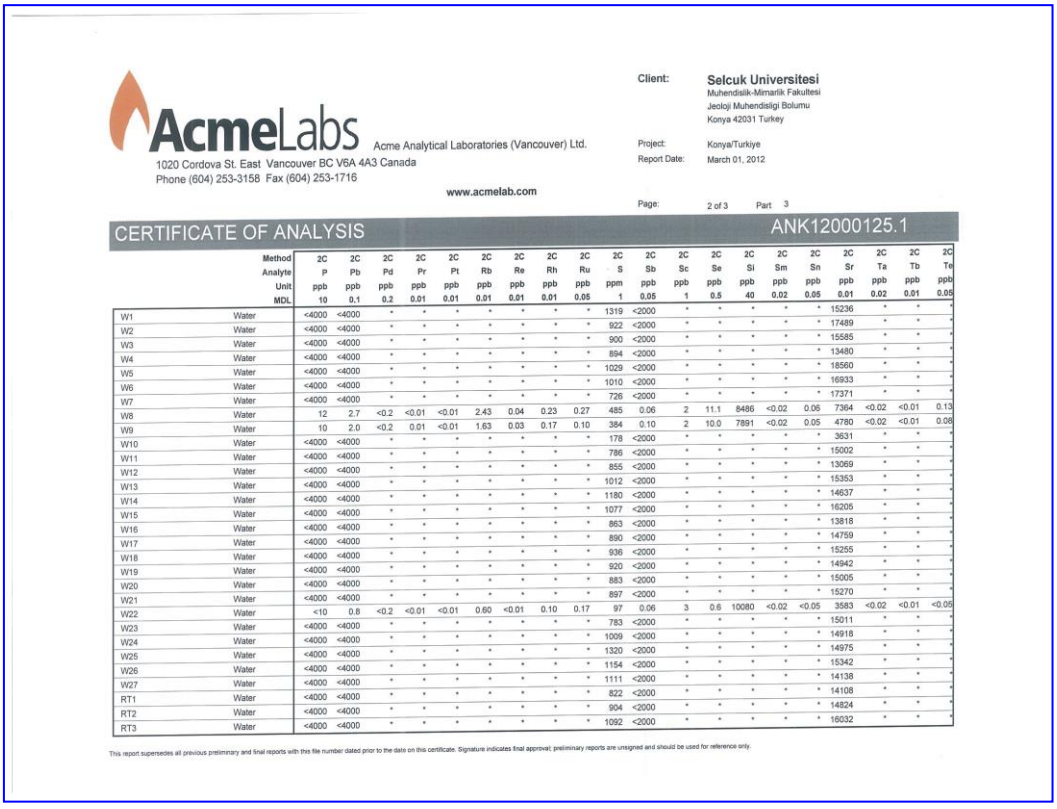
Project: Konya/Turkiye
Report Date: March 01, 2012

Page: 2 of 3 Part 2

CERTIFICATE OF ANALYSIS ANK12000125.1

Method		2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C
Analyte		Eu	Fe	Ga	Gd	Ge	Hf	Hg	Ho	In	K	La	Li	Lu	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Nd	Ni
Unit		ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
MDL		0.01	10	0.05	0.01	0.05	0.02	0.1	0.01	0.01	0.05	0.01	0.1	0.01	0.05	0.05	0.1	50	0.01	0.01	0.2
W1	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	16	<200	<1000	*	397	<50	<300	1.47496	*	*	<300
W2	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	19	<200	<1000	*	177	<50	<300	770719	*	*	<300
W3	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	19	<200	<1000	*	186	<50	<300	718082	*	*	<300
W4	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	7	<200	<1000	*	230	<50	<300	757266	*	*	<300
W5	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	10	<200	<1000	*	228	<50	<300	1.25663	*	*	<300
W6	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	18	<200	<1000	*	187	115	<300	711355	*	*	<300
W7	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	6	<200	<1000	*	42	<50	<300	240172	*	*	<300
W8	Water	<0.01	<10	<0.05	0.02	0.17	<0.02	<0.1	<0.01	<0.01	4.89	0.03	66.4	<0.01	110.4	5.73	23.2	552926	<0.01	0.15	<0.2
W9	Water	<0.01	<10	<0.05	0.01	0.17	<0.02	<0.1	<0.01	<0.01	3.44	0.04	42.3	<0.01	87.38	1.85	24.7	325713	<0.01	0.02	<0.2
W10	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	2	<200	<1000	*	50	<50	<300	111735	*	*	<300
W11	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	15	<200	<1000	*	80	<50	<300	500235	*	*	<300
W12	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	22	<200	<1000	*	134	<50	<300	954481	*	*	<300
W13	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	28	<200	<1000	*	199	<50	<300	1.40094	*	*	<300
W14	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	12	<200	<1000	*	404	93	<300	727744	*	*	<300
W15	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	17	<200	<1000	*	304	<50	<300	716649	*	*	<300
W16	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	11	<200	<1000	*	116	<50	<300	937563	*	*	<300
W17	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	13	<200	<1000	*	140	<50	<300	876914	*	*	<300
W18	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	15	<200	<1000	*	164	211	<300	893480	*	*	<300
W19	Water	*	10159.6	*	*	*	*	*	*	*	16	<200	<1000	*	124	<50	<300	845541	*	*	<300
W20	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	8	<200	<1000	*	88	<50	<300	589573	*	*	<300
W21	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	11	<200	<1000	*	107	116	<300	637809	*	*	<300
W22	Water	<0.01	<10	<0.05	<0.01	0.06	<0.02	<0.1	<0.01	<0.01	1.69	0.03	4.9	<0.01	3.88	0.81	1.3	21617	<0.01	<0.01	<0.2
W23	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	6	<200	<1000	*	88	<50	<300	315681	*	*	<300
W24	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	15	<200	<1000	*	190	253	<300	652778	*	*	<300
W25	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	16	<200	<1000	*	290	87	<300	1.38682	*	*	<300
W26	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	16	<200	<1000	*	313	56	<300	951595	*	*	<300
W27	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	15	<200	<1000	*	269	<50	<300	717739	*	*	<300
RT1	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	17	<200	<1000	*	146	<50	<300	1.17222	*	*	<300
RT2	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	17	<200	<1000	*	182	<50	<300	1.36049	*	*	<300
RT3	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	21	<200	<1000	*	312	<50	<300	2.41138	*	*	<300

This report supersedes all previous preliminary and final reports with this file number dated prior to the date on this certificate. Signature indicates final approval; preliminary reports are unsigned and should be used for reference only.



