



**T.C.  
BATMAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BATMAN MERKEZİ YERALTISUYUNUN HİDROKİMYASAL İNCELEMESİ**

**Şükrü Yavuz PINARKARA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Ocak-2014  
BATMAN  
Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Şükrü Yavuz PINARKARA tarafından hazırlanan “Batman Merkezi Yeraltısuyunun Hidrokimyasal İncelemesi” adlı tez çalışması 06/01/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### İmza

#### Başkan

Yrd. Doç. Dr. Güler GÖÇMEZ

.....

#### Danışman

Doç. Dr. M. Tahir NALBANTÇILAR

.....

#### Üye

Doç. Dr. Fetullah ARIK

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Doç. Dr. M. Tahir NALBANTÇILAR  
FBE Müdürü

Bu tez çalışması BTÜ-BAP tarafından 2012-Yüksek Lisans-1 nolu proje ile desteklenmiştir.

## **TEZ BİLDİRİMİ**

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

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work. 06/01/2014

Şükrü Yavuz PINARKARA

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

## BATMAN MERKEZİ YERALTISUYUNUN HİDROKİMYASAL İNCELEMESİ

Şükrü Yavuz PINARKARA

Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. M. Tahir NALBANTÇILAR

2014, 76 Sayfa

### Jüri

Yrd. Doç. Dr. Güler GÖÇMEZ  
Doç. Dr. M. Tahir NALBANTÇILAR  
Doç. Dr. Fetullah ARIK

Bu çalışmada, Batman'da halkın yararlandığı yeraltı suyunun kalitesinin ortaya konulması ve halk sağlığı açısından riskli olabilecek bölgelerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

İnceleme alanı Batman ilinin merkez yerleşim alanını kapsamakta olup, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Dicle havzasında yer almaktadır. Bu alanda yaşlıdan gence doğru; Midyat formasyonu, Germik formasyonu, Şelmo formasyonu ve alüvyonlar jeolojik istifi oluşturmaktadır. 2013 yılı Ağustos ayına kadar süren arazi çalışmalarında inceleme alanını temsil edecek şekilde resmi kurumlar ile şahıs kuyularından oluşan 30 nokta belirlenmiştir. Yeraltısuyu örnekleme yapılan kuyular serbest akifer özelliğindeki eski ve günce alüvyon ile Şelmo formasyonunun üst seviyelerinden oluşan birimlerde açılmıştır.

Yeraltısuyu kalitesinin belirlenmesi amacıyla alınan su örneklerinin analizlerinden Schoeller, Wilcox, Piper, ABD tuzluluk, Durov ve Dairesel diyagramlar hazırlanmıştır. Buna göre su örnekleri; Ca+Mg>Na+K karbonatlı ve sülfatlı sular ve karbonat sertliği>karbonat olmayan sertliğe sahip su sınıfındadır. ABD tuzluluk diyagramına göre yeraltısularının çoğunlukla C2S1 bölgesine düşmekte, Durov diyagramına göre de ana anyonun HCO<sub>3</sub>, ana katyonun ise Ca olduğu anlaşılmaktadır.

Yeraltı suyunun içme suyu amaçlı kirliliğinin belirlenmesine yönelik yapılan analiz sonuçlarından yararlanılarak bazı elementlere ait dağılım haritaları hazırlanmış, ayrıca TSE, EPA, EC ve WHO standartları ile karşılaştırılmıştır. Buna göre bazı su örneklerinde Al, Ba, Br, Mn, Ca ve NO<sub>3</sub> konsantrasyonlarının içme suları standartlarına göre kabul edilebilir sınırı aştığı belirlenmiştir. Ayrıca yeraltısularında fenol içeriğinin örneklerin tamamına yakınında kabul edilebilir sınırı aştığı tespit edilmiştir.



Sonuç olarak inceleme alanındaki yeraltısuyu örneklerinden yapılan analizler neticesinde kullanma ve sulama amaçlı olarak bir soruna rastlanılmamıştır. Ancak örneklerdeki fenol varlığı ile Al, Ba, Br, Mn, Ca ve NO<sub>3</sub> konsantrasyonlarının yüksek olması halk sağlığı açısından risk taşımakta olup, yeraltısuyunun sürekli takip ve denetimde tutulmasını gerektirmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Yeraltısuyu, Su kalitesi, Kirlilik, Fenol, Batman.

## **ABSTRACT**

## **MS THESIS**

# **HYDROCHEMICAL ANALYZES OF GROUNDWATER IN CENTER OF BATMAN**

**Şükrü Yavuz PINARKARA**

**The Graduate School of Natural and Applied Science of Batman University  
The Degree of Master of Science  
in Geological Engineering**

**Advisor: Assoc. Prof. Dr. M. Tahir NALBANTÇILAR**

**2014, 76 Pages**

### **Jury**

**Assist. Prof. Dr. Güler GÖÇMEZ  
Assoc. Prof. Dr. M. Tahir NALBANTÇILAR  
Assoc. Prof. Dr. Fetullah ARIK**

In this study, it is aimed to reveal the quality of groundwater that the people in Batman use and to determine risky areas for public health.

The study area includes the central residential areas of Batman and is located in Tigris in Southeastern Anatolia Region. In this area, from the older to young; Midyat formation, Germik formation, Şelmo formation and alluviums constitute geological stack. In the fieldworks which lasted until August 2013, 30 points, consisting of the official institutions' and individuals' wells that distributed into the city center of Batman, which represent the study area, were determined. The wells of which groundwater sampling were done were opened in units consisting of old and new alluvium and upper levels of Şelmo formation in unconfined aquifer.

Schoeller, Wilcox, Piper, U.S. salinity, Durov and Circular diagrams were prepared from the analyzes of water samples taken to determine the quality of groundwater and the study area was evaluated according to them. According to them water samples are classified as;  $Ca+Mg > Na+K$  carbonate and sulfate waters and carbonate hardness  $>$  non-carbonate hardness. According to the U.S. salinity diagram, samples are poured mostly into C2S1 area. According to the Durov diagram, it is understood that the main anion  $HCO_3$  and the main cation is Ca.

Distribution maps for some elements were prepared using the results of the analysis done to determine the groundwater pollution. These data was also compared to TSE, EPA, EC and WHO standards for drinking water. Accordingly, it was determined that Al, Ba, Br, and Mn elements and Ca and  $NO_3$  ion concentrations in some water samples exceed the maximum acceptable level of drinking water standards. It was also determined that according to the phenol results the amount of phenol in groundwater exceed the maximum acceptable level in the region.

As a result, according to the analysis of the groundwater samples taken from the wells in study area, a serious problem is not found in domestic and irrigation purposes. However, because of the phenol and highness of Al, Ba, Br, Mn, Ca and NO<sub>3</sub> concentration in the samples, it has some risks for public health so the groundwater should be checked and controlled continuously.

**Key words:** Groundwater, Water quality, Pollution, Phenol, Batman.

## ÖNSÖZ

Bu tezin arazi ve laboratuvar çalışmaları sırasında sağladıkları destekten dolayı Batman Belediyesi ve çalışanlarına, Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi DİSKİ Laboratuvarlar Şube Müdürlüğü ve personeline, DSİ X. Bölge ve Batman Şube Müdürlüğü'ne, ayrıca tezimde maddi desteği bulunan BTÜ BAP Koordinatörlüğü'ne teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmasının tüm aşamalarında engin akademik bilgisi ve tecrübesini benimle paylaşarak, çalışmam sırasında bana her konuda yardımcı olan Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü danışmanım hocam Doç. Dr. M. Tahir NALBANTÇILAR'a teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca fikirleriyle bana yol gösteren, yardımlarını hiç esirgemeyen, desteğini her zaman hissettiğim Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölüm Başkanı Yrd. Doç. Dr. H. Alim BARAN'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tez jürisi olarak tezin değerlendirmesinde bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen ve katkılarıyla yön gösteren, sayın hocam Doç. Dr. Fetullah ARIK'a (Selçuk Üniversitesi) ve sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Güler GÖÇMEZ'e (Selçuk Üniversitesi) teşekkür ederim.

Tezin arazi çalışmalarında ve yazımı sırasında yardımlarını gördüğüm Öğr. Gör. Şükrü ARSLAN'a ve Öğr. Gör. Yasemin PINARKARA'ya (Selçuk Üniversitesi) teşekkür ederim.

Son olarak gerekli olduğu her zaman yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen canım aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Şükrü Yavuz PINARKARA  
BATMAN-2014

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Amaç .....	1
1.2. İnceleme Alanının Tanıtılması .....	2
1.2.1. İnceleme alanının yeri ve konumu .....	2
1.2.2. Coğrafi konum ve morfoloji .....	3
1.2.3. İklim .....	3
1.2.4. Yağış .....	5
1.2.5. Ekonomik durum .....	7
1.3. Önceki Çalışmalar .....	7
1.4. Materyal ve Yöntem .....	10
1.4.1. Hazırlık çalışmaları .....	10
1.4.2. Arazi çalışmaları .....	10
1.4.3. Laboratuvar çalışmaları .....	11
1.4.4. Örnekleme, ölçüm ve analiz yöntemleri .....	11
1.4.5. Büro çalışmaları .....	14
<b>2. GENEL JEOLJİ</b> .....	<b>15</b>
2.1. Stratigrafi .....	15
2.1.1. Midyat formasyonu (Pgm) .....	15
2.1.2. Germik formasyonu (Pgg) .....	16
2.1.3. Şelmo formasyonu (Ngş) .....	16
2.1.4. Kıradağ bazaltları (Qk) .....	16
2.1.5. Alüvyon (Qal) .....	17
2.2. Yapısal Jeoloji .....	17
2.2.1. Batman ve çevresinin tektoniği ve depremselliği .....	17
<b>3. HİDROJEOLJİ</b> .....	<b>20</b>
3.1. Yeraltı Suyu Kaynakları .....	22
3.2. Yüzeysel Suları .....	22

<b>4. SULARIN HİDROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ .....</b>	<b>25</b>
4.1. Suların Hidrokimyasal Bileşimleri ve Alansal Dağılımları .....	27
4.2. Su Kalitesi Sınıflamaları .....	41
4.2.1. Piper diyagramı .....	41
4.2.2. Schoeller diyagramı .....	42
4.2.3. Wilcox diyagramı .....	45
4.2.4. ABD tuzluluk diyagramı .....	46
4.2.5. Durov diyagramı .....	48
4.2.6. Dairesel diyagram .....	51
4.3. Sulardaki İz Elementler ve Alansal Dağılımları .....	52
<b>5. SULARIN HALK SAĞLIĞI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ.....</b>	<b>65</b>
<b>6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>71</b>
<b>7. KAYNAKLAR .....</b>	<b>74</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>77</b>

## 1. GİRİŞ

Su, insanlığın varoluşu için hayati öneme sahiptir. Tarih boyunca insanlar yeraltısularını içme suyu kaynağı olarak kullanmışlardır. Endüstrileşmeyle birlikte son yıllarda su kalitesi ile ilgili araştırmalarda yalnızca yüzey suları üzerinde durulmamış, yeraltısularının kalite problemi de yoğun bir şekilde incelenmeye başlanmıştır. Bu ülkelerde son yıllarda yapılan yeraltısuyu araştırmalarında dikkatler, yeraltısularından yararlanmadan çok kalite, kirlenme, kirliliğe karşı koruma ve kirlenmiş yeraltısularının kalitesinin düzeltilmesi üzerine çevrilmiş durumdadır. Ülkemizde de hızlı gelişim gösteren kentlerde ve sanayileşmenin yaygın olduğu bölgelerde yeraltısuyu kalitesi üzerine araştırmalar son yıllarda önem kazanmıştır. Ayrıca bilinçsiz yeraltısuyu tüketimi genel olarak su seviyesinin düşmesine sebep olduğu gibi, kuyu açma yöntem ve kurallarına uyulmadığından zamanla yüzeydeki kirleticileri yeraltısuyuna ileten araçlar durumuna gelebilmektedir.

Batman ili, petrolün keşfi ve petrol rafinerisinin kurulmasıyla birlikte, ekonomik ve sosyal yönden büyük canlılık kazanmıştır. TPAO ve TÜPRAŞ Batman Bölge Müdürlüklerine ait tesislerin etrafında kurulan, gelişen ve büyüyen Batman, petrolün çıkartılması, taşınması ve işlenmesi sırasında büyük işgücü gerektirdiğinden istihdam açısından önemli cazibe merkezlerindedir. Ancak mevcut işletmelerden ötürü yeraltısuyunun kalitesinin etkilenip etkilenmediği, formasyonların muhtemel yeraltısuyu kalitesine etkisinin olup olmadığı bu çalışma ile araştırılması amaçlanmıştır ve Batman merkezindeki yeraltısuyu kalitesinin ortaya konulması, analizlerle tespit edilen elementlerin alansal yayılımı, bunların mevsimsel değişiminin belirlenmesi ve halk sağlığı açısından da ulusal ve uluslararası su standartlarla mukayesesi hedeflenmiştir. Bu çalışmadan elde edilecek bulgulara göre ilin yeraltısuyuna ilişkin öneriler de ortaya konulacaktır.

### 1.1. Amaç

Çalışma alanı Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Dicle Havzası'nın doğusunda bulunan Batman ili, Batı Raman Dağı kuzey etekleri ile Batman Çayı arasında yer almaktadır.

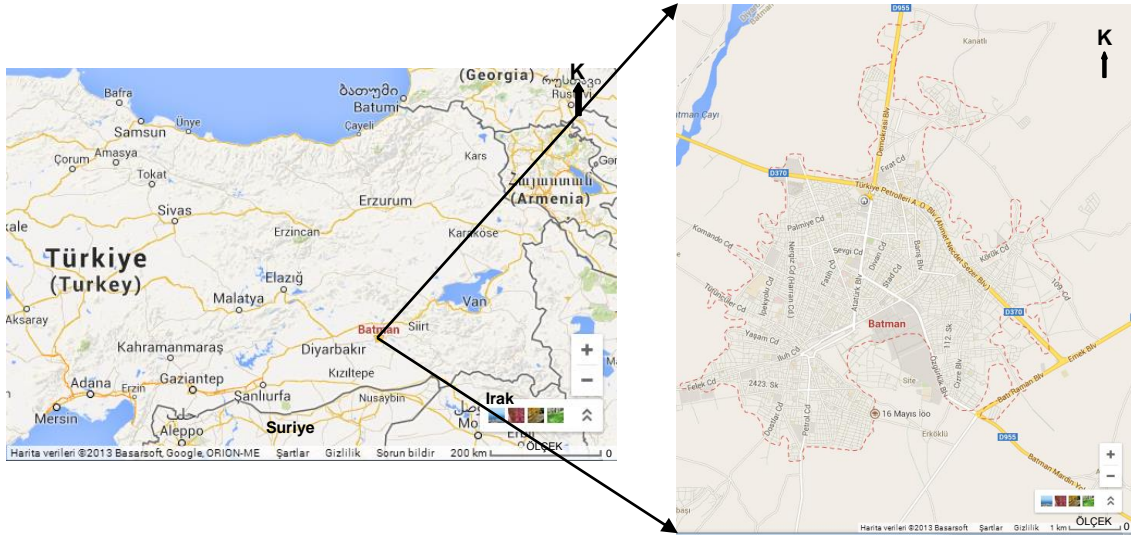
Batman şehir merkezinde halkın yararlandığı yeraltısuyunun kalitesinin ortaya konulması ve halk sağlığı açısından riskli olabilecek bölgelerin belirlenmesi ve çıkacak

sonuçlardan da gelecekteki yeraltı suyu kullanımına yönelik önerilerin ortaya konulması amaçlanmıştır.

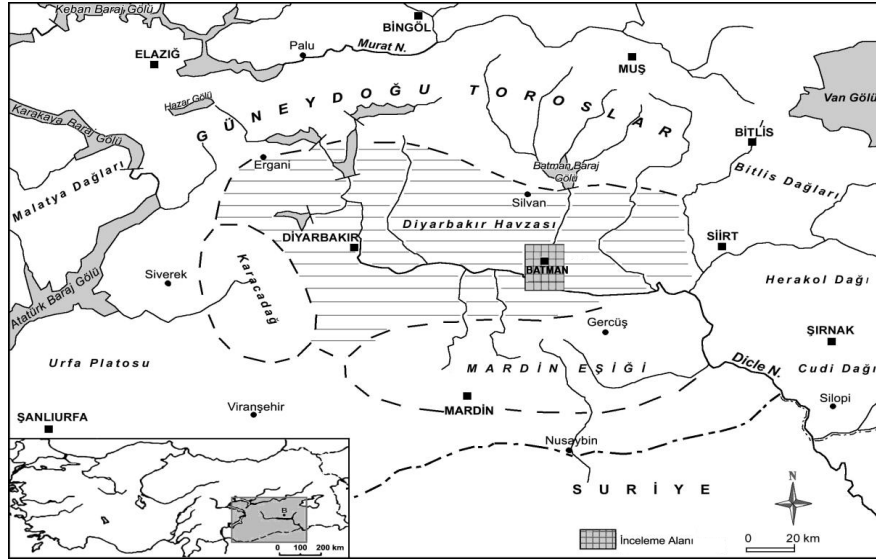
## 1.2. İnceleme Alanının Tanıtılması

### 1.2.1. İnceleme alanının yeri ve konumu

Batman il merkezini oluşturan inceleme alanı Güneydoğu Anadolu Bölgesi Diyarbakır Havzası'nın güneydoğu bölümünde, Kuzey ve doğuda Güneydoğu Toroslar, güneyde Mardin Eşiği ve batıda Karacadağ arasında kalmaktadır. (Şekil 1.1 ve 1.2).



Şekil 1.1. Batman ilinin yer bulduru haritası.



Şekil 1.2. Çalışma alanı ve çevre havzaların konumu (Tonbul ve Sunkar, 2008).

İnceleme alanında en yüksek nokta Doğu Raman Dağı üzerinde Aydın Tepe batısında 1271 m yükseltisindeki zirvedir. En alçak alan ise yine Doğu Raman Dağı güneyinde 500 m yükseltilerindeki Dicle Nehri vadi tabanıdır. Batman şehir merkezi



rakımı ise 530-600 m yükselteleri arasında yer almakta olup, en düşük kotu Batman çayını meydana getiren vadi tabanı oluşturmaktadır.

### **1.2.2. Coğrafi Konum ve Morfoloji**

İluh Deresi Havzası ve Batman şehrini kuzey-kuzeydoğudan sınırlandıran Kıra Dağı ortalama 950 m yükseltisindedir. Kıra Dağı, Dicle Nehri'nin en büyük kolları olan Batman ve Yanarsu (Garzan) çaylarını birbirinden ayırmaktadır. Diyarbakır Havzası'nın güneydoğusundaki Raman Dağı Batman şehir merkezinin güneyinde yer almaktadır. Güney yamaçları faylı olan bu dağlık alan Maymune Boğazı ile ikiye ayrılmıştır. Böylece boğazın doğusunda kalan bölümü Doğu Raman, batısında kalan bölümü Batı Raman Dağı'nı oluşturmaktadır.

Batman şehrinin de içinde kaldığı alan çevresine göre ova özelliği göstermektedir. Geçmişte Tilmis Ovası, günümüzde Batman Ovası olarak adlandırılan bu alan Diyarbakır Havzası içerisinde, Kıra ve Raman dağları arasında dar alanlı bir senkinal havzasıdır. Batı kenarında şehrin kurulduğu ova, tabanı batıya bakan bir üçgen şeklindedir (Tonbul ve Sunkar, 2009).