AcmeLabs
Acme Analytical Laboratories (Vancouver) Ltd.
1020 Cordova St. East Vancouver BC V6A 4A3 Canada
Phone (604) 253-3158 Fax (604) 253-1716
www.acmelab.com

Client: **Selcuk Universitesi**
Muhendislik-Mimarlik Fakultesi
Jeoloji Muhendisligi Bolumu
Konya 42031 Turkey

Project: Konya/Turkiye
Report Date: March 01, 2012

Page: 2 of 3 Part 3

CERTIFICATE OF ANALYSIS ANK12000125.1

Method		2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C
Analyte		P	Pb	Pd	Pr	Pt	Rb	Re	Rh	Ru	S	Sb	Sc	Se	Si	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb	Te
Unit		ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
MDL		10	0.1	0.2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	1	0.05	1	0.5	40	0.02	0.05	0.01	0.02	0.01	0.05
W1	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	1319	<2000	*	*	*	*	*	15236	*	*	*
W2	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	922	<2000	*	*	*	*	*	17489	*	*	*
W3	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	900	<2000	*	*	*	*	*	15585	*	*	*
W4	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	894	<2000	*	*	*	*	*	13480	*	*	*
W5	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	1029	<2000	*	*	*	*	*	18560	*	*	*
W6	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	1010	<2000	*	*	*	*	*	16933	*	*	*
W7	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	726	<2000	*	*	*	*	*	17371	*	*	*
W8	Water	12	2.7	<0.2	<0.01	<0.01	2.43	0.04	0.23	0.27	485	0.06	2	11.1	8486	<0.02	0.06	7364	<0.02	<0.01	0.13
W9	Water	10	2.0	<0.2	0.01	<0.01	1.63	0.03	0.17	0.10	384	0.10	2	10.0	7891	<0.02	0.05	4780	<0.02	<0.01	0.08
W10	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	178	<2000	*	*	*	*	*	3631	*	*	*
W11	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	786	<2000	*	*	*	*	*	15002	*	*	*
W12	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	855	<2000	*	*	*	*	*	13069	*	*	*
W13	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	1012	<2000	*	*	*	*	*	15353	*	*	*
W14	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	1180	<2000	*	*	*	*	*	14637	*	*	*
W15	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	1077	<2000	*	*	*	*	*	16205	*	*	*
W16	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	863	<2000	*	*	*	*	*	13818	*	*	*
W17	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	890	<2000	*	*	*	*	*	14759	*	*	*
W18	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	936	<2000	*	*	*	*	*	15255	*	*	*
W19	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	920	<2000	*	*	*	*	*	14942	*	*	*
W20	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	883	<2000	*	*	*	*	*	15005	*	*	*
W21	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	897	<2000	*	*	*	*	*	15270	*	*	*
W22	Water	<10	0.8	<0.2	<0.01	<0.01	0.60	<0.01	0.10	0.17	97	0.06	3	0.6	10080	<0.02	<0.05	3583	<0.02	<0.01	<0.05
W23	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	783	<2000	*	*	*	*	*	15011	*	*	*
W24	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	1009	<2000	*	*	*	*	*	14918	*	*	*
W25	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	1320	<2000	*	*	*	*	*	14975	*	*	*
W26	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	1154	<2000	*	*	*	*	*	15342	*	*	*
W27	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	1111	<2000	*	*	*	*	*	14138	*	*	*
RT1	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	822	<2000	*	*	*	*	*	14108	*	*	*
RT2	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	904	<2000	*	*	*	*	*	14824	*	*	*
RT3	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	1092	<2000	*	*	*	*	*	16032	*	*	*

This report supersedes all previous preliminary and final reports with this file number dated prior to the date on this certificate. Signature indicates final approval; preliminary reports are unsigned and should be used for reference only.

AcmeLabs Acme Analytical Laboratories (Vancouver) Ltd.
1020 Cordova St. East Vancouver BC V6A 4A3 Canada
Phone (604) 253-3158 Fax (604) 253-1716
www.acmelab.com

Client: **Selcuk Universitesi**
Muhendislik-Mimarlik Fakultesi
Jeoloji Muhendisligi Bolumu
Konya 42031 Turkey

Project: Konya/Turkiye
Report Date: March 01, 2012

CERTIFICATE OF ANALYSIS ANK12000125.1

Method		2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C
Analyte		Th	Tl	Tl	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
Unit		ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
MDL		0.05	10	0.01	0.01	0.02	0.2	0.02	0.01	0.01	0.5	0.02
W1	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	<300	"
W2	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	306	"
W3	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	<300	"
W4	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	<300	"
W5	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	1954	"
W6	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	<300	"
W7	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	<300	"
W8	Water	0.29	<10	<0.01	<0.01	4.11	11.7	0.02	0.07	<0.01	86.9	0.02
W9	Water	0.15	<10	<0.01	<0.01	2.81	11.0	<0.02	0.04	<0.01	9.5	<0.02
W10	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	<300	"
W11	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	<300	"
W12	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	480	"
W13	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	<300	"
W14	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	536	"
W15	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	456	"
W16	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	<300	"
W17	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	<300	"
W18	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	461	"
W19	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	<300	"
W20	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	<300	"
W21	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	440	"
W22	Water	<0.05	<10	<0.01	<0.01	1.07	13.7	0.04	0.03	<0.01	7.4	<0.02
W23	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	<300	"
W24	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	<300	"
W25	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	863	"
W26	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	1082	"
W27	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	<300	"
RT1	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	<300	"
RT2	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	<300	"
RT3	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	<300	"

This report supersedes all previous preliminary and final reports with this file number dated prior to the date on this certificate. Signature indicates final approval; preliminary reports are unsigned and should be used for reference only.

AcmeLabs Acme Analytical Laboratories (Vancouver) Ltd.
1020 Cordova St. East Vancouver BC V6A 4A3 Canada
Phone (604) 253-3158 Fax (604) 253-1716
www.acmelab.com

Client: **Selcuk Universitesi**
Muhendislik-Mimarlik Fakultesi
Jeoloji Muhendisligi Bolumu
Konya 42031 Turkey

Project: Konya/Turkiye
Report Date: March 01, 2012

CERTIFICATE OF ANALYSIS ANK12000125.1

Method		2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C
Analyte		Dilution	Ag	Al	As	Au	B	Ba	Be	Bi	Br	Ca	Cd	Ce	Cl	Co	Cr	Cs	Cu	Dy	Er
Unit			ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
MDL		1	0.05	1	0.5	0.05	5	0.05	0.05	0.05	5	0.05	0.05	0.01	1	0.02	0.5	0.01	0.1	0.01	0.01
RD1	Water	10	<100	<600	<3000	<500	1568	<80	"	<3000	"	599.7	<700	"	"	<300	<300	"	<80	"	"
RD3	Water	10	<100	<600	<3000	<500	1689	<80	"	<3000	"	707.1	<700	"	"	<300	<300	"	<80	"	"
P1	Water	1	<0.05	1022	2.7	<0.05	53	119.3	<0.05	<0.05	106	145.4	0.69	3.27	44	2.05	5.4	0.04	5.2	0.26	0.13
P2	Water	1	0.06	688	0.8	<0.05	54	25.07	0.07	0.18	54	25.56	0.55	2.31	13	6.53	3.7	0.02	20.2	0.18	0.09

This report supersedes all previous preliminary and final reports with this file number dated prior to the date on this certificate. Signature indicates final approval; preliminary reports are unsigned and should be used for reference only.

AcmeLabs Acme Analytical Laboratories (Vancouver) Ltd.
1020 Cordova St. East Vancouver BC V6A 4A3 Canada
Phone (604) 253-3158 Fax (604) 253-1716
www.acmelab.com

Client: **Selcuk Universitesi**
Muhendislik-Mimarlik Fakultesi
Jeoloji Muhendisligi Bolumu
Konya 42031 Turkey

Project: Konya/Turkiye
Report Date: March 01, 2012

CERTIFICATE OF ANALYSIS ANK12000125.1

Method		2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C
Analyte		Eu	Fe	Ga	Gd	Ge	Hf	Hg	Ho	In	K	La	Li	Lu	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Nd	Ni
Unit		ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
MDL		0.01	10	0.05	0.01	0.05	0.02	0.1	0.01	0.01	0.05	0.01	0.1	0.01	0.05	0.05	0.1	50	0.01	0.01	0.2
RD1	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	10	<200	<1000	*	209	<50	<300	958273	*	*	<300
RD3	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	11	<200	<1000	*	245	<50	<300	1.11086	*	*	<300
P1	Water	0.08	1032	0.27	0.38	0.07	<0.02	<0.1	0.06	<0.01	7.33	1.27	9.8	0.02	8.20	616.6	1.6	31534	0.02	1.53	13.1
P2	Water	0.05	2111	0.18	0.24	0.11	<0.02	<0.1	0.03	<0.01	0.78	1.04	1.8	0.01	3.59	65.33	1.2	9606	<0.01	1.22	10233

This report supersedes all previous preliminary and final reports with this file number dated prior to the date on this certificate. Signature indicates final approval; preliminary reports are unsigned and should be used for reference only.

AcmeLabs Acme Analytical Laboratories (Vancouver) Ltd.
1020 Cordova St. East Vancouver BC V6A 4A3 Canada
Phone (604) 253-3158 Fax (604) 253-1716
www.acmelab.com

Client: **Selcuk Universitesi**
Muhendislik-Mimarlik Fakultesi
Jeoloji Muhendisligi Bolumu
Konya 42031 Turkey

Project: Konya/Turkiye
Report Date: March 01, 2012

CERTIFICATE OF ANALYSIS ANK12000125.1

Method		2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C
Analyte		P	Pb	Pd	Pr	Pt	Rb	Re	Rh	Ru	S	Sb	Sc	Se	Si	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb	Te
Unit		ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
MDL		10	0.1	0.2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	1	0.05	1	0.5	40	0.02	0.05	0.01	0.02	0.01	0.05
RD1	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	857	<2000	*	*	*	*	*	12715	*	*	*
RD3	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	1021	<2000	*	*	*	*	*	14960	*	*	*
P1	Water	319	2.8	<0.2	0.35	<0.01	2.94	0.01	0.08	<0.05	70	0.37	2	0.8	6881	0.32	<0.05	2489	<0.02	0.05	<0.05
P2	Water	197	6.5	<0.2	0.27	<0.01	1.05	<0.01	<0.01	<0.05	14	0.15	<1	<0.5	1266	0.22	0.26	195.0	<0.02	0.03	<0.05

This report supersedes all previous preliminary and final reports with this file number dated prior to the date on this certificate. Signature indicates final approval; preliminary reports are unsigned and should be used for reference only.