### **1.2.3. İklim**

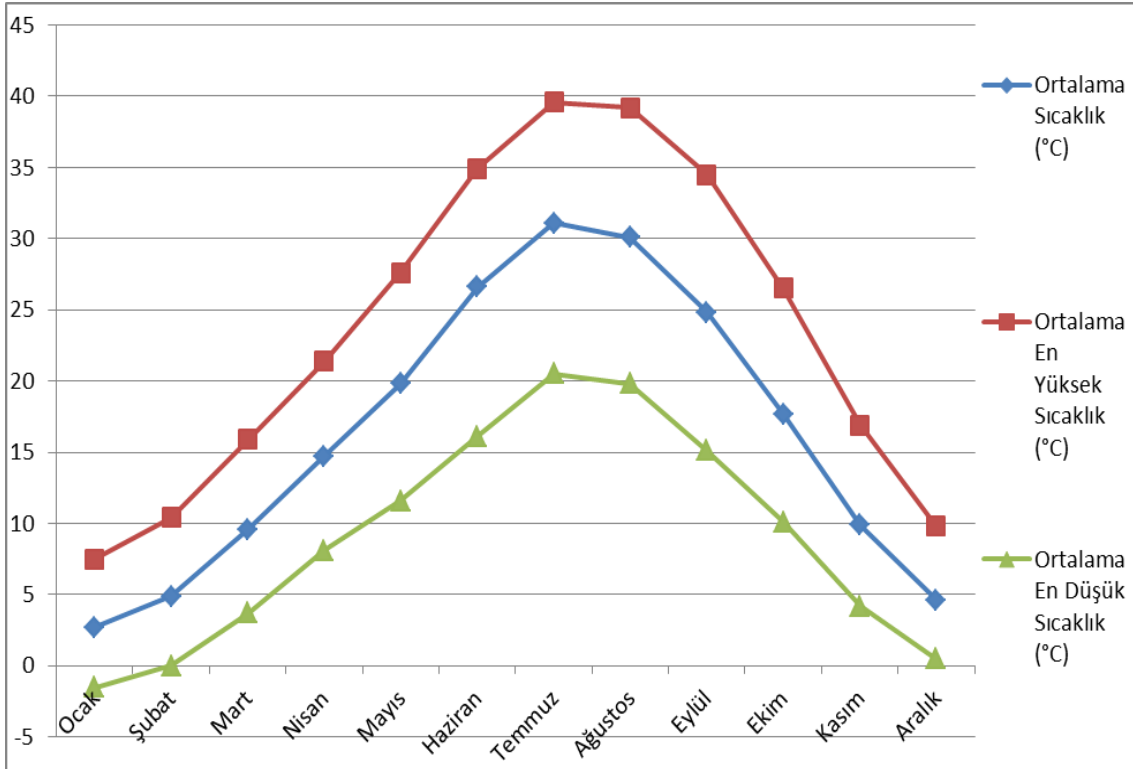
Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde, bahar dönemi sıcaklık değerlerinin de yüksek olması nedeniyle uzun bir yaz dönemi, sıcaklığın çok düşük olmadığı kısa, fakat belirgin bir kış dönemi yaşanmaktadır. Ortalama sıcaklığın yılın 4-5 ayında 20 °C'nin üzerinde olması, kış sıcaklıklarının neredeyse hiçbir ayda 0 °C'nin altına düşmemesi, en sıcak ve soğuk aylar arasındaki sıcaklık farkının 30 °C'ye yakın olması nedeniyle, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde etkili olan bu termik rejim Karasal Akdeniz Termik Rejimi olarak da tanımlanmaktadır (Koçman, 1993).

Ortalama 530-600 m yükseltisiyle Batman ülkemizin en sıcak bölgesinde yer almaktadır. Bu yükselti değerleri arasında uzun yıllar sıcaklık ortalaması 16 °C'nin üstündedir. Batman'da en soğuk ayın sıcaklık ortalaması 3-5 °C arasında değişmektedir. En sıcak ay olan Temmuz ayı ortalamaları ise 26.8 °C ile 31.3 °C arasında oynamaktadır. Temmuz ayı sıcaklık ortalamasının 30 °C'nin üzerinde olması bölgede karasallığın çok yüksek olduğunu göstermektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınmış 1960-2012 yıllarına ait sıcaklık verileri Çizelge 1.1'de verilmiştir (MGM, 2013).

Çizelge 1.1. Batman'ın uzun yıllara (1960-2012) ait ortalama sıcaklık ve yağış değerleri (MGM, 2013).

BATMAN	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1960 - 2012)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	2.7	4.9	9.6	14.7	19.8	26.6	31.1	30.1	24.8	17.7	9.9	4.6
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	7.5	10.4	15.9	21.4	27.6	34.9	39.6	39.2	34.5	26.5	16.9	9.8
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-1.5	0.0	3.7	8.1	11.6	16.1	20.5	19.8	15.1	10.1	4.2	0.5
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.2	4.2	5.4	7.1	9.3	11.5	12.1	11.3	10.0	7.0	5.2	3.0
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.2	10.6	11.8	11.8	8.0	2.3	0.4	0.4	1.1	5.9	7.6	10.5
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m <sup>2</sup> )	58.5	65.5	74.3	76.0	46.2	6.9	0.6	0.7	3.3	30.8	52.3	62.9
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1960 - 2012)*												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	18.2	23.5	30.6	35.8	42.0	45.1	48.8	46.2	43.8	37.0	28.6	37.5
En Düşük Sıcaklık (°C)	-24.0	-22.2	-17.0	-9.0	0.9	5.0	11.8	11.5	4.4	-3.0	-7.6	-23.0

Batman'da uzun yıllara (1960-2012) ait ortalama aylık, en düşük ve en yüksek sıcaklıkların değişimi arasında bir paralellik vardır (Şekil 1.3). Bu ortalama sıcaklık değerlerine göre en yüksek değerler Temmuz-Ağustos arasında, en düşük değerler ise Aralık-Ocak ayları arasında görülmektedir. Batman'ın şehir merkezinde yıllık sıcaklık ortalaması 16 °C olmakta, Raman Dağı ve Kıra Dağına doğru 14 °C'nin altına düşmektedir.

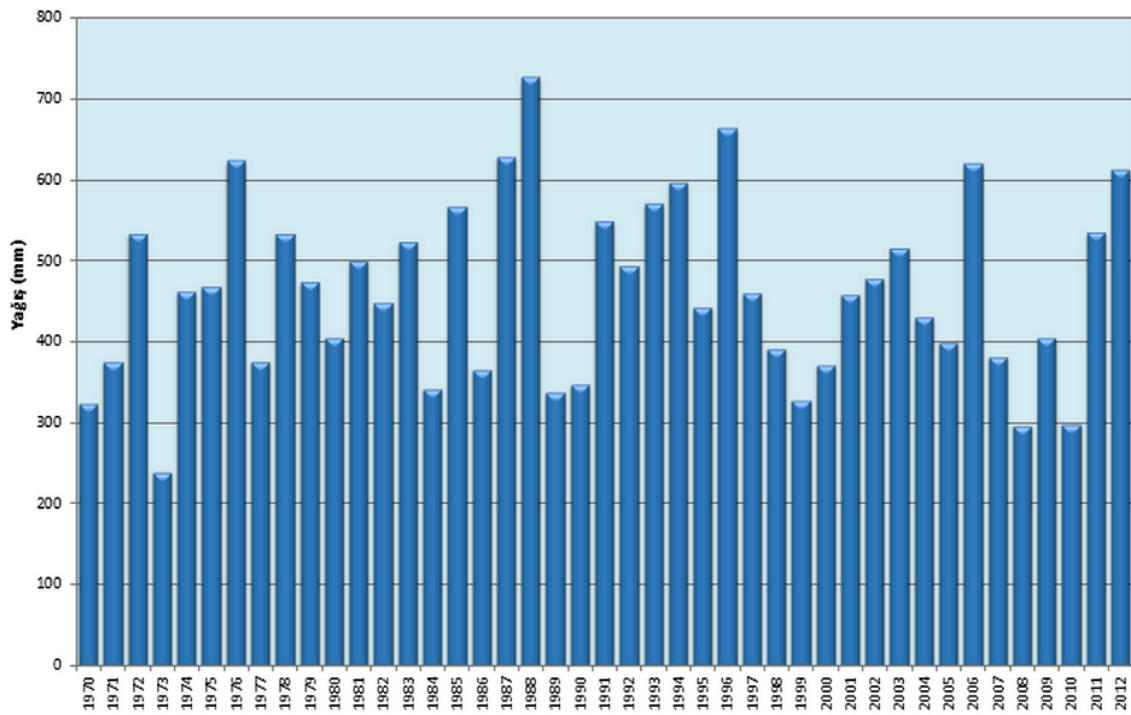


Şekil 1.3. Batman'ın uzun yıllara (1960-2012) ait aylık ortalama, en yüksek ve en düşük sıcaklık grafiği.

#### 1.2.4. Yağış

Yağış rejimi olarak Batman ve çevresinde karakteristik Akdeniz yağış rejiminden farklı olarak karasal etkilere bağlı ilkbahar yağışlarında bir artış vardır. Bu özelliği nedeniyle yörede Gecikmiş Akdeniz Yağış Rejimi hakimdir (Koçman, 1993).

Batman merkeze ait meteorolojik rasatlar 1959 yılında başlamasına rağmen 1970 yılından itibaren düzenli ölçümler alınmıştır. İlin uzun yıllar (1970-2010) yağış ortalaması yıllık 462,8 mm'dir. Batman'da 1973 yılında 220 mm ile en az yağışın düştüğü ve 1988 yılında ise 720 mm ile en fazla yağışın alındığı yıl olmuştur (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Batman'ın 1970-2012 yıllarına ait yıllık ortalama yağış grafiği (MGM, 2013).

Batman'da yağışın % 80'den fazlası kış ve ilkbahar mevsiminde düşmektedir (Çizelge 1.2). Bu yağışın % 39,10'u kış, % 41,11'i ilkbahar, % 1,72'si yaz ve % 18,08'i sonbahar mevsiminde görülmektedir. İlde uzun yıllara ait en fazla aylık ortalama yağış (76 mm) ise Nisan ayına aittir. Bunu sırasıyla Mart (74,3 mm) ve Şubat (65,5 mm) ayları izlemektedir.

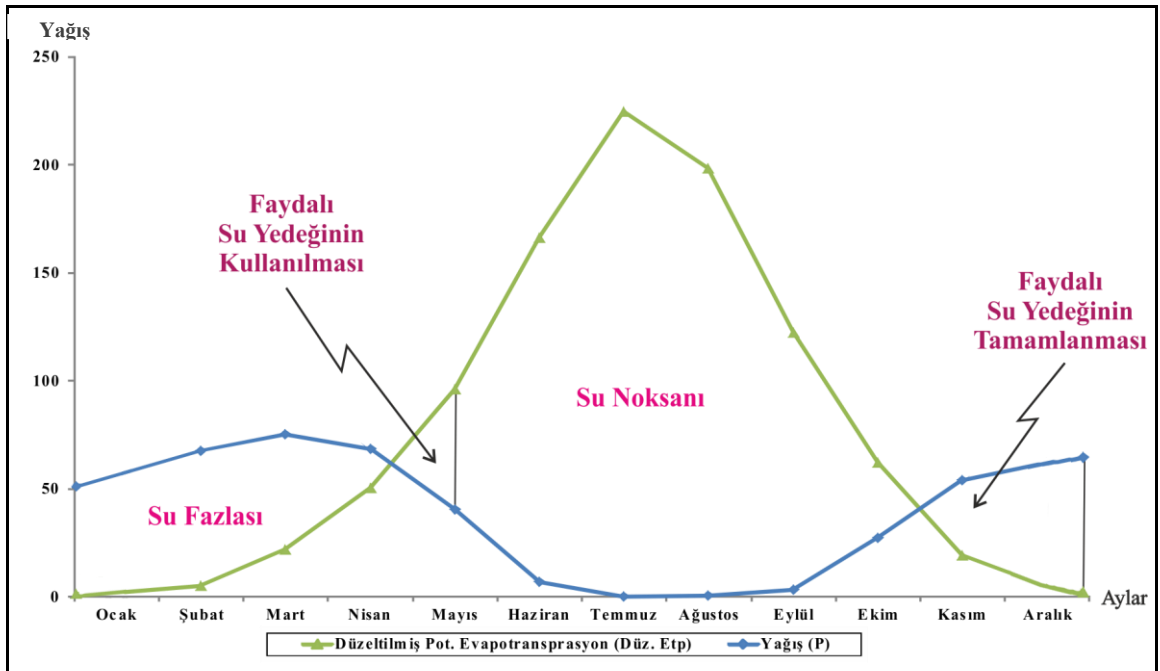
Çizelge 1.2. Batman'ın 1960-2012 ve 2012-2013 dönemlerine ait aylık ortalama yağış miktarları.

Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m <sup>2</sup> )	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1960-2012 Dönemi	58,5	65,6	74,3	76	46,2	6,9	0,6	0,7	3,3	30,8	52,3	62,9
2012-2013 Dönemi	69,3	74,8	80,1	85,3	51,2	11,2	1,1	0,9	2,1	38,2	62,1	71,8

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınmış 1960-2012 yıllarına ait sıcaklık, yağış ve buharlaşma değerlerinden yararlanılarak Thornthwaite (1948) yöntemine göre hazırlanmış olan su bilançosu aşağıda verilmiştir (Çizelge 1.3). Buna göre Ocak ayından itibaren Nisan ayı ortalarına kadar bölgede su fazlasının olduğu, Mayıs ayının ortalarından itibaren Ekim ayı sonuna kadar ise su noksanlığının yaşandığı ayrıca Nisan ortalarından Mayıs ortasına kadarki sürede faydalı su yedeğinin kullanıldığı, Kasım ve Aralık aylarında da faydalı su yedeğinin tamamlandığı görülmektedir (Çizelge 1.3 ve Şekil 1.5).

Çizelge 1.3. Thornthwaite (1948) metoduna göre 1960-2012 yıllarına ait Batman ili su bilançosu.

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Top.
Aylık Sıcaklık (T,°C)	2,70	4,90	9,60	14,70	19,80	26,60	31,10	30,10	24,80	17,70	9,90	4,60	16,38
Aylık Isı İndisi (i)	0,39	0,97	2,68	5,12	8,03	12,56	15,91	15,15	11,30	6,78	2,81	0,88	82,59
Potansiyel Evapotransprasyon (mm)	2,08	6,17	21,05	45,81	78,89	135,21	179,83	169,42	118,98	64,30	22,27	5,50	849,50
Enlem Düzelt. Katsayısı (37. enlem için)	0,86	0,84	1,03	1,10	1,22	1,23	1,25	1,17	1,03	0,97	0,85	0,83	
Düzeltilmiş Potansiyel Evapotransprasyon (mm)	1,79	5,18	21,69	50,40	96,25	166,30	224,78	198,22	122,55	62,37	18,93	4,56	973,01
Yağış (mm)	56,40	67,60	75,50	68,30	40,20	7,10	0,20	0,60	3,30	27,20	54,10	62,30	462,80
Faydalı Su Yedeği (mm)	100,00	100,00	100,00	100,00	43,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35,17	92,91	
Gerçek Evapotransprasyon (mm)	1,79	5,18	21,69	50,40	96,25	51,05	0,20	0,60	3,30	27,20	18,93	4,56	281,14
Su Fazlası (mm)	47,52	62,42	53,81	17,90	0,00						0,00		
Su Noksanı					0,00	115,25	224,58	197,62	119,25	35,17	0,00	0,00	
a	1,82												
I	82,59												



Şekil 1.5. Batman'ın 1960-2012 yıllarına ait düzeltilmiş potansiyel evapotransprasyon-yağış grafiği.

### 1.2.5. Ekonomik durum

Bölgede bulunan petrole dayalı endüstri kuruluşları olan başta TPAO ve TÜPRAŞ gibi şirketler ile uluslararası kuruluşların yanı sıra Organize Sanayi Bölgesi Batman'a en önemli ekonomik katkıyı sağlamaktadır. Ayrıca tarım ve hayvancılık bölge halkına önemli ekonomik destek sağlamaktadır.

### 1.3. Önceki Çalışmalar

Bölgede geçmiş yıllarda yapılan çalışmalar daha çok jeolojik özelliklerin belirlenmesine, birimlerin ayırtılmasına ve petrol arama çalışmalarına temel oluşturacak yapısal unsurların belirlenmesine dönük olarak gerçekleştirilmiştir. Bunların yanı sıra endüstriyel hammaddeler ve su kaynaklarına yönelik çalışmalar da bulunmaktadır. Çalışma alanı ve çevresinde yapılan önceki çalışmalar ve konuya örnek teşkil edebilecek diğer bilimsel veriler aşağıda sunulmuştur.

Şaroğlu ve Yılmaz (1986), Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki neotektoniğin jeolojik birimlerin gelişimine olan etkilerini açıklamışlardır. Araştırmacılara göre Doğu Anadolu'nun gelişiminde dört temel yapısal dönem mevcut olduğunu; bunlardan ilkinin bölgenin temelini oluşturan Paleozoyik-Alt Mesozoyik yaşlı kayaç topluluğu olan metamorfik kayaçlar olarak belirtilmiştir. Bunun üzerine Üst Kretase yaşlı ofiyolitik karışımların geldiğini, bu birim üzerine de tüm birimleri uyumsuzlukla örten, Eosen-Alt Miyosen yaşlı çökel istifin bulunduğunu, Üst Miyosen'den başlayıp günümüze kadar devam eden son dönem kayaçların ise karasal ortamda gelişmiş, etkin tektonizma ve volkanizma ile karakterize olmuş bir istif niteliğinde olduğunu belirtmişlerdir.

Erguvanlı ve Yüzer (1987) YAS kökeni, dağılışı, bulunuşu, hareketi, YAS seviye değişimi, akifer ve türleri, kuyu hidroliği, hidrojeolojik etütler ve YAS'dan yararlanma konularını açıklayan çalışmaları bulunmaktadır.

Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği'nde (1988) akarsu, göl ve baraj rezervuarlarında biriktirilen kıta içi yüzeysel suların kalitelerine göre yapılan sınıflama ve her sınıfın ne tür su ihtiyaçları için uygun olduğu belirtilmiştir.

Göncüoğlu ve Turhan (1992), bölgede farklı kökenli üç tektonostratigrafik kuşağın yer aldığını belirtmişlerdir. En üst yapısal birimi oluşturan Bitlis metamorfik kuşağının birçok tektonik dilimden meydana geldiğini, orto-paragnays, şist, amfibolit ve eklojitleri içeren Pre-Devoniyen yaştaki Hizan Grubu'nun temeli oluşturduğunu,

Devoniyen-Triyas yaşlı metakırıntılılar ile rekrystalize kireçtaşlarından oluşan Mutki Grubu'nun bu temel üzerinde uyumsuz durduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca Jura-Kretase yaşlı Guleman Ofiyolitinin Mutki Grubu üzerine sürüklendiğini, her iki birimin de Üst Kretase yaşlı Kinzu Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtüldüğünü, Orta-Üst Eosen yaşlı Kızılağaç Formasyonunun ana dilimlenme süreci öncesinde çökelmiş en genç birimi oluşturduğunu belirtmişlerdir. Bu kuşak, Bitlis Metamorfik kuşağı ile Arap Otoktonu birimleri arasında kalan çok sayıda tektonik dilim içeren Erken Tersiyer yaşlı Baykan Karmaşığı ve Geç Tersiyer yaşlı Ziyaret Karmaşıklarından meydana gelmektedir. Araştırmacılar bölgedeki en alt yapısal birimin Arap Platformunun Tersiyer çökellerini temsil eden Otokton Kuşak olduğunu belirlemişlerdir.

Şahinci (1991) Doğal suları Jeokimyası isimli eserinde doğal suların sınıflamasını ve karakteristiğini ortaya koyduktan sonra su-kayaç ilişkisini ve etkileşiminin su kalitesine ve kompozisyonuna etkisini çeşitli örnekler vererek yorumlamıştır.

Ünlü (1994) Yeraltı Suyu Kirliliği ve Kontrolü adlı çalışmasında yeraltı sularının, kirlenmeye karşı yüzeysel sulardan çok daha duyarlı olduğunu, kirlendiği takdirde birçok kullanım açısından değerini uzun zaman yitirmiş olacağını belirtmiştir. Yeraltı suyu kirleticiler ve kaynakları erken tespit edildiği takdirde, kirlilik akifere ulaşmadan gerekli önlemlerin alınabileceğini vurgulamıştır.

Kentsel akiferlerin kalite ve kirliliği konulu çalışmalarında Nalbantçılar (2002), Nalbantçılar ve Güzel (2006) ve Nalbantçılar ve diğ. (2009) Konya yerleşim alanında bulunan yeraltısuyunun kalitesi, kirliliği ve kirlenebilirliği üzerinde çalışmalar yapmışlar ve yeraltısuyunun korunmasına yönelik tespit ve önerilerde bulunmuşlardır.

Sunkar ve Tonbul (2012) yaptıkları çalışmada Diyarbakır Havzası'nın güneydoğusunda yer alan İluh Deresi Havzası'nın jeomorfolojik özelliklerini incelemişlerdir. Araştırmacılar; İluh Deresi Havzası'nın, güneyden Raman Dağı, doğu-kuzeydoğudan Kıra Dağı ile sınırlandırılmış bir senklinale karşılık geldiğini, Havzanın akarsular tarafından derince yarılmamış olduğu için ova özelliği gösterdiğini belirtmişlerdir. Tilmis Ovası olarak bilinen havzanın, Batman Ovası olarak da adlandırıldığını, Havza oluşumunun, içerisinde yer aldığı Diyarbakır Havzası'nın oluşumu ile paralellik gösterdiğini, İluh Deresi Havzasının, Diyarbakır Havzası içerisinde Miyosen ve Pliyosen'de yaşanan kıvrılma ve kırılma hareketlerinden sonra belirlediğini, Kuvaterner döneminde görülen volkanik faaliyet ve aşındırma sonucunda da günümüzdeki şeklini aldığını ve ortalama 650-800 m yükseltilerinde yer alan ve

güneydoğuya doğru kapanan havzanın güneyden Raman Dağı Antiklinali ile sınırlandırıldığını belirtmişlerdir. Yine araştırmacılar Güney yamaçları sağ yanal doğrultu atımlı Raman Fayı tarafından kesilmiş olan Raman Dağı'nın, zengin petrol yataklarına sahip olduğunu, bu antiklinalin orta bölümünde KB-GD doğrultulu faylarla kesilerek kanyon şekilli Maymune Boğazı'nı oluşturduğunu, Doğuda yer alan Kıra Dağı'nın volkanik bir plato özelliğinde olduğunu ve havzayı batıdan sınırlandıran Batman Çayı vadisinde ise farklı yükseltilerde 5 taraça sisteminin bulunduğunu belirtmişlerdir.

Bölgede petrol arama amaçlı çok sayıda jeolojik ve jeofizik etüt yapılmıştır. MTA tarafından etüt alanını da kapsayan 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmış ve 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Diyarbakır Paftası ve Raporu'nda (MTA, 1962) yayınlanmıştır. Bölgenin Colorado Geophoto Services Inc. tarafından 1/100000 ölçekli ve ESSO Standart Inc. tarafından da 1/50.000 ölçekli fotojeolojik haritaları yapılmıştır.

DSİ tarafından 1979 yılında hazırlanmış olan Yukarı Dicle Havzası Hidrojeolojik Etüt Raporu Batman ili ve çevresini kapsamaktadır. Bu çalışma kapsamında kurum bölgede içme ve sulama amaçlı çok sayıda kuyu açmıştır.

Batman Barajı Sulaması Mühendislik Jeolojisi Planlama Raporu (DSİ, 1971), Batman Barajı Sulaması II. Mühendislik Jeolojisi Planlama Raporu (DSİ, 1981) ve Batman Barajı Planlama Raporu (DSİ, 1983) inceleme alanını da kapsayan önemli hidrojeolojik ve mühendislik jeolojisi çalışmalarıdır.

Pınarkara ve diğ. (2013) Batman'da halkın yararlandığı yeraltı suyunun kalitesinin ortaya konulması ve halk sağlığı açısından riskli olabilecek bölgelerin belirlenmesi üzerine bölgedeki ilk çalışmayı yapmışlardır. İnceleme alanını temsil eden 25 adet suyu kuyusundan alınan örnekler üzerinden yapılan bu araştırmada elde edilen hidrokimyasal analiz sonuçlarına göre Schoeller ile Piper diyagramlarındaki dağılımları yapılmış ve suların Piper diyagramına göre 1., 3. ve 5. bölgeler içerisine düştüğü belirlenmiştir. Yine sular, Wilcox diyagramına göre çok iyi-iyi su bölgesinde toplanmış olup, ABD tuzluluk diyagramına göre C2S1 sınıfında olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca örneklerin kalite durumları TS 266 (TSE, 2005) standartlarına göre değerlendirilmiş ve bazı elementlerde başta da Br olmak üzere Al, Ba, Fe ve Mn konsantrasyonlarının kabul edilebilir sınırı geçtiği belirtilmiş ve bu elementlere ait alansal dağılımları hazırlanarak riskli bölgeler tespit edilmiştir.

## **1.4. Materyal ve Yöntem**

Batman ili yeraltısuyunun kalitesi, kirliliği ve kirlenebilirliğini konu alan bu tez çalışmasında gerek duyulan veriler, bölgede daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen jeolojik ve hidrojeolojik verilere ek olarak, çalışma kapsamında yapılan arazi ve laboratuvar çalışmalarından üretilmiştir.

### **1.4.1. Hazırlık çalışmaları**

Bu çalışmaya 2010 yılında literatür araştırması ile başlanmıştır. Hem bölgesel hem de yerel ölçekte Batman ili ve yakın çevresinde daha önceden yapılmış çalışmalar derlenerek incelenmiş ve saha ile ilgili ön bilgi edinilmiştir. Elde edilen verilere göre benzer bölgelerde su incelemeleri yapılmış çalışmalar araştırılmış, kullanılan metotların daha sonraki aşamalarda inceleme alanındaki benzer problemlere uygulanabilirliği ve mevcut yöntemlere alternatif olabilecek ilave metotlar araştırılmıştır. Bölgede daha önce konu ile ilgili bir çalışma olmaması nedeniyle rastgele belirlenmiş 25 farklı noktadan alınan su numuneleri ile küçük ölçekli bir ön çalışma yapılarak bölgedeki yeraltısuyu kalitesi ve kirliliği konusunda bir fikir elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde inceleme alanı için şehir merkezine yoğunlaşarak bu çalışmanın sınırları belirlenmiş ve çalışmalara başlanılmıştır. Ayrıca yine bu aşamada arazi çalışmalarında kullanılacak sarf malzemeleri ve gerekli ekipmanlar da temin edilmiştir.

### **1.4.2. Arazi çalışmaları**

Arazi çalışmaları 2011 yılının sonlarında başlamış, 2013 yılı Ağustos ayında sonuçlanmıştır. Bu sürede inceleme alanında bulunan ve ön çalışmadaki sonuçlar da göz önüne alınarak resmi kurumlar ve şahıs kuyularından oluşmak üzere 30 farklı su kuyusu belirlenmiş ve gerekli örneklemeler yapılmıştır.

Yeraltısularından su örnekleme için belirlenen lokasyonlardan 2012 yılı yağışlı sezon ve 2013 yılı kurak sezonu karakterize edecek şekilde iki dönem örnekleme yapılmıştır. Hidrojeoloji çalışmalarının bu bölümü arazide yerinde ölçümlerle gerçekleştirilmiştir (Foto 1).





Foto 1. Huzur Mahallesi'nde 16 nolu kuyuda yapılan yerinde ölçümlerin kayıt altına alınması.

#### **1.4.3. Laboratuvar çalışmaları**

Su örneklerine ait analiz çalışmalarında ana anyon ve katyon analizleri Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi Diyarbakır Su Kanalizasyon İdaresi (DİSKİ) laboratuvarında, iz element analizleri ise Kanada'daki ACME laboratuvarında 2C Full Suite analiz grubunda yaptırılmıştır.

#### **1.4.4. Örnekleme, ölçüm ve analiz yöntemleri**

Suların bileşimi, fiziksel ve kimyasal özellikleri arazide yapılan yerinde ölçümlerle ve toplanan su örnekleri üzerinde laboratuvarında uygulanan kimyasal analizlerle saptanmaktadır. Örnekleme, suların kimyasal özelliklerinin incelenmesinde hayati önem taşıyan işlemlerden ve su kalitesi ve kirliliği ile ilgili bilgilerin toplanmasındaki ana kaynaklardandır (Wood, 1976; Hem, 1971). Sulardan örnekleme yapılırken, TS 5090'da (TSE, 1997) öngörülen numune alma ve analiz metotları uygun, örneklenen suyu doğru şekilde temsil edebilen ve laboratuvarında korunabilen bir miktar suyun alınmasına dikkat edilmiştir.

İnceleme alanındaki yeraltısuyunun bileşimi ve kalitesini belirlemek amacıyla Batman Merkezini baz alacak şekilde belirli bir karelaç sistemine göre yayılmış su

kuyuları tespit edilmiştir (Çizelge 1.4.). Bu şekilde belirlenmiş olan 30 adet su kuyusundan 2012 yılı Aralık ve 2013 yılı Ağustos aylarında birer kez olmak üzere yeraltısuyu örneklenmesi yapılmıştır. Kuyular aracılığıyla yeraltısuyundan alınan suyun örnekleme kurallarına ve akiferi temsil edecek akışkan haldeki suyun alınmasına özen gösterilmiştir. Bunun sağlanması için, kuyu hacminin 4-10 katı kadar su kuyudan boşaltıldıktan sonra örnekler alınmıştır (Foto 2).



Foto 2. 22 nolu kuyudan örnekleme yapılırken.

Çizelge 1.4. Örnekleme yapılan su kuyularına ait bilgiler.

Sıra No	Kuyu No	Koordinatlar		Mahalle	Sıra No	Kuyu No	Koordinatlar		Mahalle
		X	Y				X	Y	
1	4	4198534	684686	Gültepe	16	37	4194227	688881	Petrol
2	6	4197851	684200	Hilal	17	38	4195526	688001	Şafak
3	11	4199523	687646	Gültepe	18	39	4194711	687092	Akyürek
4	13	4197672	685782	Gültepe	19	40	4195826	686565	Sağlık
5	15	4196999	685786	Pazaryeri	20	41	4193677	686855	Karşyaka
6	16	4196293	685669	Hilal	21	42	4192778	687037	Petrolkent
7	17	4196270	684972	Hilal	22	43	4195383	687119	Ziya Gökbalp
8	22	4195498	684376	Çay	23	44	4196962	687412	Gap
9	27	4193422	686129	Hürriyet	24	45	4195481	685921	Beşevler
10	28	4196147	689207	Çamlıtepe	25	46	4194944	685390	19.May
11	29	4195377	689991	Çamlıtepe	26	48	4194367	684883	Çay
12	30	4194721	690711	Çamlıtepe	27	49	4196489	688761	Fatih
13	34	4195295	688695	Yavuz Selim	28	50	4197819	686423	Gültepe
14	35	4194649	689614	Petrol	29	51	4196719	686297	Bağlar
15	36	4193434	689323	Bayındır	30	54	4196011	688098	Bahçelievler



Çizelge 1.4'de koordinatları verilen su kuyularından; 4 nolu kuyu Batman Belediyesi'ne, 6, 13, 15, 16, 17, 22, 34, 35, 41, 45, 46, 48, 49, 50, 51 ve 54 nolu kuyular ise şahıslara ait kuyulardır. Ayrıca 27, 40, 42 ve 43 nolu kuyular camilerdeki kuyular olup; 11, 28, 29, 30, 36, 37, 38, 39 ve 44 nolu kuyular ise akaryakıt istasyonlarında bulunan özel kuyulardır (Foto 3).



Foto 3. Örnekleme yapılan su kuyuları.

Sularda kısa sürede değişen sıcaklık, pH, EC ve TDS parametrelerinin ölçümü arazide portatif WTW pH/Cond 340i SET-2 cihazı ile yeraltısuyu seviye ölçümleri de kuyu metre ile kuyu başında yapılmıştır. Yerinde ölçümlerden sonra ana ve iz elementlerin analizleri için 2 ayrı steril kaba yeraltısuyu örneği alınmıştır. Su örneklerinin bileşimlerinde değişim olmasını önlemek amacıyla pH<2 olacak şekilde seyreltik hidroklorik asit (HCl) ilavesi yapılmış ve gerektiğinde buz aküleri vasıtasıyla

+4 °C’de muhafazaları sağlanarak örnekleme tamamlanmıştır. Su örneklerinin ana element tayinleri için Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi DİSKİ laboratuvarına ve iz element tayini için de Kanada’da bulunan ACME Laboratuvarlarına sevk edilmiştir (Foto 4 ve 5).



Foto 4. Hidrokimyasal analizler için alınan su örnekleri.



Foto 5. İz elementler için alınan su örnekleri.

#### 1.4.5. Büro çalışmaları

Çalışmada kullanılan meteorolojik veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü kayıtlarından elde edilmiştir. Bu veriler kullanılarak bölgenin iklim özellikleri ortaya konulmuştur. Ayrıca önceki çalışmalardan yararlanılarak jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri belirlenmiştir. Yine su kalitesi ve kirliliği ile ilgili ölçüm ve analiz sonuçları değerlendirilerek, gerekli grafikler ve alansal dağılım haritaları hazırlanarak yeraltı suyu kalite sınıflandırılması yapılmıştır. Daha sonra bütün veriler derlenerek rapor halinde hazırlanmıştır.

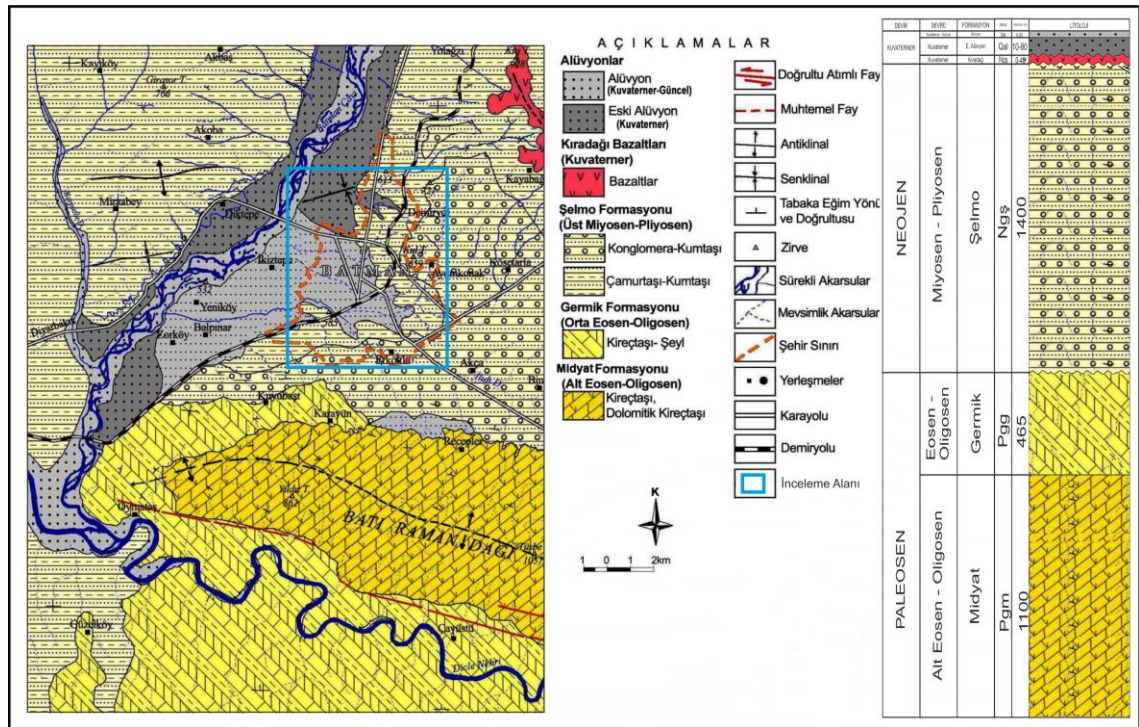


## 2. GENEL JEOLJİ

### 2.1. Stratigrafi

İnceleme alanında genellikle Miyosen'den günümüze kadar oluşan birimler gözlemlenmektedir. Çalışma alanının bulunduğu bölge Bitlis-Zağros Kenet Kuşağı'nın (BZK) hemen güneyinde Arabistan Levhası üzerinde yer almaktadır (MTA, 2007). Bölgede Alt Eosen yaşlı Midyat formasyonundan oluşan temel birimlerden başlayıp, güncel alüvyonal çökellere kadar gelişim gösteren birimler yer alır (Şekil 2.1). Bunların yaşlıdan gence doğru stratigrafik dizilişi sırasıyla:

Midyat Formasyonu (Pgm) - Alt Eosen, Germik Formasyonu (Pgg) - Oligosen, Şelmo Formasyonu (Ngş) - Miyosen-Pliyosen, Kıradağ Bazaltları (Qk) - Kuvaterner, Alüvyon (Qal) - Kuvaterner-Güncel şeklindedir.



Şekil 2.1. Batman ve çevresinin jeoloji haritası ve stratigrafik kesiti (MTA ve TPAO çalışmalarından yararlanılarak Tonbul ve Sunkar (2008) tarafından düzenlenmiştir).

#### 2.1.1. Midyat formasyonu (Pgm)

Genelde karbonatlardan oluşan birim, ilk kez Maxson (1936) tarafından Midyat kireçtaşı olarak adlandırılmıştır. Birim tip kesiti, Mardin ili Midyat ilçesi dolayında izlenir. İnceleme alanının güneyindeki Raman Dağında mostra vermekte olan kirli beyaz, krem renkli, bazı zonları resifal, sert, çoğunlukla orta sertlikte yer yer yumuşak, karstik, kırıklı, çatlaklı, boşluklu bazı zonları killi ve tebeşirli kireçtaşından oluşmuş

istif yer almaktadır. Midyat formasyonu olarak isimlendirilen bu birim Alt Eosen–Oligosen yaş aralığındadır. En fazla 1100 metre kalınlık gösteren birim, yanal yönde değişik fasiyeste karbonat kayalarına geçer. Alt bölümü ise yanal yönde kırıntılı kayalara geçer (MTA, 2007).

### **2.1.2. Germik formasyonu (Pgg)**

İlk kez Bolgi (1961) tarafından adlandırılan birim; Batman Ovası'nın doğu kısmında Keferzo ve Şeyh köyleri civarında mostra vermekte olup, genellikle kırmızı, alacalı boz, yeşil renkli marn ara tabakalı kireçtaşı konglomera ve çamurtaşı ardalanmasından oluşmuştur. Sınırlı ve evaporitik koşullu regresif deniz ortamında çökelmiş bu birim Germik formasyonu olarak isimlendirilmekte ve yer yer jips ve/veya anhidrit kama veya katmanları içermektedir. Orta Eosen-Oligosen yaş aralığındaki Germik formasyonu Midyat formasyonu üzerinde uyumlu olarak yer alır. En fazla 465 m kalınlık gösterir (MTA, 2007).

### **2.1.3. Şelmo formasyonu (Ngş)**

Genelde karasal nitelikli kayalardan oluşan formasyon, Bolgi (1961) tarafından adlandırılmıştır. Birimin tip kesiti, ismini aldığı Batman ili Sason ilçesinin güneybatısındaki Şelmo Köyü dolaylarında izlenir. İnceleme alanı ve yakın çevresi ile Diyarbakır'ın Bismil ve Silvan ilçeleri arasında da görülen az eğimli alanlarda yer yer çapraz tabakalı, kahve, gri, alacalı renklerde kiltası, kumtaşı, çamurtaşı, konglomera tabakaları ardalanmasından oluşan formasyonun alt kesimlerinde yer yer beyaz renkli jips seviyeleri izlenir. Kumtaşı-konglomera seviyeleri nispeten dayanımlı, kiltası-çamurtaşı seviyeleri daha yumuşak ve daha az dayanımlı özelliktedir. Genelde karasal ortam fasiyesleri yansıtır. Ancak plaj kumları, gel-git düzlüğü ve playa ortamlarını da kapsar. Miyosen-Pliyosen yaş aralığındaki Şelmo formasyonu uyumsuz olarak Germik formasyonu üzerinde yer alır. Bölgede 1400 m kalınlığa kadar erişebilmektedir (MTA, 2007).

### **2.1.4. Kıradağ bazaltları (Qk)**

Batman kuzeydoğusunda KB-GD gidişli, ince bir bant şeklinde yüzeyleyen Şelmo formasyonu üzerinde yer alan bazaltlar inceleme alanında adını da aldığı Kıradağ civarında yaygınlık sunar. Koyu gri, gri, ve siyah renkli olan bazaltlar yer yer sütunsu çatlaklıklar gösterir. Yörede kalınlığı 0-40 m arasında değişmektedir (MTA, 2007).