AcmeLabs Acme Analytical Laboratories (Vancouver) Ltd.
1020 Cordova St. East Vancouver BC V6A 4A3 Canada
Phone (604) 253-3158 Fax (604) 253-1716
www.acmelab.com

Client: **Selcuk Universitesi**
Muhendislik-Mimarlik Fakultesi
Jeoloji Muhendisligi Bolumu
Konya 42031 Turkey

Project: Konya/Turkiye
Report Date: March 01, 2012

CERTIFICATE OF ANALYSIS ANK12000125.1

Method		2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C
Analyte		Th	Tl	Tl	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
Unit		ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
MDL		0.05	10	0.01	0.01	0.02	0.2	0.02	0.01	0.01	0.5	0.02
RD1	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	<300	"
RD3	Water	<500	<100	"	"	<3000	<200	<2000	"	"	<300	"
P1	Water	0.06	<10	<0.01	0.02	0.83	7.6	<0.02	1.56	0.10	22.4	0.51
P2	Water	<0.05	<10	0.03	<0.01	0.23	6.7	<0.02	1.03	0.08	48.1	0.09

This report supersedes all previous preliminary and final reports with this file number dated prior to the date on this certificate. Signature indicates final approval; preliminary reports are unsigned and should be used for reference only.

AcmeLabs Acme Analytical Laboratories (Vancouver) Ltd.
1020 Cordova St. East Vancouver BC V6A 4A3 Canada
Phone (604) 253-3158 Fax (604) 253-1716
www.acmelab.com

Client: **Selcuk Universitesi**
Muhendislik-Mimarlik Fakultesi
Jeoloji Muhendisligi Bolumu
Konya 42031 Turkey

Project: Konya/Turkiye
Report Date: March 01, 2012

QUALITY CONTROL REPORT ANK12000125.1

Method		2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C
Analyte		Dilution	Ag	Al	As	Au	B	Ba	Be	Bi	Br	Ca	Cd	Ce	Cl	Co	Cr	Cs	Cu	Dy	Er
Unit			ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
MDL		1	0.05	1	0.5	0.05	5	0.05	0.05	0.05	5	0.05	0.05	0.01	1	0.02	0.5	0.01	0.1	0.01	0.01
Pulp Duplicates																					
RT2	Water	10	<100	<600	<3000	<500	1560	<80	"	<3000	"	876.3	<700	"	"	<300	<300	"	<80	"	"
REP RT2	QC	10	<100	<600	<3000	<500	1360	<80	"	<3000	"	869.4	<700	"	"	<300	<300	"	<80	"	"
Reference Materials																					
STD TMDA-70	Standard	1	11.21	498	44.7	<0.05	16	346.1	12.76	11.72	39	23.68	157.2	0.01	14	289.4	375.9	<0.01	417.0	<0.01	<0.01
STD TMDA-70 Expected			10.9	415	40.7			309	15.2	13.5			145			285	389		399		
BLK	Blank	1	<0.05	<1	<0.5	<0.05	<5	<0.05	<0.05	<0.05	<5	<0.05	<0.05	<0.01	<1	<0.02	<0.5	<0.01	<0.1	<0.01	<0.01
BLK	Blank	1	<0.05	<1	<0.5	<0.05	<5	<0.05	<0.05	<0.05	<5	<0.05	<0.05	<0.01	<1	<0.02	<0.5	<0.01	<0.1	<0.01	<0.01

This report supersedes all previous preliminary and final reports with this file number dated prior to the date on this certificate. Signature indicates final approval; preliminary reports are unsigned and should be used for reference only.

AcmeLabs Acme Analytical Laboratories (Vancouver) Ltd.
1020 Cordova St. East Vancouver BC V6A 4A3 Canada
Phone (604) 253-3158 Fax (604) 253-1716
www.acmelab.com

Client: **Selcuk Universitesi**
Muhendislik-Mimarlik Fakultesi
Jeoloji Muhendisligi Bolumu
Konya 42031 Turkey

Project: Konya/Turkiye
Report Date: March 01, 2012
Page: 1 of 1 Part 2

QUALITY CONTROL REPORT ANK12000125.1

Method		2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C
Analyte		Eu	Fe	Ga	Gd	Ge	Hf	Hg	Ho	In	K	La	Li	Lu	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Nd	Ni
Unit		ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
MDL		0.01	10	0.05	0.01	0.05	0.02	0.1	0.01	0.01	0.05	0.01	0.1	0.01	0.05	0.05	0.1	50	0.01	0.01	0.2
Pulp Duplicates																					
RT2	Water	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	17	<200	<1000	*	182	<50	<300	1.36049	*	*	<300
REP RT2	QC	*	<10000	*	*	*	*	*	*	*	17	<200	<1000	*	182	<50	<300	1.36467	*	*	<300
Reference Materials																					
STD TMDA-70	Standard	<0.01	393	0.10	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	<0.01	1.02	<0.01	19.1	<0.01	5.48	319.8	291.5	8773	<0.01	<0.01	337.7
STD TMDA-70 Expected			369										21.8			302	258				328
BLK	Blank	<0.01	<10	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	<0.01	<0.05	<0.01	<0.1	<0.01	<0.05	<0.05	<0.1	<50	<0.01	<0.01	<0.2
BLK	Blank	<0.01	<10	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.1	<0.01	<0.01	<0.05	<0.01	<0.1	<0.01	<0.05	<0.05	<0.1	<50	<0.01	<0.01	<0.2

This report supersedes all previous preliminary and final reports with this file number dated prior to the date on this certificate. Signature indicates final approval; preliminary reports are unsigned and should be used for reference only.