### **2.1.5. Alüvyon (Qal)**

İnceleme alanında Batman Çayı yatağında, 13–15 metre kalınlıkta heterojen çakıl, kum ve silt karışımından oluşmuş alüvyon bulunmaktadır. Batman Çayı, Batman Barajı'nın yapımından önce sık sık yatak değiştirmiş ve akış istikametine göre KB-GD yönlerine kaymıştır. Bu nedenle mevcut yatağın sağında ve solunda eski alüvyon oluşumları da bulunmaktadır. Kuvaterner'den günümüze kadar Batman Çayının yatağında gelişimini sürdürmekte olup, çalışma alanındaki tüm birimleri açılı uyumsuz olarak örtmektedir (MTA, 2007).

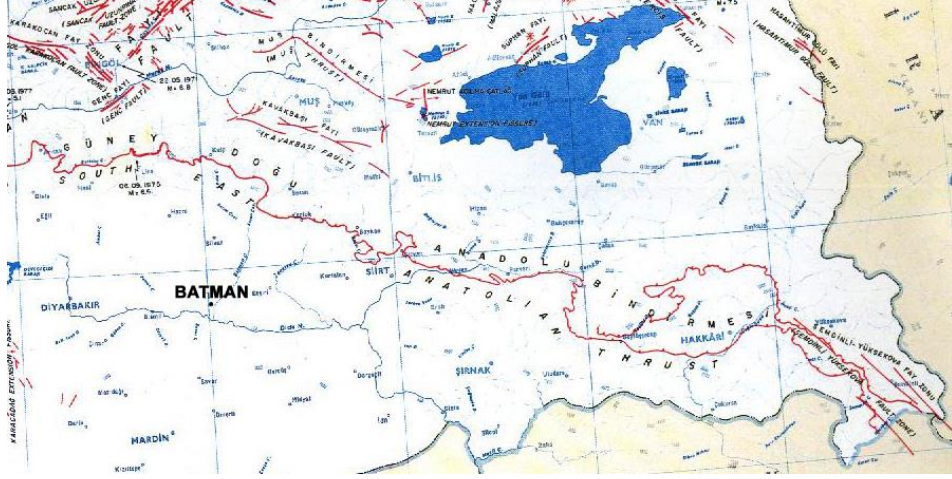
## **2.2. Yapısal Jeoloji**

Bölge mevcut jeolojik yapısını, Hersiniyen ve Alpin Orojenezleri'nin etkisi ile kazanmıştır. K-G yönlü levha hareketi etkisinde yapısal ögeler oluşmuştur. Bu nedenle antiklinal ve senklinaller D-B uzanımlıdır. Batman'ın kuzeyindeki Sinan senklinali ile güneyindeki Raman antiklinali önemli yapısal unsurlardır. Raman antiklinalinin kuzeyinde tabakalar 10-15° K, güneyinde ise 15-20° G eğimlidir. İnceleme alanında yaygın olarak görülen Şelmo formasyonunda tabakalanma az belirgin, genel eğimleri yataya yakın olup değişkenlik göstermektedir (MTA, 2007).

Batman çevresinde yüzeyleyen kayalar Bitlis-Zağros Kenet Kuşağı'nın () oluşumu ve sonrasında devam eden sıkışma hareketleri ile kıvrımlı, faylı ve çatlaklı yapılar kazanmıştır. Yörenin yapısal açıdan en büyük hareketleri doğu-batı ve kuzeybatı-güneydoğu gidişli kıvrımlardır. Ramandağı antiklinali, Beşiri senklinoryumu ve Yanarsudağı antiklinali en büyük kıvrımlı yapılardır (BTÜ, 2011).

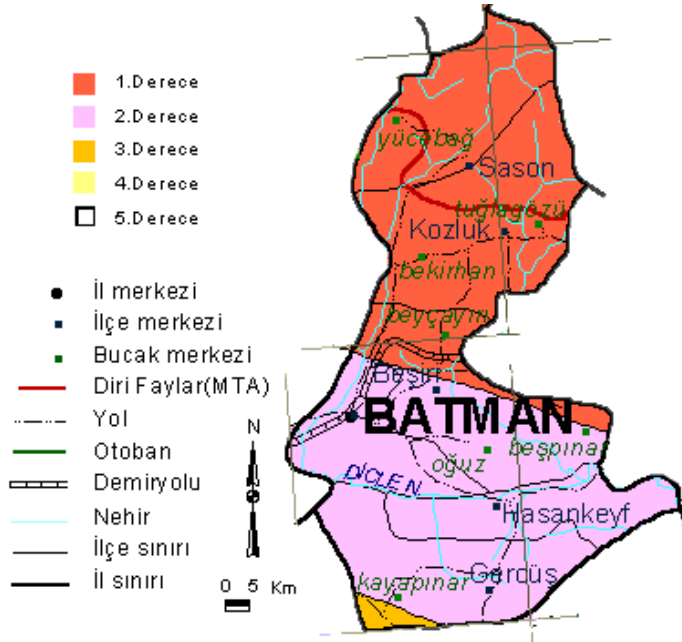
### **2.2.1. Batman ve çevresinin tektoniği ve depremselliği**

Baykan-Kozluk-Sason civarından geçen BZK Kuşağı (Güney Doğu Anadolu Bindirmesi) bölgenin kuzeyinden geçmekte ve yapısal açıdan bölgenin en önemli fayını oluşturmaktadır (Şekil 2.2). BZK Batman ilinin 40 km kuzeyinde yer alır.



Şekil 2.2. Batman çevresindeki diri faylar (Şaroğlu ve diğ., 1992).

Batman il merkezi mevcut deprem haritasında 2. Derece riskli alan içinde gösterilmiştir (Şekil 2.3). Ancak, BZK Kuşağı'nda oluşabilecek büyük bir deprem, il merkezinin genelde alüviyal bir zemin üzerinde kurulu olması nedeniyle büyük hasarlara yol açabilir.



Şekil 2.3. Batman ili deprem riski haritası (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 1996).

Batman yakın civarında bu faya paralel önemli uzunluklara varan faylar bulunmaktadır. Bunlardan en önemlileri Hasankeyf fayı ve Yanarsu dağı fayıdır.

Hasankeyf fayı; Suçeken civarından geçmekte ve Hasankeyf'in 6 km kuzeyinde bulunmaktadır. Ramandağı antiklinal'inin güneyinde yer almakta ve doğu-batı yönünde gidiş göstermektedir. Fayın bu alandaki uzunluğu yaklaşık 25 km'dir. Ters fay (Bindirme fayı) özelliğindedir. Hasankeyf kuzeyinde Suçeken ile Üçyol arasında yer alan ve Şelmo formasyonu olarak gösterilen alüviyal yelpaze çökeltileri bu faylanmaya



bağlı olarak ökelmiflerdir (MTA, 2007).

Uluçam (2004) tarafından arkeolojik çalışmalar esnasında ortaya ıkarılan Hasankeyf depremleri, eğer BZK Kuşağı civarındaki yerleşim merkezlerinde (Kozluk, Sason, Silvan, Baykan, Siirt, Hazro vb.) aynı zamanda yıkım oluşmamışsa, Hasankeyf fayını Batman'ın depremselliği açısından önemli kılmaktadır. Diğer bir deyişle yıkım sadece Hasankeyf ve yakınlarında gerçekleşmişse, söz konusu depremler büyük bir olasılıkla Hasankeyf fayı üzerindeki hareket sonucu oluşmuştur (BTÜ, 2011).

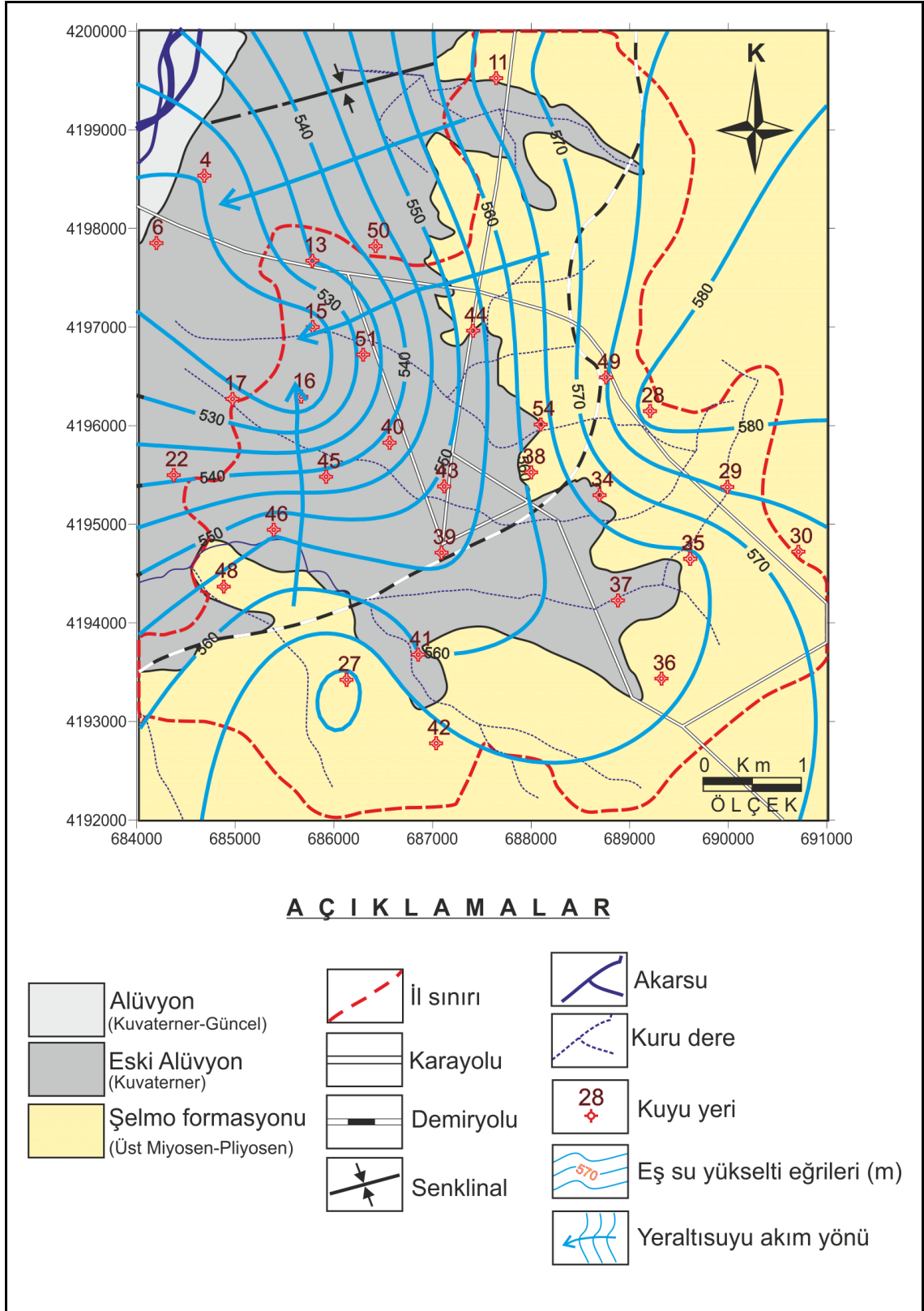
Yanarsu fayı; Beşiri ilçesinin 4 km kuzeydoğusunda Kuşçukuru ve Yeşiloba köyleri civarından geçmektedir. Bu fay da Yanarsu Dağı antiklinalinin güneyinde yer almakta ve yaklaşık olarak Hasankeyf fayına paralel batıkuzeybatı-doğugüneydoğu gidişi sunmaktadır. Bu kesimde yaklaşık 20 km uzunlukta olan Yanarsu fayı da bindirme fayıdır (BTÜ, 2011).

### 3. HİDROJEOLJİ

İnceleme alanının jeolojisini oluşturan birimler, hidrojeolojik nitelikleri bakımından farklı özellikler sunmaktadır. Bu formasyonlardan Şelmo formasyonu ve alüvyonun akiferik özellikleri ile ilgili hususlar ve bölgenin su kaynakları bu bölüm içerisinde ele alınacaktır.

Midyat formasyonu yeraltısuyunun beslenmesi ve depolanması açısından bölgenin en verimli formasyonudur. Karstik akifer niteliğindeki bu formasyondan son yıllarda açılan sondaj kuyularıyla yüksek debide su çekilmektedir. Midyat formasyonunu üstleyen Germik ve Şelmo formasyonları içerdikleri killi seviyelerden dolayı geçirimsizliği azaltmakla birlikte kumlu, çakıllı ve yer yer marnlı ve kireçtaşı seviyelerinden yeraltı suyu üretilebilmektedir (Tarcan ve diğ., 1999). Midyat akiferi Batman merkezinde derinlerde yer aldığından, bu formasyona erişilinceye kadar yüzeyden itibaren Batman Çayı'ndan kaynaklı eski ve güncel alüvyonlar ile Batman'ın bir bölümünde yayılım gösteren ve kumtaşı-çakıltası birimlerinden oluşan Şelmo formasyonunun üst kısmını oluşturan seviyeler akifer özelliği sunmakta olup incelenen yeraltısuyu bu seviyelerden temin edilmektedir. Bu birimlerden sonra Şelmo formasyonunun geriye kalan alt seviyeleri akifüj özelliği göstermektedir (DSİ, 1979).

Batman Çayındaki güncel oluşumlu alüvyonda yeraltısuyu seviyesi 3-4 m iken, aynı özellikli kum-çakıl karışımından oluşan eski alüvyonda yeraltısuyu seviyesi yaklaşık olarak 5-20 m'dir. Stratigrafik olarak yüzeyden yaklaşık 20 m derinlikteki Şelmo formasyonunun akifer kısmında statik seviye ise 28-30 m civarındadır. Bu geçirimli kısımlardan sonra kiltası, çamurtaşı gibi geçirimsiz birimlerin bulunması, ilgili kısmı yeraltısuyu depolaması yönünden oldukça uygun hale getirmektedir. Batman'ın içme suyu ve özel kuyuların suları bu akiferlerden karşılanmaktadır. Genelde 20-100 m derinlikteki bu kuyulardan yaklaşık 10-30 lt/sn debide su alınmaktadır. Batman Çayının kıyısındaki alüvyonlar da su yönünden verimli olup, Batman Belediyesi BASKİ tarafından işletilen kuyulardan 40 lt/sn debi ile su temin edilmektedir. Ayrıca Yeraltısuyu akım yönü de Batman Çayını besler nitelikte olup yaklaşık doğudan batıya doğru akmaktadır (Şekil 3.1). DSİ (1979) verilerine göre akiferlerin ayrı ayrı transmissivite değerleri; eski alüvyon için  $T = 10-500 \text{ m}^2/\text{gün}$ , Şelmo formasyonu için  $T = 5-100 \text{ m}^2/\text{gün}$  ve Midyat formasyonu için  $T = 10-500 \text{ m}^2/\text{gün}$  arasındadır.



Şekil 3.1. İnceleme alanının hidrojeoloji haritası.

### 3.1. Yeraltısuyu Kaynakları

Batman ili ve çevresinde yeraltısularının yüzeye çıktıkları çok sayıda kaynak alanları bulunmaktadır. Midyat ve Şelmo formasyonlarının üst kısımları ile alüvyonların yeraltısuyu depolama kabiliyetleri yüksek, Germik formasyonu ve Şelmo formasyonunun alt kısımlarının ise depolama kapasiteleri düşüktür.

Bölgede farklı debilere sahip kaynaklar bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi 6 ayı noktadan su çıkışının bulunduğu Zilek kaynaklarıdır. İnceleme alanının yaklaşık 10 km güneybatısında bulunan ve Batman Çayının yatağına boşalan Zilek Kaynaklarından toplam 7 m<sup>3</sup>/sn debi ile su boşalımı mevcuttur. Bu kaynak grubu Midyat formasyonundan beslenmektedir (Foto 6).



Foto 6. Zilek kaynaklarının görünümü.

### 3.2. Yüzeysel Suları

Batman ilinin en önemli akarsuyu Dicle Nehri'dir. Batman ili sınırlarındaki en önemli kolları Garzan Çayı ve Batman Çayı'dır. Batman Çayı'nı oluşturan ana kollar Kulp Çayı, Sarım Çayı ve Talori Çayı'dır. Bu kollardan Kulp ve Sarım Çayı Diyarbakır il sınırları, Sason ve Talori çayları ise Batman sınırında yer almaktadır. Batman Çayı, 86.75 km uzunluğunda olup kuzeyde Serim mıntikasından başlayıp güneye doğru Kulp Çayı ile birleşerek ili terk etmektedir. Serken (Zori) Çayı 62 km uzunluğunda olup Çorçovus mıntikasından başlayıp, Çalonur Köyüne kadar devam etmektedir. Bu çay

Batman ayı'nın bir kolunu oluşturmaktadır. Batman ayı'nın yıllık ortalama su potansiyeli 4.2 milyar m<sup>3</sup>'tür. Batman Barajı'nın yapımından önce oldukça düzensiz bir akış rejimine sahip olan Batman ayı'nın minimum debisi 28.9.1989 tarihinde 3.5 m<sup>3</sup>/sn, maksimum debisi ise 16.12.1972 tarihinde 2660 m<sup>3</sup>/sn olarak ölçülmüştür (Foto 7). Garzan ayı yıllık ortalama su potansiyeli 830 milyon m<sup>3</sup> olup, Dicle Nehri'nin anakolu ile birlikte Batman ilinde bu üç büyük su kaynağının toplam yıllık ortalama akımı 7.2 milyar m<sup>3</sup>'tür (BASKİ, 2005).

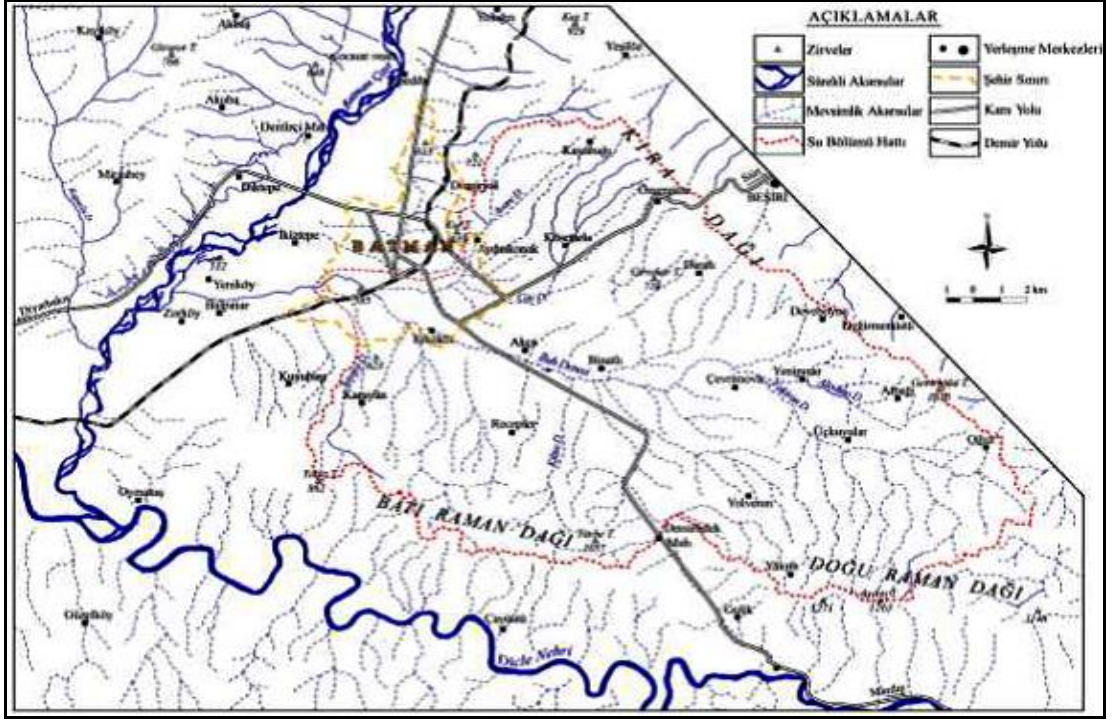


Foto 7. Batman Barajı'nın mansap kısmından görünüşü.

İnceleme alanının sularını drene eden ve mevsimlik olarak akım gösteren İluh Deresi Batman ayı'na bağlanmaktadır. Kaynağını Muş'un güneyindeki Haçreş ve Yakupağa Dağları'ndan alan Batman ayı ise Batman şehri güneyinde Dicle Nehri ile birleşmektedir (Şekil 3.2).