AcmeLabs Acme Analytical Laboratories (Vancouver) Ltd.
1020 Cordova St. East Vancouver BC V6A 4A3 Canada
Phone (604) 253-3158 Fax (604) 253-1716
www.acmelab.com

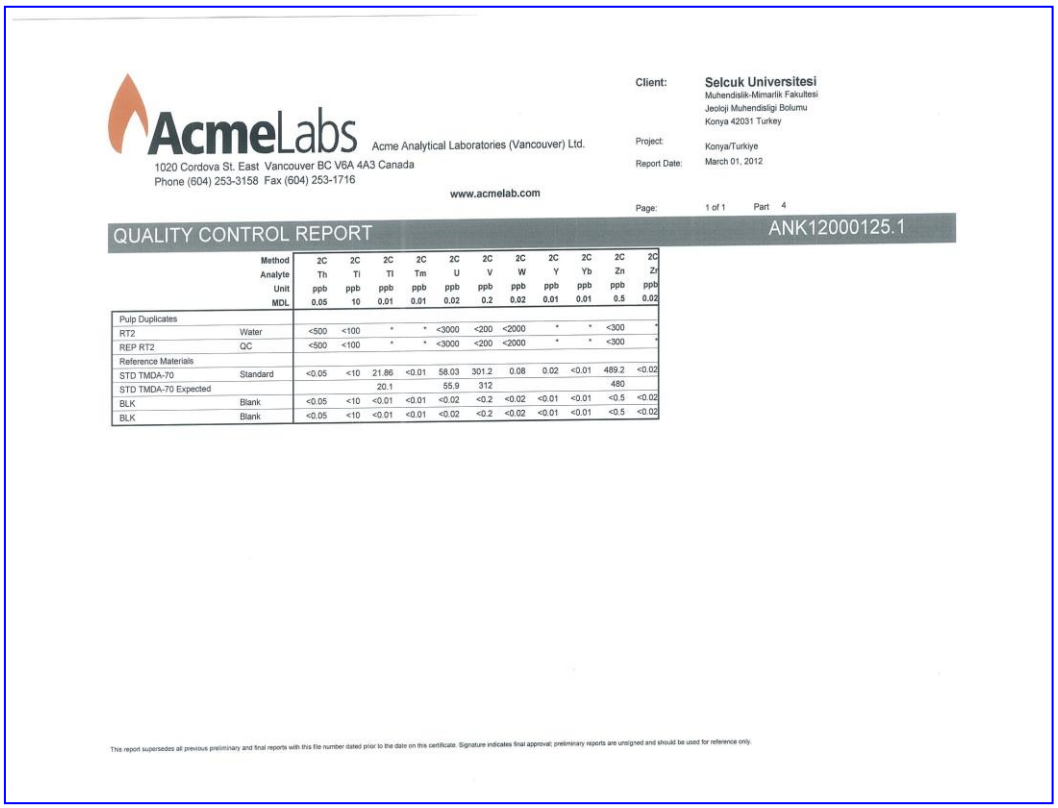
Client: **Selcuk Universitesi**
Muhendislik-Mimarlik Fakultesi
Jeoloji Muhendisligi Bolumu
Konya 42031 Turkey

Project: Konya/Turkiye
Report Date: March 01, 2012
Page: 1 of 1 Part 3

QUALITY CONTROL REPORT ANK12000125.1

Method		2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C
Analyte		P	Pb	Pd	Pr	Pt	Rb	Re	Rh	Ru	S	Sb	Sc	Se	Si	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb	Te
Unit		ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
MDL		10	0.1	0.2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	1	0.05	1	0.5	40	0.02	0.05	0.01	0.02	0.01	0.05
Pulp Duplicates																					
RT2	Water	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	904	<2000	*	*	*	*	*	14824	*	*	*
REP RT2	QC	<4000	<4000	*	*	*	*	*	*	*	903	<2000	*	*	*	*	*	14667	*	*	*
Reference Materials																					
STD TMDA-70	Standard	<10	491.0	<0.2	<0.01	<0.01	0.71	0.01	0.02	<0.05	6	23.58	<1	25.0	444	<0.02	21.58	475.5	<0.02	<0.01	<0.05
STD TMDA-70 Expected			444									21.7		25.9			19.6	442			
BLK	Blank	<10	<0.1	<0.2	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.05	<1	<0.05	<1	<0.5	<40	<0.02	<0.05	<0.01	<0.02	<0.01	<0.05
BLK	Blank	<10	<0.1	<0.2	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.05	<1	<0.05	<1	<0.5	<40	<0.02	<0.05	<0.01	<0.02	<0.01	<0.05

This report supersedes all previous preliminary and final reports with this file number dated prior to the date on this certificate. Signature indicates final approval; preliminary reports are unsigned and should be used for reference only.



AcmeLabs Acme Analytical Laboratories (Vancouver) Ltd.
1020 Cordova St. East Vancouver BC V6A 4A3 Canada
Phone (604) 253-3158 Fax (604) 253-1716
www.acmelab.com

Client: **Selcuk Universitesi**
Muhendislik-Mimarlik Fakultesi
Jeoloji Muhendisligi Bolumu
Konya 42031 Turkey

Project: Konya/Turkiye
Report Date: March 01, 2012
Page: 1 of 1 Part 4

QUALITY CONTROL REPORT ANK12000125.1

	Method	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2C
	Analyte	Th	Ti	Tl	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
	Unit	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
	MDL	0.05	10	0.01	0.01	0.02	0.2	0.02	0.01	0.01	0.5	0.02
Pulp Duplicates												
RT2	Water	<500	<100	*	*	<3000	<200	<2000	*	*	<300	*
REP RT2	QC	<500	<100	*	*	<3000	<200	<2000	*	*	<300	*
Reference Materials												
STD TMDA-70	Standard	<0.05	<10	21.86	<0.01	58.03	301.2	0.08	0.02	<0.01	489.2	<0.02
STD TMDA-70 Expected				20.1		55.9	312				480	
BLK	Blank	<0.05	<10	<0.01	<0.01	<0.02	<0.2	<0.02	<0.01	<0.01	<0.5	<0.02
BLK	Blank	<0.05	<10	<0.01	<0.01	<0.02	<0.2	<0.02	<0.01	<0.01	<0.5	<0.02

This report supersedes all previous preliminary and final reports with this file number dated prior to the date on this certificate. Signature indicates final approval; preliminary reports are unsigned and should be used for reference only.

EK2

```
1w1


                          ----------------
                          INITIAL SOLUTION
                          ----------------


        TEMPERATURE =  24.00 DEGREES C     PH =  7.100
        ANALYTICAL EPMCAT =   72.533    ANALYTICAL EPMAN =   72.532


    ***** OXIDATION - REDUCTION *****


DISSOLVED OXYGEN =  0.000 MMOLES/KG H2O
EH MEASURED WITH CALOMEL =  9.9000 VOLTS         FLAG CORALK PECALC IDAVES
MEASURED EH OF ZOBELL SOLUTION =  9.9000 VOLTS     2    1      1      0
CORRECTED EH =  0.0000 VOLTS
PE COMPUTED FROM CORRECTED EH =   0.000



            *** TOTAL CONCENTRATIONS OF INPUT SPECIES ***

                        TOTAL              LOG TOTAL            TOTAL
      SPECIES         MOLALITY             MOLALITY          MG/LITRE
      -------         --------             --------          --------

      Ca+2      2.0  1.39520E-02            -1.8554         5.56505E+02
      Mg+2      2.0  4.70882E-03            -2.3271         1.13930E+02
      Na+       1.0  3.48256E-02            -1.4581         7.96781E+02
      K+        1.0  4.55115E-04            -3.3419         1.77103E+01
      Fe+2      2.0  1.27462E-05            -4.8946         7.08412E-01
      Sr+2      2.0  1.28123E-04            -3.8924         1.11721E+01
      Cl-      -1.0  2.42095E-02            -1.6160         8.54170E+02
      HCO3-    -1.0  1.02072E-02            -1.9911         6.19821E+02
      SO4-2    -2.0  1.92329E-02            -1.7160         1.83866E+03
      H3BO3     0.0  1.52423E-04            -3.8170         1.63976E+00
```

EK2

```
                    ****DESCRIPTION OF SOLUTION ****

         ANALYT.   COMP.          PH           ACTIVITY H2O =  0.9983
EPMCAT    72.53     60.18        7.100         PCO2=  3.876354E-02
EPMAN     72.53     60.18                      LOG PCO2 =  -1.4116
                               TEMPERATURE     PO2 =  8.661243E-56
EH = 0.0000  PE =   0.000      24.00 DEG C     PCH4 =  7.230475E-36
PE CALC S =    0.000                          CO2 TOT =  1.149045E-02
PE CALC DOX=  0.000          IONIC STRENGTH    DENSITY =   1.0000
PE SATO DOX=  0.000           8.625659E-02     TDS =    4811.1MG/L
TOT ALK =  1.021E+01 MEQ                       CARB ALK =  1.021E+01 MEQ
ELECT   = -4.320E-06 MEQ                       CHARGE IMBALANCE =    0.0%

IN COMPUTING THE DISTRIBUTION OF SPECIES,
PE =   0.000     EQUIVALENT EH =  0.000VOLTS




                      ----------------------
                      DISTRIBUTION OF SPECIES
                      ----------------------

 I  SPECIES         MOLALITY   ACTIVITY    LOG ACT    GAMMA

  1 H+       1.    9.5538E-08  7.9433E-08  -7.100  8.3143E-01
  2 E-      -1.    1.0000E+00  1.0000E+00   0.000  1.0000E+00
  4 Ca+2     2.    9.6087E-03  3.9149E-03  -2.407  4.0743E-01
  5 Mg+2     2.    3.0796E-03  1.3011E-03  -2.886  4.2248E-01
  6 Na+      1.    3.3854E-02  2.6792E-02  -1.572  7.9139E-01
  7 K+       1.    4.3997E-04  3.4099E-04  -3.467  7.7503E-01
  8 Fe+2     2.    7.0157E-06  2.9281E-06  -5.533  4.1736E-01
 12 Sr+2     2.    8.8258E-05  3.6202E-05  -4.441  4.1019E-01
 14 Cl-     -1.    2.4209E-02  1.8763E-02  -1.727  7.7503E-01
 15 CO3-2   -2.    1.0726E-05  4.3301E-06  -5.364  4.0371E-01
 16 SO4-2   -2.    1.2988E-02  5.0804E-03  -2.294  3.9117E-01
```