Vadi şekillenmesi esas itibarıyla akarsuyun aşındırma özelliklerinden ileri geldiği halde, vadi doğrultusu ve akarsu sitemleri, tektonik yapının sonucu olarak bir yandan rölyef çizgilerine diğer taraftan tektonik hatlara bağlıdır (Akyol, 1947). Batman il sınırlarında Dicle Nehri yaklaşık D-B doğrultusunda akmaktadır. Batman ayı ise K-G yönünde Dicle Nehri'ne dik bir şekilde bağlanmıştır. Yalçınlar (1996) Batman ayı'nın eskiden Maymune Boğazı'nı kullanarak Dicle Nehri'ne bağlandığını belirtmiştir. Buna göre Batman ayı'nın mevcut durumu yakın geçmişte oluştuğu söylenebilir.





Şekil 3.2. Batman ve çevresinin hidrografi haritası (Tonbul ve Sunkar, 2008).

Kaynağını Güneydoğu Toroslar'dan alan Dicle Nehri, sıcak dönemin başlangıcında kar erimeleri sonucunda yüksek debilidir. Bu durum özellikle Batman Çayı için daha belirgin bir özelliktir.

Batman İlinde göl bulunmamaktadır. Ancak akarsular üzerinde kurulmuş olan iki gölet mevcuttur. Bunlar: Gercüş-Kırkat Göleti; Dicle havzasında yer alan Gercüş İlçesi'nin 8 km kuzeybatısında akarsu yatağı üzerinde kurulu olup 348 ha alanı sulamaktadır. Diğeri ise Cefan (Garzan) göletidir. Bu gölet Cefan Deresi üzerinde ve Beşiri-Garzan karayolunun 1 km kadar güneyinde kurulmuştur. Gölet Garzan Çayı'nın sol sahilinde kuzey-güney doğrultusunda uzanan toplam 392 ha araziye sulamaktadır.

#### 4. SULARIN HİDROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

İnceleme alanındaki yeraltısularının hidrokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve kalite sınıflandırılmasının yapılabilmesi amacıyla, belirlenen noktalardan su örnekleri alınarak analizleri yaptırılmış ve sonuçlar aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.1 ve 4.2).

Çizelge 1.4’de verilen kuyu yerlerinin mahalle bazındaki tespitinde ve konsantrasyon dağılım haritalarının yorumlanmasında Foto 8’deki bilgiler kullanılmıştır.

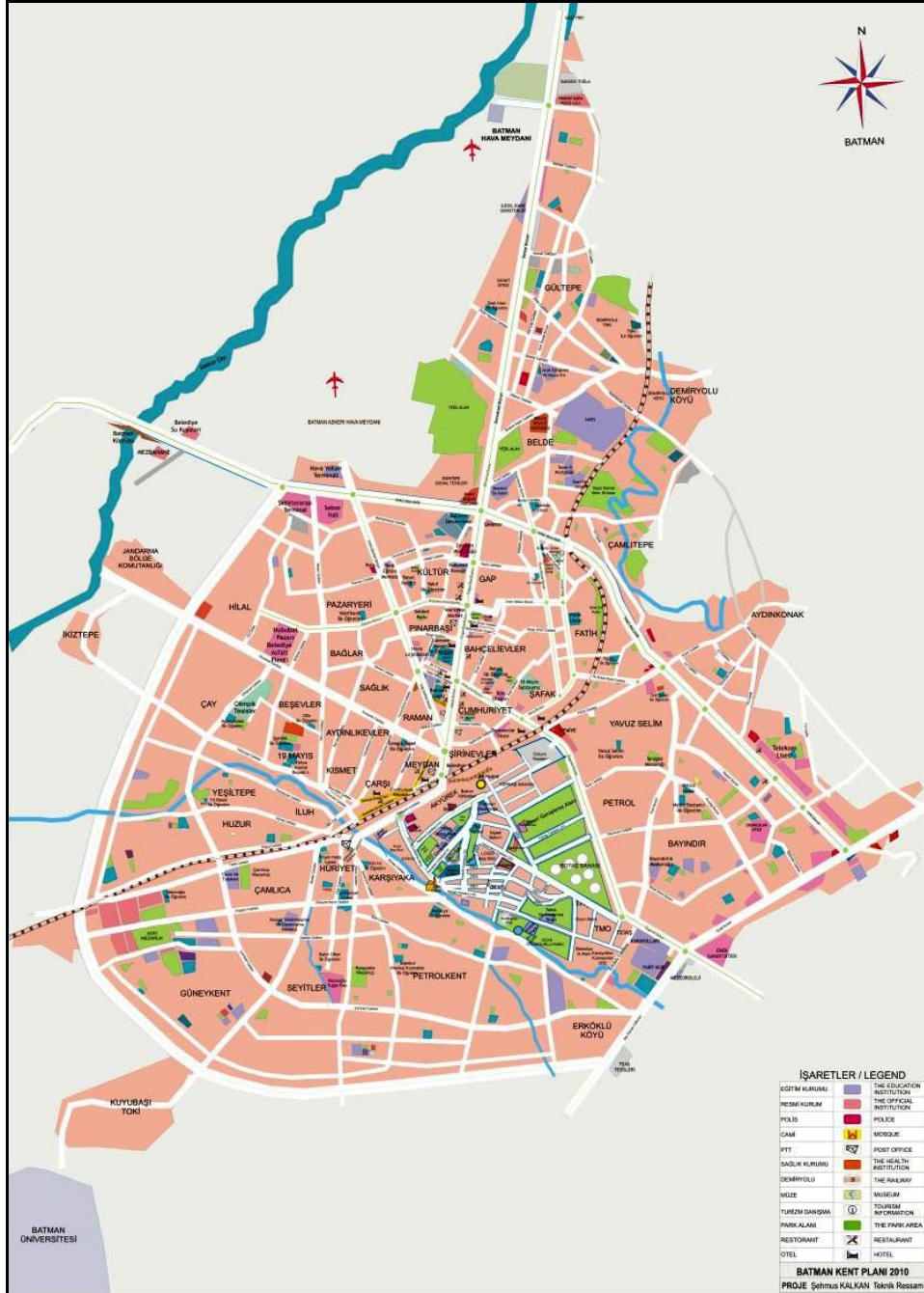


Foto 8. Batman il merkezindeki mahalleleri gösterir harita.

Çizelge 4.1. 2012 yılı yağışlı döneme ait fiziksel özellikler ile ana katyon ve anyon değerleri (mg/l).

Sıra No	Örnek No	X	Y	T (°C)	pH	Sertlik (Fr)	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>
1	4	4198534	684686	15,9	8	15,97	8,62	1,62	9,42	48,19	0,09	3,43	5,73	20,47	129,5
2	6	4197851	684200	16,6	8,08	11,89	5,95	1,55	6,05	37,49	0,05	3,71	1,92	17,55	150
3	11	4199523	687646	18,8	7,52	26,65	27,54	0,93	23,40	67,60	0,20	7,23	12,27	21,24	299
4	13	4197672	685782	16,8	7,93	20,57	15,85	1,05	16,77	54,32	0,10	5,88	13,11	16,69	228,5
5	15	4196999	685786	17,2	7,74	21,69	17,63	1,03	18,40	56,10	0,10	7,53	16,30	20,84	236
6	16	4196293	685669	17,8	7,49	34,52	26,24	1,17	32,14	84,52	0,13	29,29	40,58	27,23	307,5
7	17	4196270	684972	16,1	7,84	17,74	10,98	1,36	11,43	51,90	0,05	5,99	13,00	21,06	186
8	22	4195498	684376	16,9	7,69	36,51	34,67	1,88	32,26	92,27	0,12	37,48	44,57	43,36	279,5
9	27	4193422	686129	16,6	7,44	30,59	19,44	0,87	29,91	72,50	0,17	30,48	40,02	51,84	236,5
10	28	4196147	689207	9,8	7,71	29,81	24,05	0,00	26,55	74,97	0,16	8,32	22,44	29,93	309
11	29	4195377	689991	17,5	7,54	34,31	29,01	0,89	32,13	83,70	0,21	25,36	34,07	28,17	346,5
12	30	4194721	690711	15,8	7,71	19,41	20,75	1,12	18,05	47,54	0,17	5,04	10,55	5,27	252
13	34	4195295	688695	17,3	7,44	34,62	42,50	0,88	32,02	85,12	0,21	27,47	46,71	32,24	322,5
14	35	4194649	689614	18,5	7,5	26,11	23,90	1,17	16,36	77,19	0,17	18,27	46,55	16,65	241
15	36	4193434	689323	19,2	7,54	28,69	18,77	1,09	26,08	71,28	0,15	33,13	30,78	15,98	240
16	37	4194227	688881	17,3	7,47	29,14	33,97	0,95	25,28	74,43	0,19	18,36	35,63	23,96	302
17	38	4195526	688001	18,1	7,26	45,95	43,98	1,33	39,95	117,20	0,15	36,71	26,05	56,96	412
18	39	4194711	687092	17,8	7,37	39,94	49,75	0,00	36,31	99,24	0,19	73,00	14,63	68,96	293
19	40	4195826	686565	18,1	7,38	32,57	42,53	0,00	27,17	84,98	0,15	27,00	15,68	64,53	292,5
20	41	4193677	686855	16,7	7,42	41,97	31,63	1,10	38,14	104,30	0,13	25,43	50,42	61,05	330,5
21	42	4192778	687037	16,4	7,89	17,90	12,10	0,75	18,01	41,58	0,22	7,84	10,54	2,92	220
22	43	4195383	687119	17,3	7,46	36,30	43,93	0,00	32,43	91,16	0,16	21,36	7,71	56,51	354
23	44	4196962	687412	13,6	7,52	26,58	36,52	0,85	27,87	59,87	0,17	11,04	23,03	18,62	300,5
24	45	4195481	685921	17,7	7,31	35,84	39,99	1,30	29,86	93,59	0,15	23,85	25,41	58,17	317
25	46	4194944	685390	17,4	7,32	30,89	35,16	5,89	26,51	79,37	0,13	27,87	33,98	39,37	283,5
26	48	4194367	684883	16,6	7,23	37,25	20,57	0,99	34,94	90,78	0,13	41,96	76,99	22,40	264
27	49	4196489	688761	15,7	7,56	26,30	21,56	0,80	25,27	63,07	0,16	16,70	38,91	10,87	247,5
28	50	4197819	686423	16,1	7,72	26,86	37,53	0,96	28,81	59,42	0,19	13,63	35,03	15,48	293
29	51	4196719	686297	16,9	7,41	34,31	26,71	1,00	29,58	87,93	0,12	33,83	46,68	48,38	264,5
30	54	4196011	688098	8,1	7,63	21,04	18,27	0,66	18,44	53,41	0,27	15,10	14,36	12,10	226,5



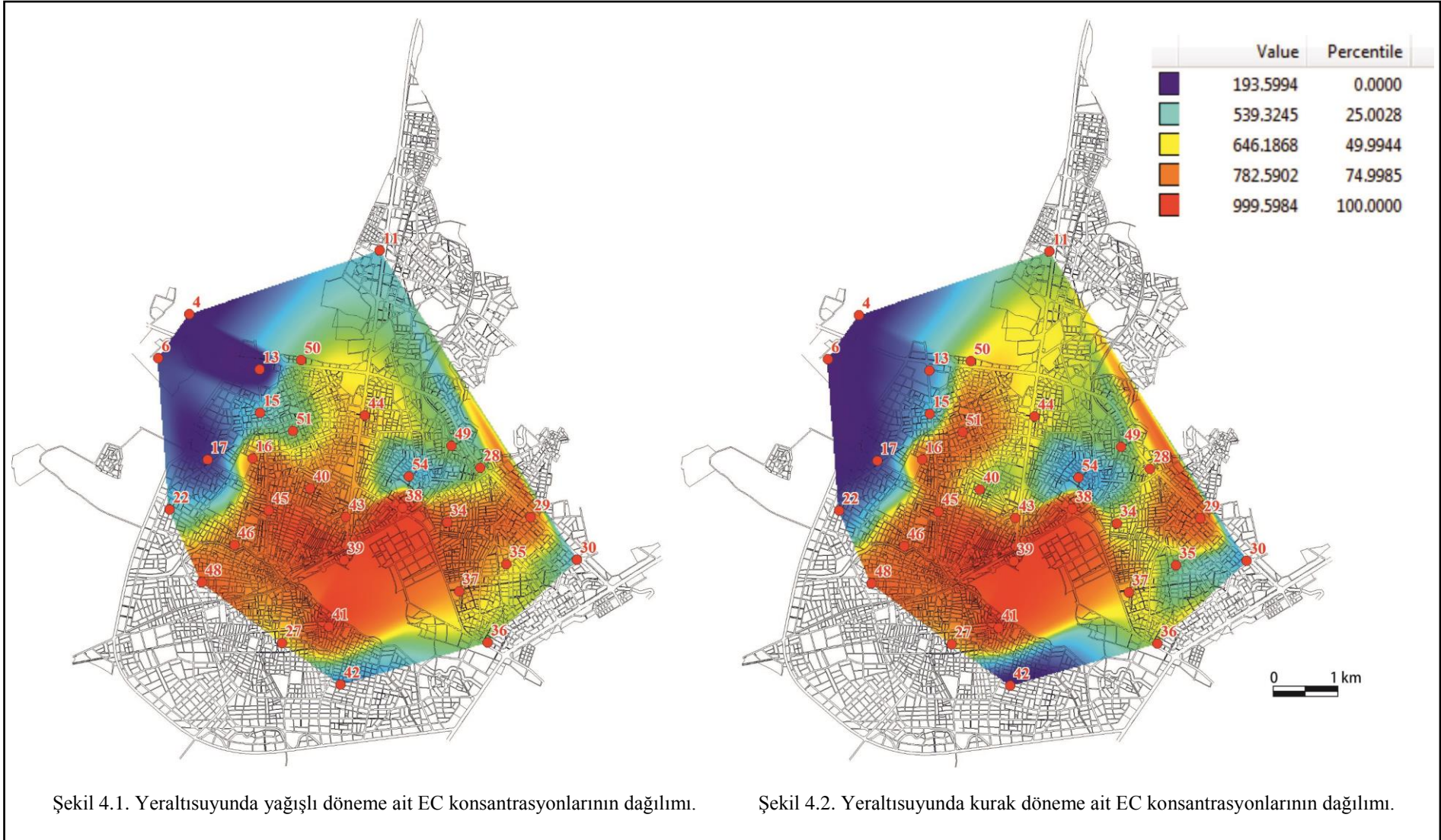
Çizelge 4.2. 2013 yılı kurak döneme ait fiziksel özellikler ile ana katyon ve anyon değerleri (mg/l).

Sıra No	Örnek No	X	Y	T (°C)	pH	Sertlik (Fr)	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>
1	4	4198534	684686	19,0	8	15,93	8,63	1,61	9,27	48,26	0,01	3,66	5,92	21,40	136,5
2	6	4197851	684200	19,4	8	15,50	7,98	2,07	8,24	48,28	0,18	3,30	5,16	20,12	147
3	11	4199523	687646	21,1	7,4	33,24	34,60	1,24	28,86	84,84	0,08	8,98	15,01	28,95	299,5
4	13	4197672	685782	20,6	7,8	27,53	21,57	1,35	22,28	72,98	0,01	8,38	18,73	22,08	225
5	15	4196999	685786	20,7	7,6	29,13	22,99	1,66	23,64	77,10	0,16	10,74	23,64	27,21	245,5
6	16	4196293	685669	21,3	7,4	40,23	32,41	1,41	37,10	99,09	0,04	32,57	52,80	34,56	274
7	17	4196270	684972	18,6	7,8	21,05	13,97	1,69	13,87	61,07	0,03	7,36	16,33	27,65	174,5
8	22	4195498	684376	19,7	7,7	22,85	15,31	1,70	15,03	66,35	0,05	9,96	17,30	27,57	182,5
9	27	4193422	686129	20,1	7,6	37,13	22,59	1,05	35,59	89,21	0,05	38,06	35,23	80,86	206,5
10	28	4196147	689207	27,7	7,4	36,58	29,67	0,68	32,19	92,66	0,03	10,41	27,44	37,51	297
11	29	4195377	689991	21,0	7,5	42,26	36,66	1,18	39,19	103,74	0,00	33,56	41,36	34,57	315,5
12	30	4194721	690711	25,0	7,7	25,64	28,10	1,63	23,63	63,17	0,09	6,97	15,11	7,12	245
13	34	4195295	688695	19,6	7,4	39,03	48,16	1,16	36,37	95,52	0,03	34,16	60,97	30,99	298
14	35	4194649	689614	20,9	7,5	31,10	29,89	1,39	19,62	91,68	0,06	19,20	51,84	21,60	235
15	36	4193434	689323	24,2	7,5	33,49	22,93	1,31	30,06	83,85	0,00	41,69	37,39	19,91	233
16	37	4194227	688881	26,2	7,4	35,53	40,71	1,09	30,27	91,65	0,03	21,49	44,73	30,98	288,5
17	38	4195526	688001	21,6	7,2	52,77	51,17	1,70	45,11	135,88	0,09	41,99	30,46	67,49	418,5
18	39	4194711	687092	21,2	7,4	48,00	60,85	0,00	42,89	120,53	0,07	92,13	17,52	86,36	294
19	40	4195826	686565	20,8	7,4	40,03	52,76	0,00	33,03	105,08	0,09	32,33	19,81	80,62	293
20	41	4193677	686855	20,8	7,4	47,69	36,07	1,27	43,06	118,99	0,05	31,44	61,65	69,85	316
21	42	4192778	687037	22,5	7,7	23,77	15,92	0,96	23,41	56,05	0,13	10,68	14,99	4,05	214
22	43	4195383	687119	21,0	7,5	41,49	51,11	0,73	35,64	106,55	0,03	27,33	9,37	60,31	353
23	44	4196962	687412	24,5	7,8	33,66	46,73	1,08	34,98	76,33	0,03	14,47	32,11	23,00	297,5
24	45	4195481	685921	20,4	7,4	41,94	6,72	1,50	34,69	109,95	0,06	27,86	28,97	68,57	319,5
25	46	4194944	685390	20,1	7,4	39,51	44,31	7,51	33,55	102,14	0,06	36,74	45,09	49,77	298,5
26	48	4194367	684883	20,3	7,4	44,98	26,09	1,75	42,02	109,90	0,05	48,12	89,35	31,47	269,5
27	49	4196489	688761	21,3	7,6	32,52	27,35	0,98	30,72	78,86	0,03	19,48	44,36	14,90	256,5
28	50	4197819	686423	20,9	7,6	32,92	47,51	1,21	34,90	73,51	0,03	14,16	42,49	16,33	294
29	51	4196719	686297	20,9	7,5	43,67	34,11	1,31	37,21	112,65	0,06	40,34	56,23	63,61	265
30	54	4196011	688098	19,7	7,6	28,00	25,28	0,88	24,41	71,33	0,03	21,67	18,77	15,75	224,5

#### 4.1. Suların Hidrokimyasal Bileşimleri ve Alansal Dağılımları

Doğal suların iyon içeriğinin %90'dan fazlasını oluşturan iyonlar ana iyonlar olarak adlandırılmaktadır. Ana iyonlar Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ve SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>'dir. Bunlara ilave olarak elektriksel iletkenlik (EC), sertlik (Fr) ve NO<sub>3</sub> değerlerine (Çizelge 4.1 ve 4.2) göre dönemsel olarak yayılım farklılıklarının belirlenebilmesi amacıyla alansal dağılımları MapInfo 10.0 programı yardımıyla yapılarak aşağıda değerlendirilmiştir:

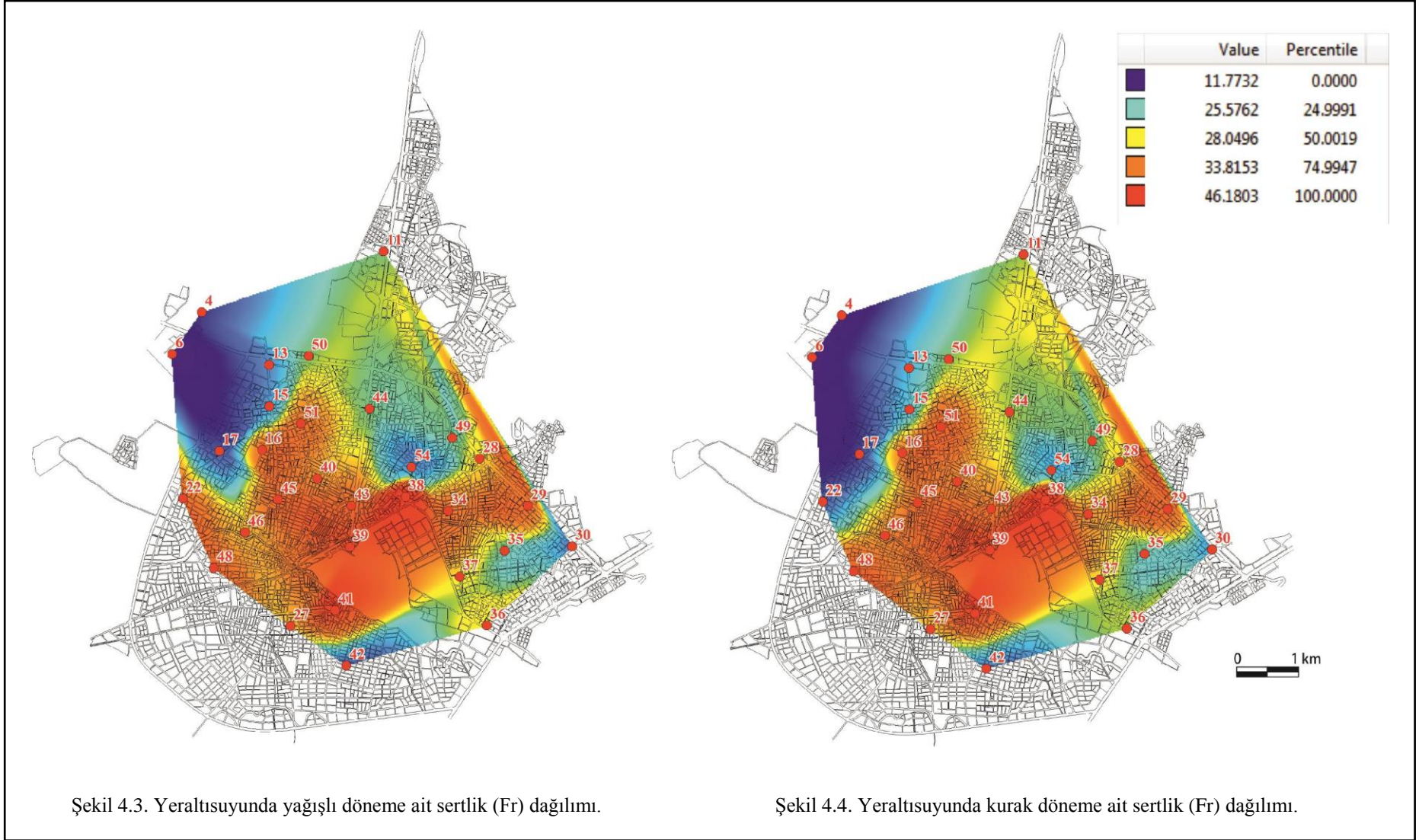
Elektriksel iletkenlik değerleri yağışlı sezonda 212 (4 nolu örnek) ile 986 µs/cm (38 nolu örnek) arasında, kurak sezonda ise 289 (6 nolu örnek) ile 965 µs/cm (39 nolu örnek) arasında değişmektedir. İnceleme alanında EC değerlerinde genellikle kurak sezonda artış gözlenmektedir. Yine yüksek EC değerlerine, yağışlı periyotta Kısmet, Çarşı, Meydan ve Şirinevler Mahallelerinde yüksek değerler tespit edilirken; kurak periyotta İluh, Kısmet, Çarşı, Meydan, Raman, Şirinevler, Şafak ve Akyürek Mahallelerini kapsayan daha geniş alanda bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 4.1 ve 4.2).



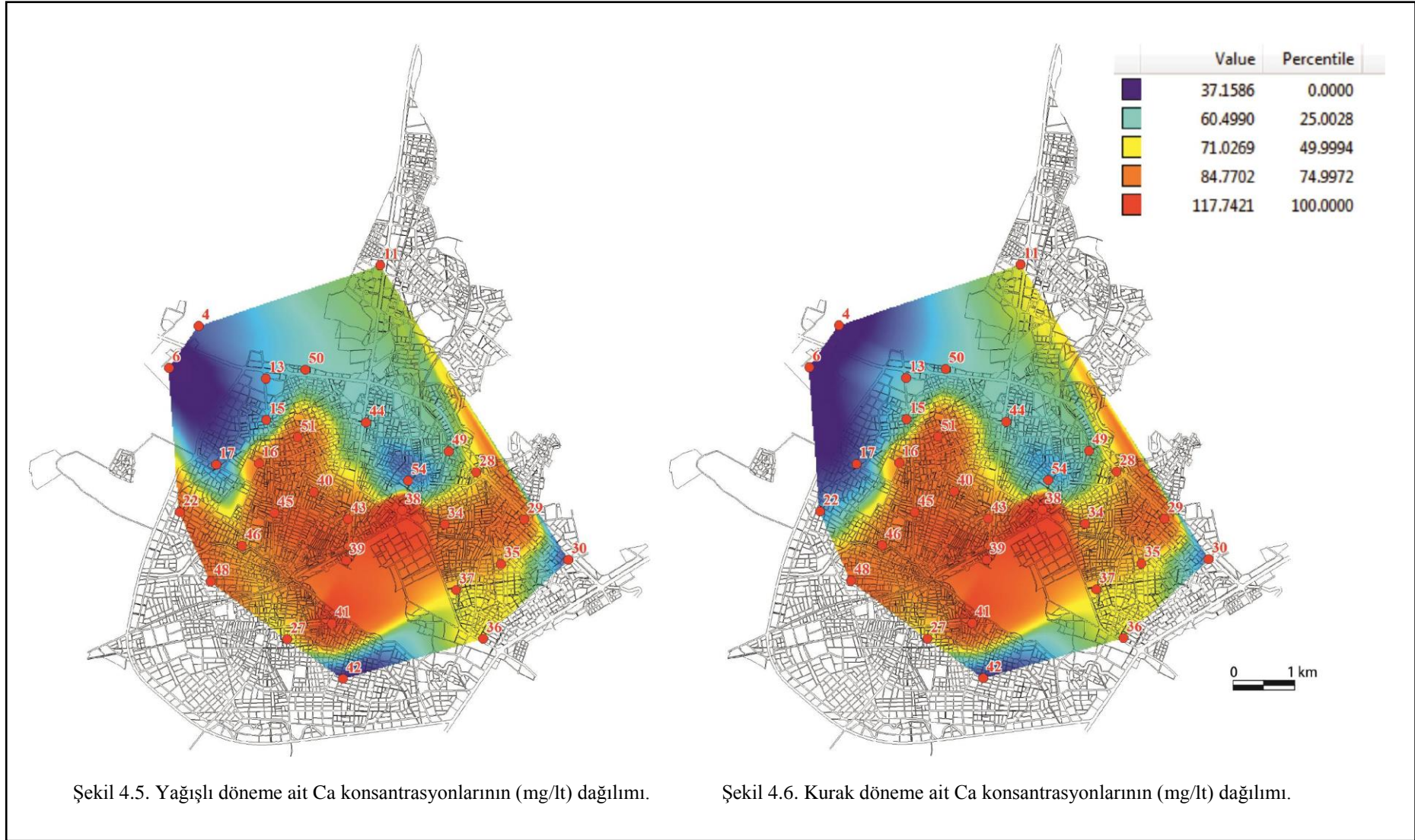
Fransız sertlik derecesine göre su örneklerinin sertlikleri 2012 yılı Aralık'ta 11,89 (6 nolu örnek) ile 45,95 (38 nolu örnek) arasında, 2013 yılı Ağustos'ta ise 15,50 (6 nolu örnek) ile 52,77 (38 nolu örnek) arasında olduğu belirlenmiştir. İki dönem kıyaslandığında genelinde kurak sezonda arttığı gözlenmiştir. Aralık 2012'deki analizlere göre 4, 6, 13, 15, 17, 30, 42 ve 54 nolu kuyuların suları, Ağustos 2013'deki analizlere göre de 4, 6, 17, 22 ve 42 nolu kuyuların suları Schoeller'e (1962) göre "devamlı içilebilen iyi kaliteli sular" sınıfındadır. Dönemlere göre diğer sular ise "devamlı içilebilen oldukça iyi kaliteli sular" sınıfına girmektedir. Sertlik değerleri yağışlı periyotta Pazaryeri, Bağlar, Aydınlikevler, Çarşı, Meydan ve Şirinevler Mahallelerinde en yüksek değerlere ulaşmaktadır. Kurak periyotta ise Şafak, Akyürek, Şirinevler, Meydan, Çarşı, Karşıyaka Mahallelerinde ve Petrolkent Mahallesinin Kuzey kesiminde en yüksek değerlere ulaşmaktadır (Şekil 4.3 ve 4.4).

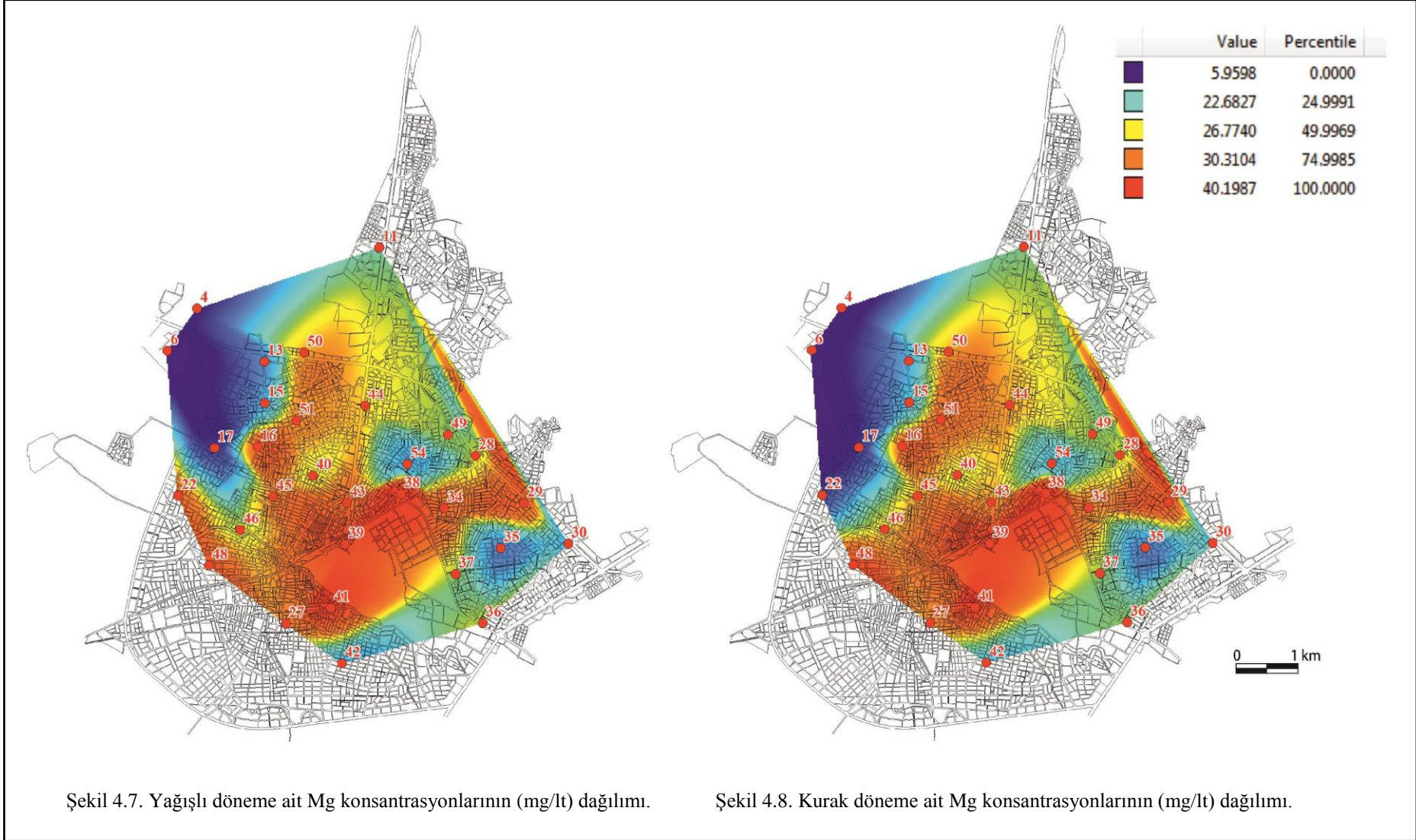
Kalsiyum (Ca) iyonu, 1. analiz döneminde 37,49 (6 nolu örnek) ile 117,20 mg/Lt (38 nolu örnek) arasında, 2. analiz döneminde ise 48,26 (4 nolu örnek) ile 135,88 mg/Lt (38 nolu örnek) arasında değişen konsantrasyonlara sahip olmuştur. Bu iki sezona ait değerler irdelendiğinde sadece 22 nolu su örneğinde (92,27 mg/Lt'den 66,35 mg/Lt'ye) değer azalışı belirlenmiştir. Diğer örneklerdeki değer artışlarında ise en fazla artış 51 nolu örnekte (87,93 mg/Lt'den 112,65 mg/Lt'ye) gerçekleşmiştir. Kalsiyum konsantrasyonunun inceleme alanındaki dağılımı her iki dönemde de benzerlik göstermekte ve en yüksek değerler Şafak, Akyürek, Meydan ve Çarşı Mahallelerinde görülmektedir (Şekil 4.5 ve 4.6).

Magnezyum (Mg) yağışlı dönemde 6,05 (6 nolu örnek) ile 39,95 mg/Lt (38 nolu örnek) arasında, kurak dönemde ise 8,24 (6 nolu örnek) ile 45,11 mg/Lt (38 nolu örnek) arasında ölçülmüştür. Yine Aralık 2012'den Ağustos 2013 dönemine kadar 28 örnekte konsantrasyon artışı normal düzeyde gerçekleşirken, 22 (32,26 mg/Lt'den 15,03 mg/Lt'ye) ve 4 (9,42 mg/Lt'den 9,27 mg/Lt'ye) nolu örneklerde düşüş gözlenmiştir. Magnezyum değerleri her iki dönemde de yaklaşık aynı dağılımı göstermekte ve en yüksek değerler Şafak, Yavuz Selim, Akyürek, Meydan, Çarşı, Karşıyaka, İluh, Huzur, Çamlıca Mahalleleri ile Petrolkent Mahallesinin kuzey kesimlerinde görülmektedir (Şekil 4.7 ve 4.8).









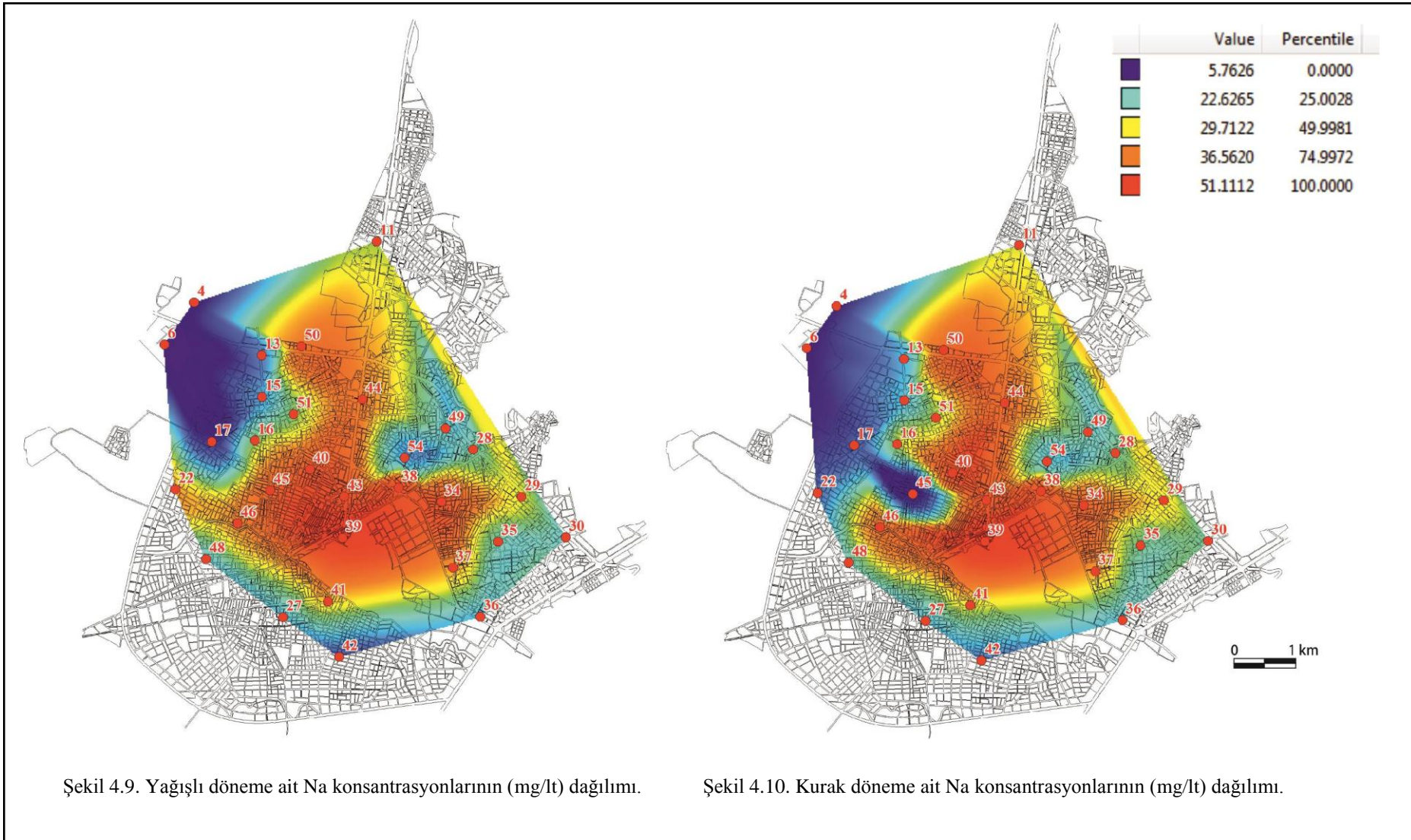
Sodyum (Na) analizi 2012 yılı Aralık'ta 5,95 (6 nolu örnek) ile 49,75 mg/lit (39 nolu örnek) arasında, 2013 yılı Ağustos'ta ise 6,72 (45 nolu örnek) ile 60,85 mg/lit (39 nolu örnek) arasında olduğu belirlenmiştir. Yine Aralık 2012'den Ağustos 2013 dönemine 28 örnekte konsantrasyon artışı normal düzeyde gerçekleşirken, 22 (34,67 mg/lit'den 15,31 mg/lit'e) ve 45 (39,99 mg/lit'den 6,72 mg/lit'ye) nolu örneklerde düşüş gözlenmiştir. Sodyum konsantrasyonu yağışlı periyotta 19 Mayıs, Beşevler, Bağlar, Sağlık, Raman, Aydınlikevler, Kısmet, Çarşı, Meydan, Şirinevler, Yavuz Selim ve Petrol Mahallelerinde yoğunlaşırken; kurak periyotta Bağlar, Kültür, Gap, Pınarbaşı, Sağlık, Raman, Cumhuriyet, Yavuz Selim, Akyürek, Şirinevler, Meydan ve Çarşı Mahallelerinde konsantrasyon yoğunluğu görülmektedir (Şekil 4.9 ve 4.10).

Potasyum (K) yağışlı dönemde 0 mg/lit (28, 39 ve 40 nolu örnekler) ile 5,89 (46 nolu örnek) arasında, kurak dönemde ise 0 mg/lit (39 ve 40 nolu örnekler) ile 7,51 (46 nolu örnek) arasında ölçülmüştür. Yine Aralık 2012'den Ağustos 2013 dönemine 28 örnekte konsantrasyon artışı normal düzeyde gerçekleşirken, 4 ve 22 nolu örneklerde düşüş gözlenmiştir. K değerleri her iki dönemde de aynı dağılımı vermekte olup Hürriyet, İluh ve Çamlıca Mahallelerinden başlayıp şehrin kuzeybatı istikametine doğru yoğunlaşmaktadır (Şekil 4.11 ve 4.12).