EK2

88	MgSO4	0.	1.4803E-03	1.5100E-03	-2.821	1.0201E+00
93	NaOH	0.	2.1808E-09	2.2246E-09	-8.653	1.0201E+00
94	NaCO3-	-1.	2.6008E-06	2.0536E-06	-5.687	7.8961E-01
95	NaHCO3	0.	1.1057E-04	1.1279E-04	-3.948	1.0201E+00
96	NaSO4-	-1.	8.5846E-04	6.7785E-04	-3.169	7.8961E-01
99	KOH	0.	1.4567E-11	1.4859E-11	-10.828	1.0201E+00
100	KSO4-	-1.	1.5148E-05	1.1961E-05	-4.922	7.8961E-01
102	FeOH+	1.	1.3673E-08	1.0796E-08	-7.967	7.8961E-01
105	FeCl+	1.	9.6045E-08	7.5838E-08	-7.120	7.8961E-01
106	FeCO3	0.	2.9816E-07	3.0415E-07	-6.517	1.0201E+00
107	FeHCO3+	1.	2.7762E-06	2.1921E-06	-5.659	7.8961E-01
108	FeSO4	0.	2.5462E-06	2.5973E-06	-5.585	1.0201E+00
109	FeHSO4+	1.	1.7501E-12	1.3819E-12	-11.860	7.8961E-01
115	Fe+3	3.	1.3940E-18	2.6467E-19	-18.577	1.8986E-01
117	FeOH+2	2.	5.2076E-14	2.0244E-14	-13.694	3.8874E-01
118	FeOH2+	1.	1.0271E-10	8.1099E-11	-10.091	7.8961E-01
119	FeOH3	0.	1.2321E-10	1.2568E-10	-9.901	1.0201E+00
120	FeOH4-	-1.	1.7522E-12	1.3836E-12	-11.859	7.8961E-01
121	Fe2OH2+4	4.	5.0348E-25	1.1497E-26	-25.939	2.2836E-02
122	Fe3OH4+5	5.	7.8429E-32	2.1371E-34	-33.670	2.7249E-03
123	FeCl+2	2.	3.7371E-19	1.4528E-19	-18.838	3.8874E-01
124	FeCl2+	1.	1.5918E-20	1.2569E-20	-19.901	7.8961E-01
125	FeCl3	0.	2.3120E-23	2.3584E-23	-22.627	1.0201E+00
126	FeSO4+	1.	1.8262E-17	1.4420E-17	-16.841	7.8961E-01
127	FeHSO4+2	2.	8.5276E-24	3.3150E-24	-23.480	3.8874E-01
128	FeSO42-	-1.	2.0218E-18	1.5964E-18	-17.797	7.8961E-01
176	SrOH+	1.	2.9446E-11	2.3334E-11	-10.632	7.9242E-01
177	SrHCO3+	1.	5.0254E-06	4.0058E-06	-5.397	7.9711E-01
178	SrCO3	0.	9.5247E-08	9.7158E-08	-7.013	1.0201E+00
179	SrSO4	0.	3.4744E-05	3.5441E-05	-4.450	1.0201E+00

	PHASE	IAP	KT	LOG IAP	LOG KT	IAP/KT	LOG IAP/KT
1	Calcite	1.695E-08	3.355E-09	-7.771	-8.474	5.052E+00	0.703
2	Aragonit	1.695E-08	4.680E-09	-7.771	-8.330	3.622E+00	0.559
3	Dolomite	9.550E-17	8.576E-18	-16.020	-17.067	1.114E+01	1.047
4	Siderite	1.268E-11	1.307E-11	-10.897	-10.884	9.704E-01	-0.013
6	Strontit	1.568E-10	5.374E-10	-9.805	-9.270	2.917E-01	-0.535
8	Gypsum	1.982E-05	2.626E-05	-4.703	-4.581	7.548E-01	-0.122
9	Anhydrit	1.989E-05	4.398E-05	-4.701	-4.357	4.523E-01	-0.345
10	Celestit	1.839E-07	2.346E-07	-6.735	-6.630	7.839E-01	-0.106
31	Hematite	2.774E+05	1.170E-04	5.443	-3.932	2.372E+09	9.375
32	Goethite	5.263E+02	9.210E-02	2.721	-1.036	5.714E+03	3.757
33	Fe(OH)3a	5.253E+02	7.780E+04	2.720	4.891	6.752E-03	-2.171
42	PCO2	1.356E-03	3.499E-02	-2.868	-1.456	3.876E-02	-1.412
44	H2 gas	4.512E-18	7.151E-04	-17.346	-3.146	6.310E-15	-14.200
49	Melanter	1.470E-08	6.006E-03	-7.833	-2.221	2.447E-06	-5.611
51	K-Jarosi	6.429E-22	7.365E-10	-21.192	-9.133	8.729E-13	-12.059

EK2

```
  1 Calcite  1.695E-08 3.355E-09   -7.771   -8.474   5.052E+00    0.703
  2 Aragonit 1.695E-08 4.680E-09   -7.771   -8.330   3.622E+00    0.559
  3 Dolomite 9.550E-17 8.576E-18  -16.020  -17.067   1.114E+01    1.047
  4 Siderite 1.268E-11 1.307E-11  -10.897  -10.884   9.704E-01   -0.013
  6 Strontit 1.568E-10 5.374E-10   -9.805   -9.270   2.917E-01   -0.535
  8 Gypsum   1.982E-05 2.626E-05   -4.703   -4.581   7.548E-01   -0.122
  9 Anhydrit 1.989E-05 4.398E-05   -4.701   -4.357   4.523E-01   -0.345
 10 Celestit 1.839E-07 2.346E-07   -6.735   -6.630   7.839E-01   -0.106
 31 Hematite 2.774E+05 1.170E-04    5.443   -3.932   2.372E+09    9.375
 32 Goethite 5.263E+02 9.210E-02    2.721   -1.036   5.714E+03    3.757
 33 Fe(OH)3a 5.253E+02 7.780E+04    2.720    4.891   6.752E-03   -2.171
 42 PCO2     1.356E-03 3.499E-02   -2.868   -1.456   3.876E-02   -1.412
 44 H2 gas   4.512E-18 7.151E-04  -17.346   -3.146   6.310E-15  -14.200
 49 Melanter 1.470E-08 6.006E-03   -7.833   -2.221   2.447E-06   -5.611
 51 K-Jarosi 6.429E-22 7.365E-10  -21.192   -9.133   8.729E-13  -12.059



                          ----------------


        TEMPERATURE =  24.00 DEGREES C     PH =  7.200
        ANALYTICAL EPMCAT =  110.110    ANALYTICAL EPMAN =  110.110

    ***** OXIDATION - REDUCTION *****

DISSOLVED OXYGEN =  0.000 MMOLES/KG H2O
EH MEASURED WITH CALOMEL =  9.9000 VOLTS          FLAG CORALK PECALC IDAVES
MEASURED EH OF ZOBELL SOLUTION =  9.9000 VOLTS      2    1      1      0
CORRECTED EH =  0.0000 VOLTS
PE COMPUTED FROM CORRECTED EH =   0.000



            *** TOTAL CONCENTRATIONS OF INPUT SPECIES ***

                        TOTAL                LOG TOTAL             TOTAL
      SPECIES         MOLALITY               MOLALITY           MG/LITRE
      -------         --------               --------           --------

      Ca+2      2.0  1.55582E-02              -1.8080         6.19128E+02
      Mg+2      2.0  1.38363E-02              -1.8590         3.33990E+02
      Na+       1.0  5.01858E-02              -1.2994         1.14554E+03
      K+        1.0  1.92601E-03              -2.7153         7.47739E+01
      Cl-      -1.0  4.54484E-02              -1.3425         1.59980E+03
      HCO3-    -1.0  1.81289E-02              -1.7416         1.09829E+03
      SO4-2    -2.0  2.36616E-02              -1.6260         2.25677E+03
```

EK3

Results

University of California-Davis Stable Isotope Facility
One Shields Ave. Davis, CA 95616
530-754-7517
#######

Selcuk University
Geology
Hussein Badr Galib Al-Hawash
00905313428526
hbggeo@hotmail.com

H_2O stable isotope analysis by laser spectroscopy (Los Gatos Reseach Instruments)

LabID	Sample ID	VSMOW $\delta^{2}H$	VSMOW $\delta^{18}O$
W-14834	1	-11,0	-2,96
W-14835	2	-7,1	-2,32
W-14836	3	-7,8	-2,15
W-14837	5	-11,9	-3,53
W-14838	6	-11,5	-3,71
W-14839	7	-5,8	-1,17
W-14840	8	-6,4	-1,42
W-14841	10	-13,3	-3,19
W-14842	11	-10,7	-3,26
W-14843	17	-12,0	-3,29

Internal check	$\delta^{2}H$ per mil	$\delta^{18}O$ per mil
Known value	-105,3	-14,52
Mean	-106,2	-14,38
1 SD	0,79	0,15

Results

University of California-Davis Stable Isotope Facility
One Shields Ave. Davis, CA 95616
530-754-7517
14.03.2012

Selcuk University
Geology
Hussein Badr Galib
00905313428526
hbggeo@hotmail.com

H_2O stable isotope analysis by laser spectroscopy (Los Gatos Reseach Instruments)

LabID	Sample ID	VSMOW $\delta^{2}H$	VSMOW $\delta^{18}O$
W-17359	W1	-8,7	-2,86
W-17360	W2	-7,0	-2,48
W-17361	W3	-8,4	-2,59
W-17362	W4	-3,9	-1,71
W-17363	W5	-7,1	-2,46
W-17364	W6	-12,4	-3,64
W-17365	W7	-11,1	-3,59
W-17366	W8	-13,0	-3,49
W-17367	W9	-12,0	-3,59
W-17368	W10	-12,1	-3,84
W-17369	W11	-8,5	-2,45
W-17370	W13	-7,3	-1,65
W-17371	W14	-12,6	-3,17
W-17372	W15	-12,5	-3,47
W-17373	W17	-14,9	-3,83
W-17374	W26	-9,5	-2,63
W-17375	W19	-12,4	-3,36
W-17376	W20	-14,1	-3,68
W-17377	W21	-17,6	-4,09
W-17378	W22	-11,3	-3,62
W-17379	W23	-9,5	-2,91
W-17380	W25	-10,8	-2,61
W-17381	W27	-9,2	-2,19
W-17382	RT1	-9,3	-2,48
W-17383	RT2	-9,0	-2,28
W-17384	RT3	-4,1	-1,31
W-17385	RD1	-6,9	-2,37
W-17386	RD3	-6,1	-2,04
W-17387	P1	30,0	6,07
W-17388	P2	16,2	-0,05

Internal check	$\delta^{2}H$ per mil	$\delta^{18}O$ per mil
Known value	-55,72	-8,04
Mean	-56,66	-8,02
1 SD	0,27	0,16

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Hussein Badr Ghalib AL Hawash
Uyruğu : Irak
Doğum Yeri ve Tarihi : AL Basrah- 01.10.1974
Telefon : 05313428526
Faks : -
e-mail : hbggeo@hotmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	**AL Azim Lisesi**	**1992**
Üniversite	:	AL Basrah Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü	**1997**
Yüksek Lisans	:	AL Basrah **Üniversitesi** **Jeoloji Mühendisliği Bölümü**	**2000**
Doktora	:	Selçuk Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı Selçuklu/KONYA	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2002	AL Basrah **Üniversitesi**	**Arş. Görevlisi**

UZMANLIK ALANI: Uygulamalı Jeoloji

YABANCI DİLLER: Arapça ve İngilizce

YAYINLAR

1. Geochemical Modeling of Dibdibba Sandy Aquifer, Southern Iraq, Dirasat, pure Sciences, Volume 30, No.2, 2003,Jordan

2. Determination of Hydraulic properties from pumping test large diameter wells using numerical method, Safwan-zubair Area.,Basrah journal of Sciences, No.449a, 2004 Iraq

3. Geochemical Modeling of Water-Rock Interaction in Uppermost Regional Aquifer in Arar, Iraqi journal Of Sciences, No.406, 2005, Iraq

4. Statistical analysis of extreme monthly rainfall in Basrah City, south of Iraq, Marina Mesopotamica Journal, No.761, 2005. Iraq

5. Influence of Shatt Al Arab tidal upon the water of Hor Al Hammar, A scientific and Refreed journal by Univ. of Thi-QAr, No.7,2007, Iraq

6. Simulation Study of the The effect of artificial recharge on the water quality of shallow Dibdibba clastic aquifer in Zubair-Safwan area, south of Iraq, Journal of Basrah researches, No 492, 2008, Iraq

7. Rainfall-Runoff modeling by using M5 model trees technique: an example of Tigris catchments area in Baghdad, Middle of Iraq, Marsh Bulletin, No 52/2008, 2008, Iraq