Klorür (Cl) içeriği ilk analiz döneminde 3,43 (4 nolu örnek) ile 73 mg/lit (39 nolu örnek) arasında, ikinci dönemde ise 3,30 (6 nolu örnek) ile 92,13 mg/lit (39 nolu örnek) arasında değişim göstermektedir. İki dönem arasında klorür konsantrasyonunda 28 örnekte artış ve iki örnekte de azalmıştır. Bunlardan 22 nolu örnekte (37,48 mg/lit'den 9,96 mg/lit'ye) düşüş, 39 nolu kuyuda (73 mg/lit'den 92,13 mg/lit'ye) klorür miktarında artış olmuştur. İki dönemde de aynı dağılımı gösteren Cl Çarşı, Meydan ve Akyürek Mahalleleri civarında yoğun konsantrasyon göstermektedir (Şekil 4.13 ve 4.14).

Sülfat (SO<sub>4</sub>) yağışlı sezon analizlerinde 2,92 (42 nolu örnek) ile 68,96 mg/lit (39 nolu örnek) arasında, kurak sezonda ise 4,05 (42 nolu örnek) ile 86,36 mg/lit (39 nolu örnek) arasında ölçülmüştür. SO<sub>4</sub> konsantrasyonunun Ağustos ayında yapılan analizlerde Aralık ayına göre 28 örnekte daha fazla olduğu, buna karşılık 22 ve 34 nolu örneklerde ise azalma olduğu belirlenmiştir. İki örnekleme döneminde de aynı konsantrasyon dağılımı gösteren SO<sub>4</sub>, Akyürek Mahallesi ve çevresindeki yeraltısuyunda en yüksek değerlere ulaşmaktadır (Şekil 4.15 ve 4.16).

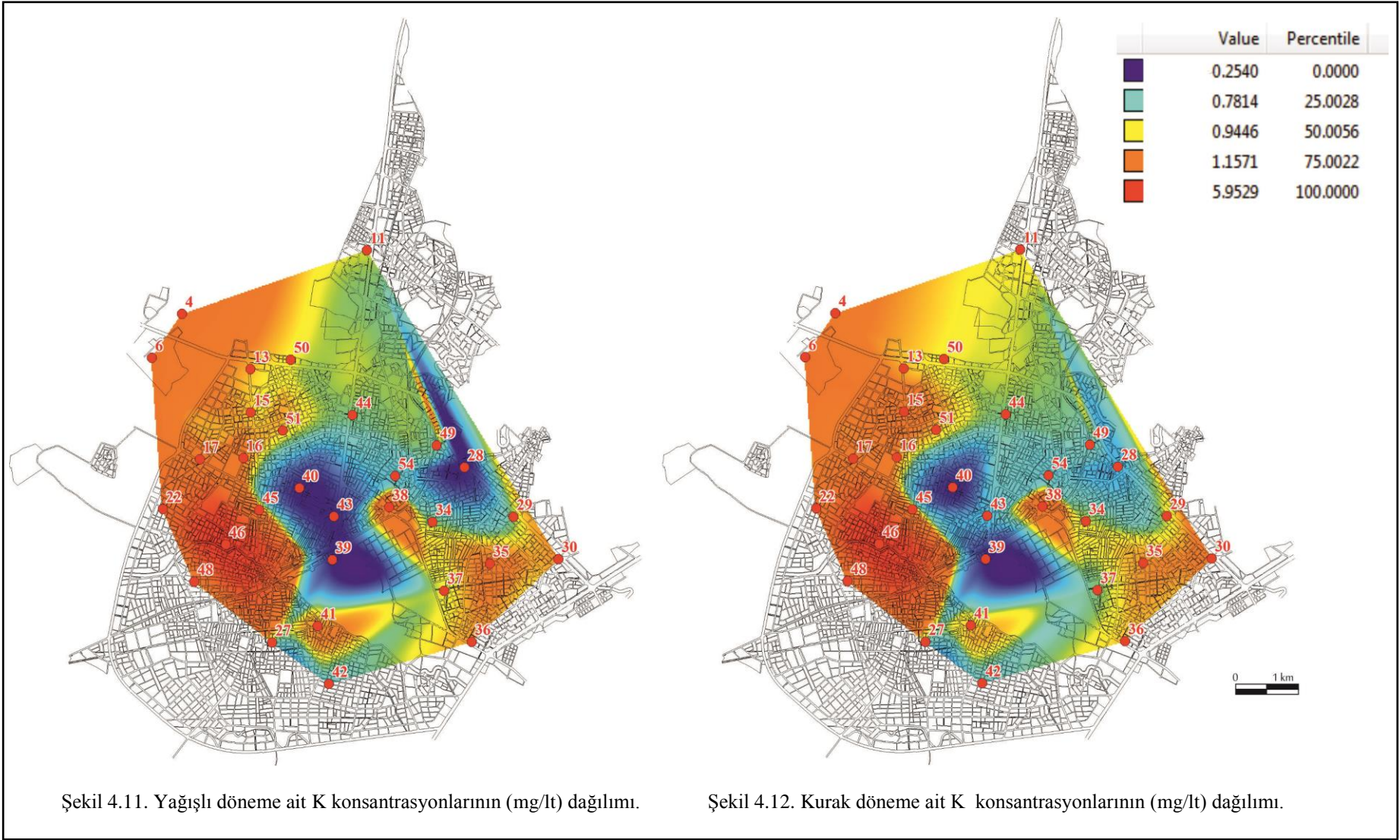


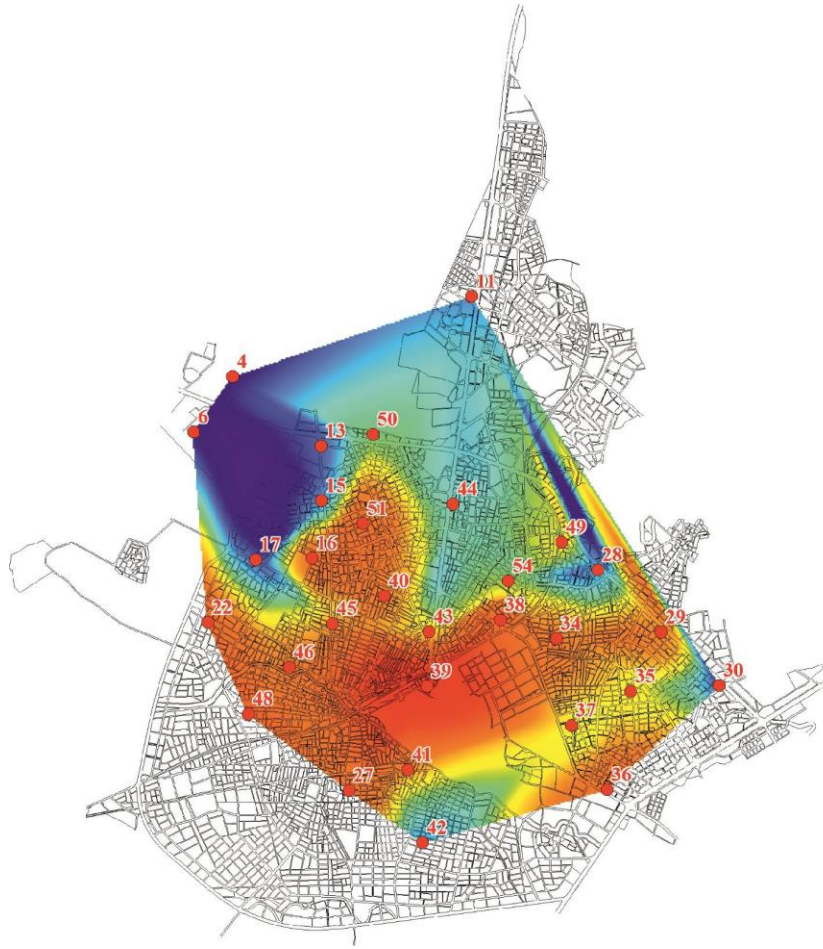


Şekil 4.9. Yağışlı döneme ait Na konsantrasyonlarının (mg/lt) dağılımı.

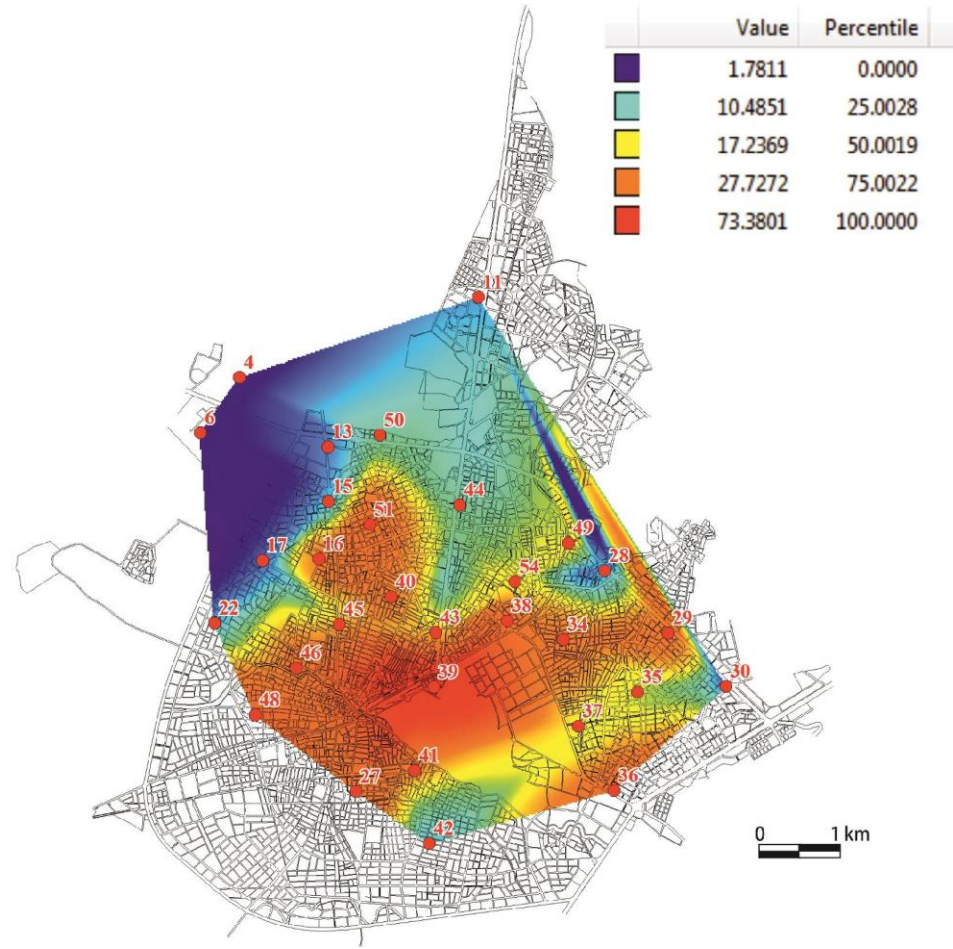
Şekil 4.10. Kurak döneme ait Na konsantrasyonlarının (mg/lt) dağılımı.





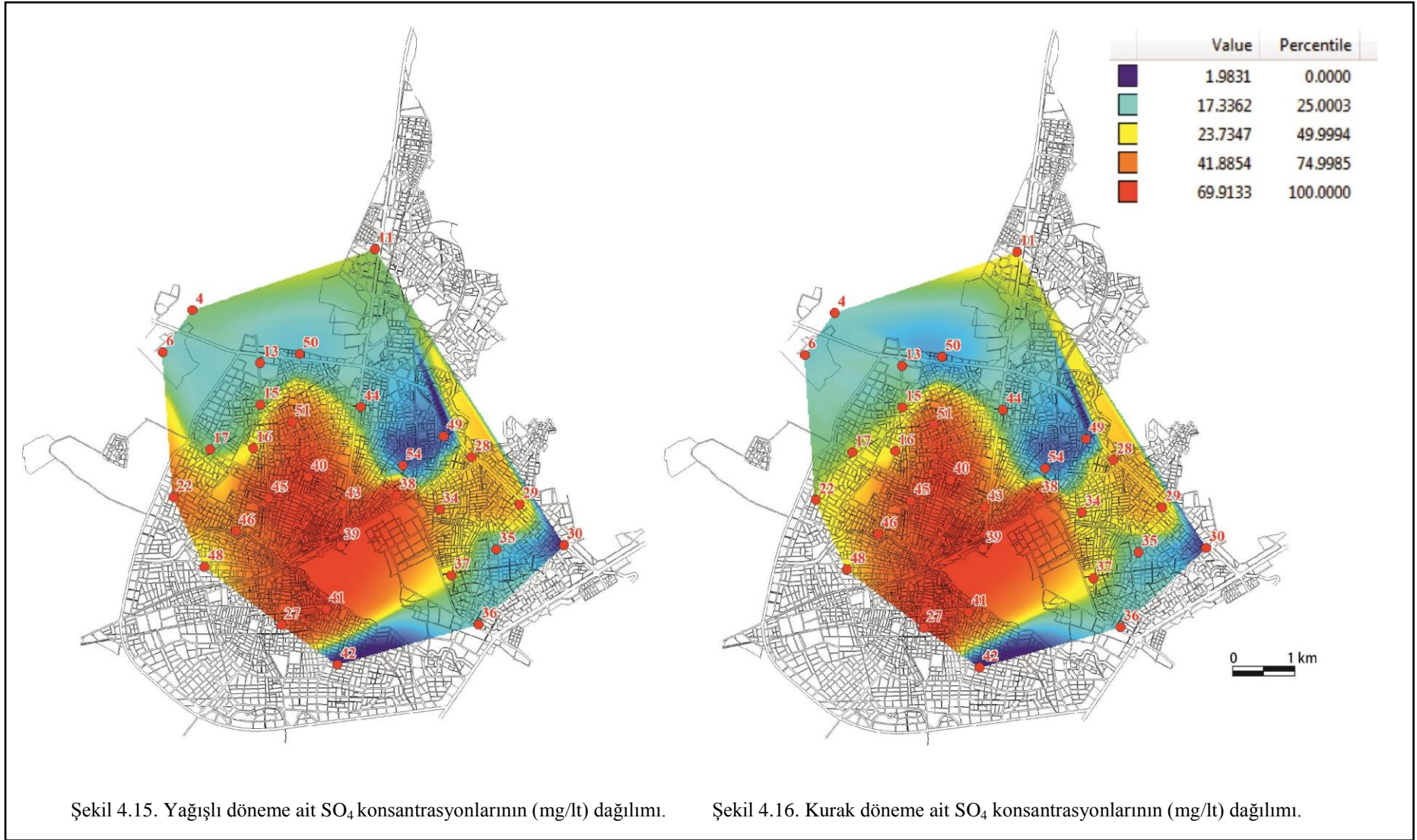


Şekil 4.13. Yağışlı döneme ait CI konsantrasyonlarının (mg/l<sub>t</sub>) dağılımı.



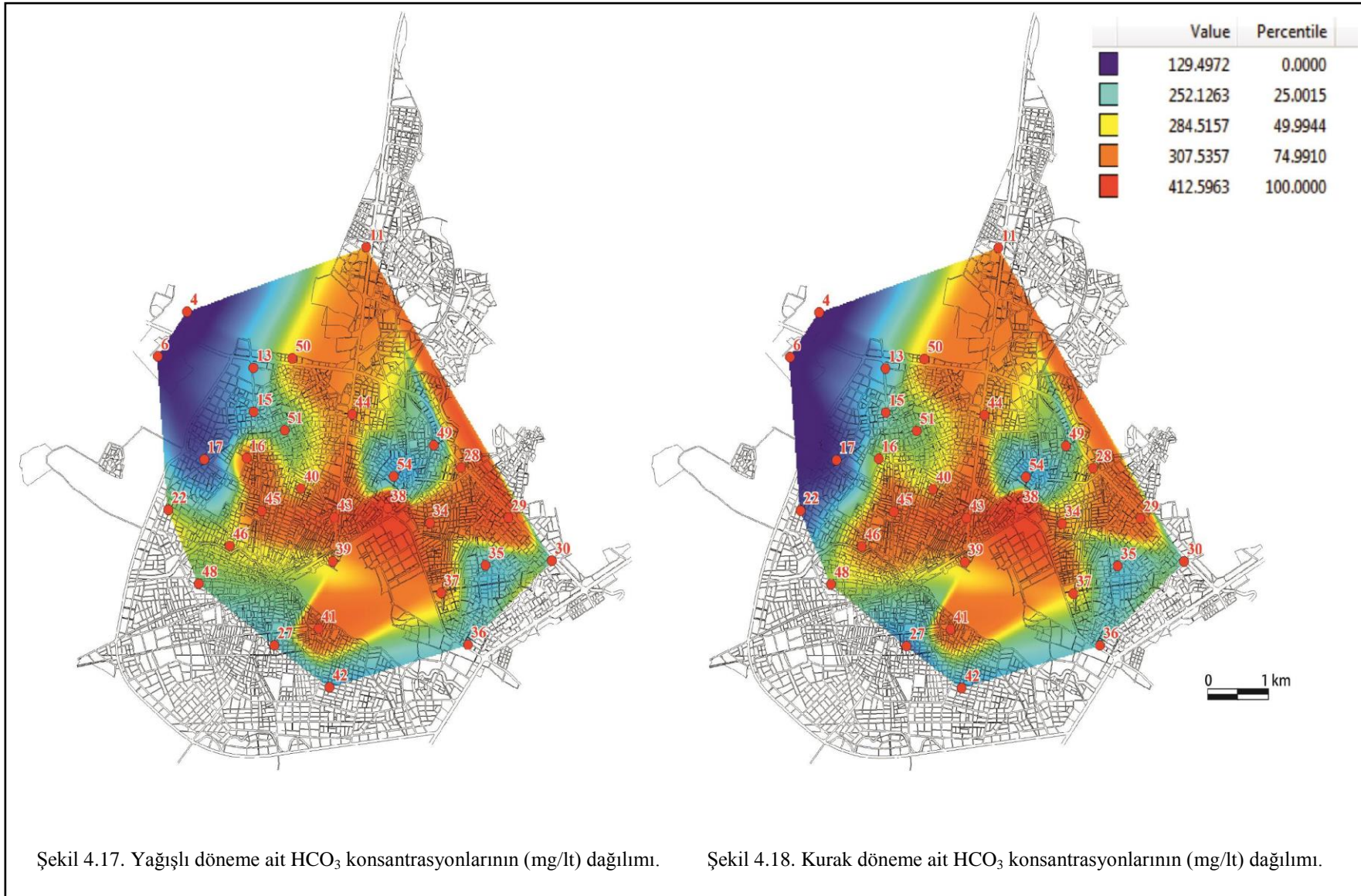
Şekil 4.14. Kurak döneme ait CI konsantrasyonlarının (mg/l<sub>t</sub>) dağılımı.



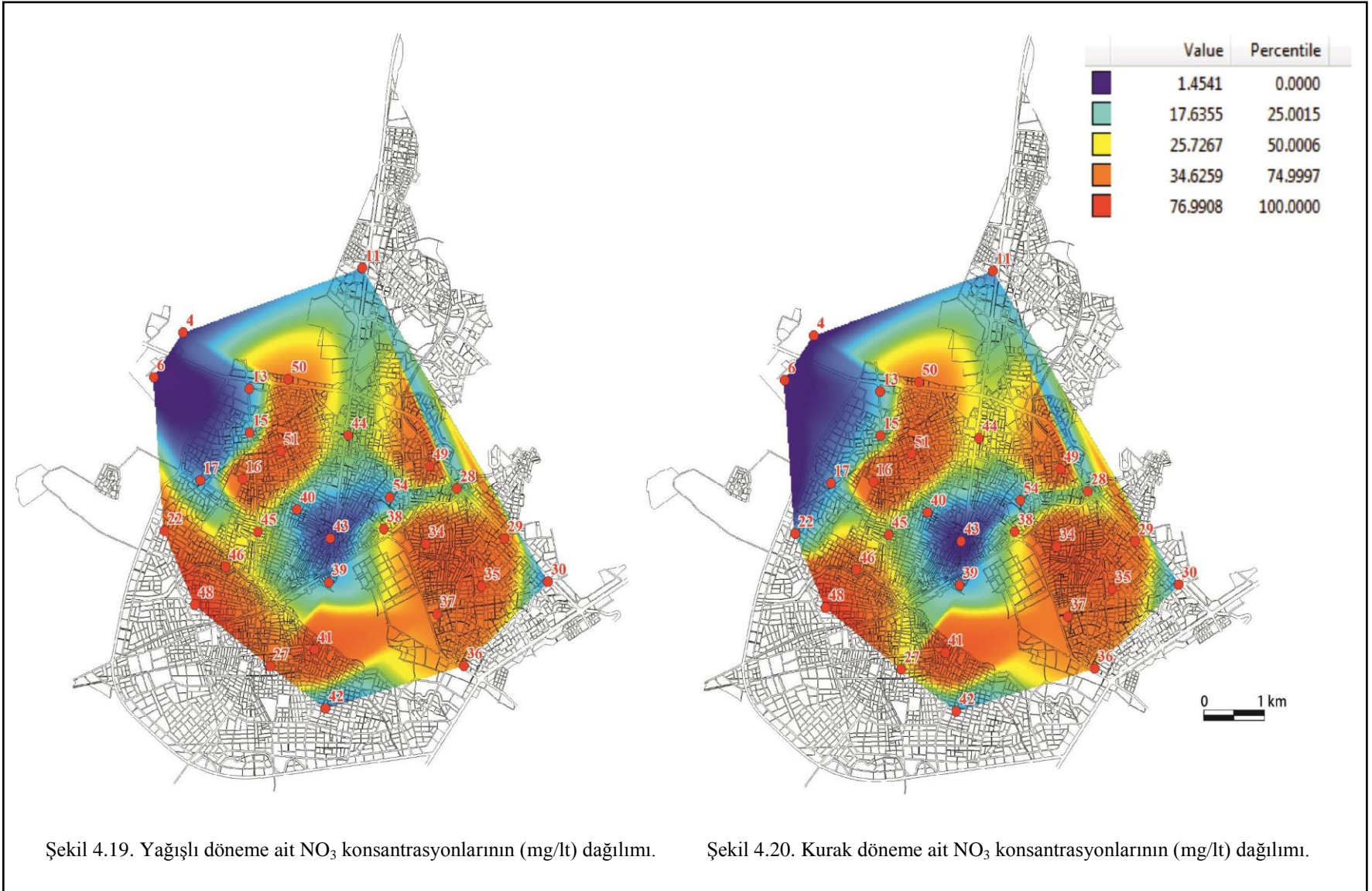


Bikarbonat ( $\text{HCO}_3$ ) iyon konsantrasyonu yağışlı periyotta 19 Mayıs, İluh, Kısmet, Çarşı, Meydan, Şirinevler, Cumhuriyet, Petrol, Yavuz Selim ve Çamlıtepe Mahallelerinde yoğunlaşırken; kurak periyotta ise 19 Mayıs, İluh, Kısmet, Çarşı, Meydan, Şirinevler, Cumhuriyet, Belde ve Çamlıtepe Mahallelerinde konsantrasyon yoğunluğu görülmektedir (Şekil 4.17 ve 4.18).

Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) iyonu, 1. analiz döneminde 1,92 (6 nolu örnek) ile 76,99 mg/lt (48 nolu örnek) arasında, 2. analiz döneminde ise 5,16 (6 nolu örnek) ile 89,35 mg/lt (48 nolu örnek) arasında değişen konsantrasyonlara sahiptir. Bu iki sezona ait değerler irdelendiğinde sadece 22 ve 27 nolu su örneklerinde değer azalışı belirlenmiştir. Diğer örneklerdeki değer artışlarında ise en fazla artış 34 nolu örnekte (46,71 mg/lt'den 60,97 mg/lt'ye) gerçekleşmiştir. Çarşı Mahallesi ve yakın çevresinde en düşük değerlere sahip olan  $\text{NO}_3$ ; Huzur, Yeşiltepe, Bağlar, Pazaryeri, Petrol, Bayındır Mahalleleri ve Petrolkent Mahallesi kuzey kesiminde en yüksek değerlere ulaşmaktadır (Şekil 4.19 ve 4.20).





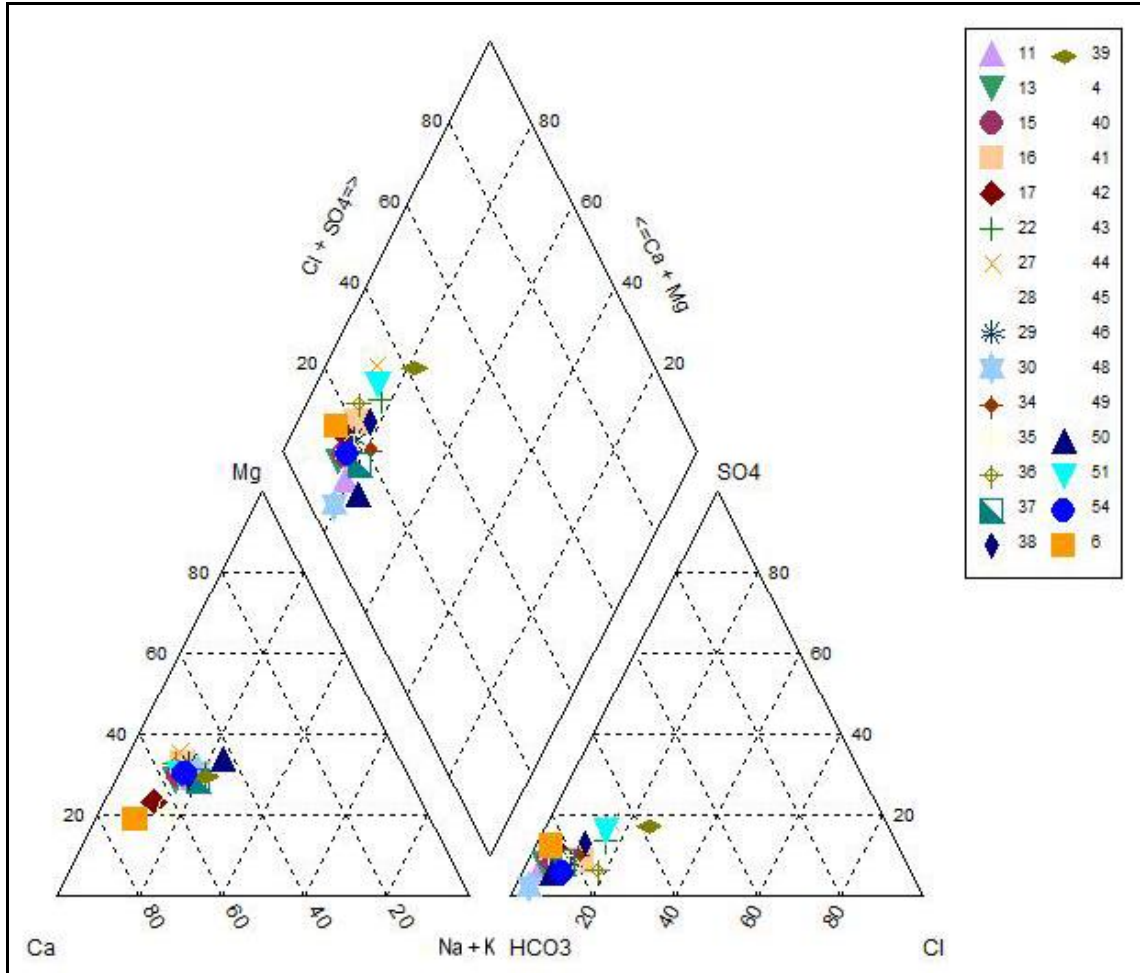


## 4.2. Su Kalitesi Sınıflamaları

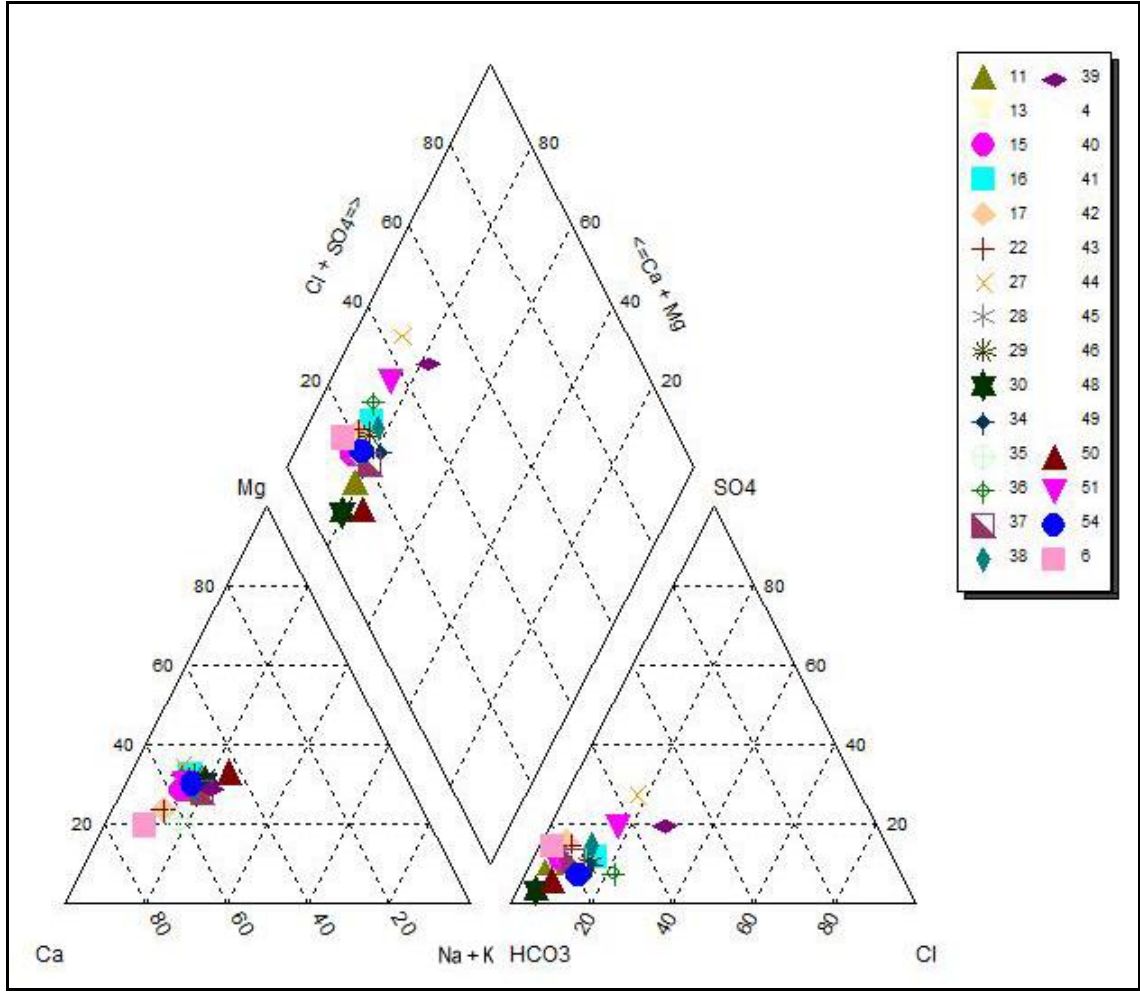
Çalışma alanındaki suların kalite sınıflamasını yapabilmek için örneklerin analiz sonuçları AquaChem 2014.1 programı yardımıyla aşağıdaki diyagramlar hazırlanarak değerlendirilmiştir.

### 4.2.1. Piper diyagramı

Piper (1944) diyagramında iyonların % miliekivelen değerleri katyon ve anyon üçgenlerine işaretlenir. Katyon ve anyon noktaları eş kenar dörtgene taşınarak suyun sınıfı belirlenir. İnceleme alanındaki su numunelerinin anyon ve katyonlarına ait % miliekivelen değerleri yardımı ile her iki döneme ait Piper diyagramı çizilmiştir (Şekil 4.21 ve 4.22).



Şekil 4.21. 2012 yılı yağışlı döneme ait Piper diyagramı.



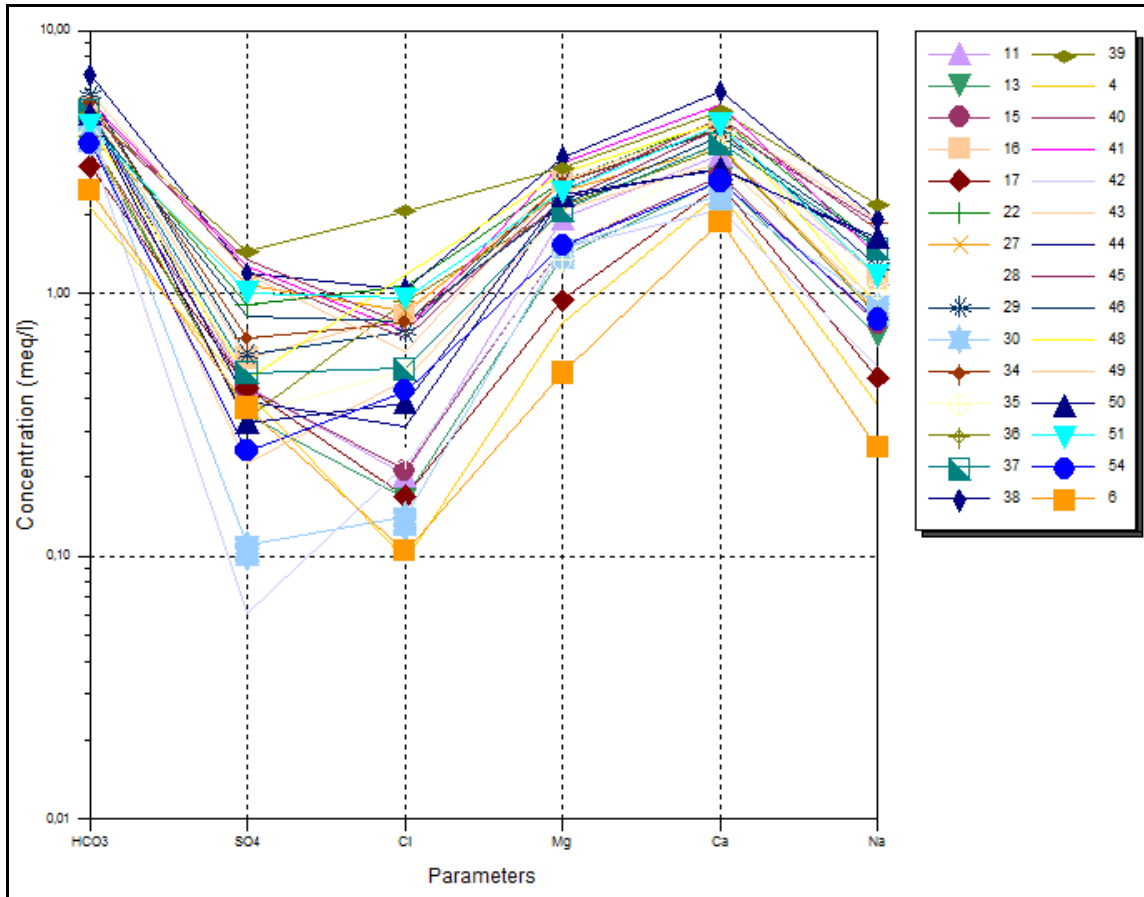
Şekil 4.22. 2013 yılı kurak döneme ait Piper diyagramı.

Her iki döneme ait diyagramda da örnekler benzer dağılıma sahip olup numunelerin tamamına yakını 1., 3. ve 5. bölgeye düşmektedir (Şekil 4.21 ve 4.22). Buna göre çalışma alanındaki sular;  $Ca+Mg > Na+K$  karbonatlı ve sülfatlı sular,  $HCO_3+CO_3 > Cl+SO_4$  (zayıf asit kökleri > güçlü asit kökleri) ve karbonat sertliği > karbonat olmayan sertliğe sahip su sınıfındadır. Böyle sular  $CaCO_3$  ve  $MgCO_3$ 'lü sular olup karbonat sertliği ise % 50'den fazladır.

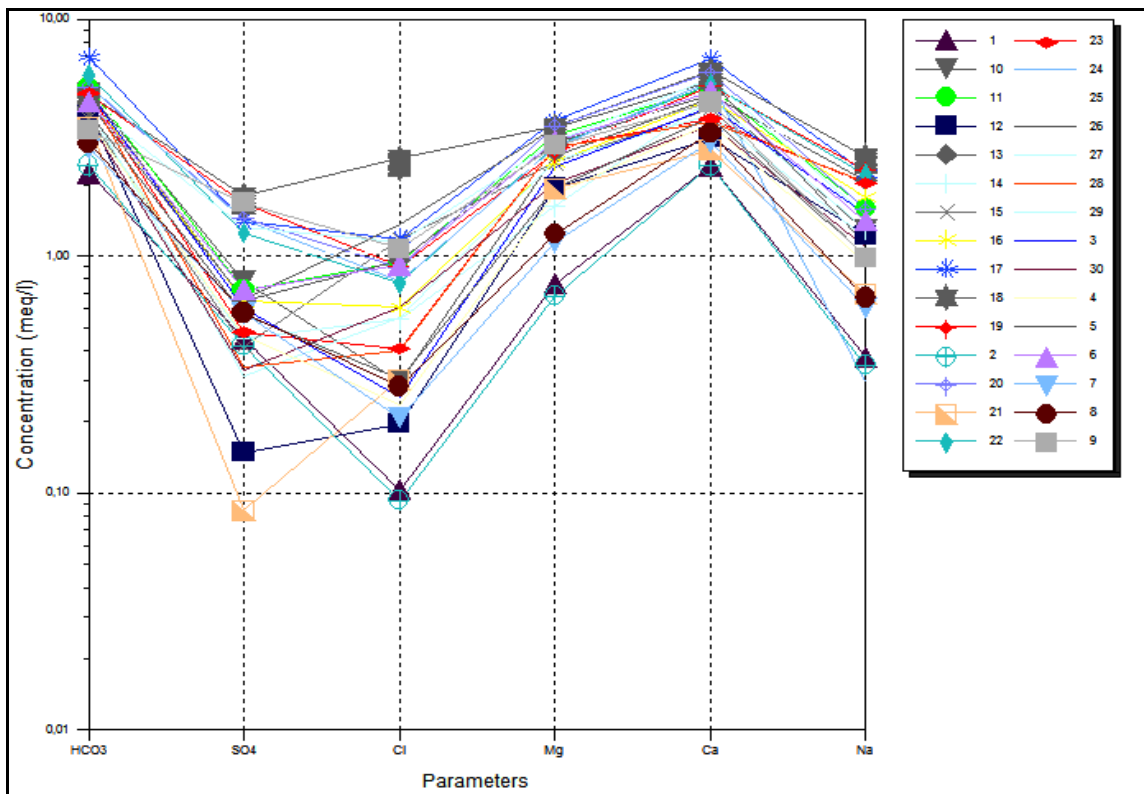
#### 4.2.2. Schoeller diyagramı

Schoeller (1962) diyagramında düşey eksen de iyonların litredeki miliekiveler değerleri logaritmik olarak, yatay eksen de sırasıyla iyonların  $rHCO_3$ ,  $rSO_4$ ,  $rCl$ ,  $rMg$ ,  $rCa$  ve  $rNa$  değerleri aritmetik olarak işaretlenir. İnceleme alanında örnekleme yapılan yeraltısuyunun kökensel ilişkisini belirleyebilmek amacıyla her iki döneme ait Schoeller diyagramı aşağıda verilmiştir (Şekil 4.23 ve 4.24).





Şekil 4.23. 2012 yılı yağışlı döneme ait Schoeller diyagramı.



Şekil 4.24. 2013 yılı kurak döneme ait Schoeller diyagramı.

Yağışlı ve kurak dönemlerde yapılan analiz sonuçlarına göre Schoeller diyagramında dönemsel iyon aralıklarının neredeyse hiç değişmediği görülmektedir (Şekil 4.23 ve 4.24). Buna göre, suların aynı kökenden beslendiği fakat ve yağmur sularının yeraltısularına karışması esnasında bölgedeki kayalarla kimyasal reaksiyona girerek az da olsa bünyesine iyon kattığı görülmektedir. Schoeller diyagramında elde edilen grafiklere göre suların dönemsel olarak tipleri Çizelge 4.3 verilmiştir. Buradan yağışlı döneme göre kurak dönemde 6, 11, 27 ve 30 nolu kuyularda su tiplerinin değiştiği görülmektedir.

Çizelge 4.3. Örneklerin dönemlere göre su tipleri.

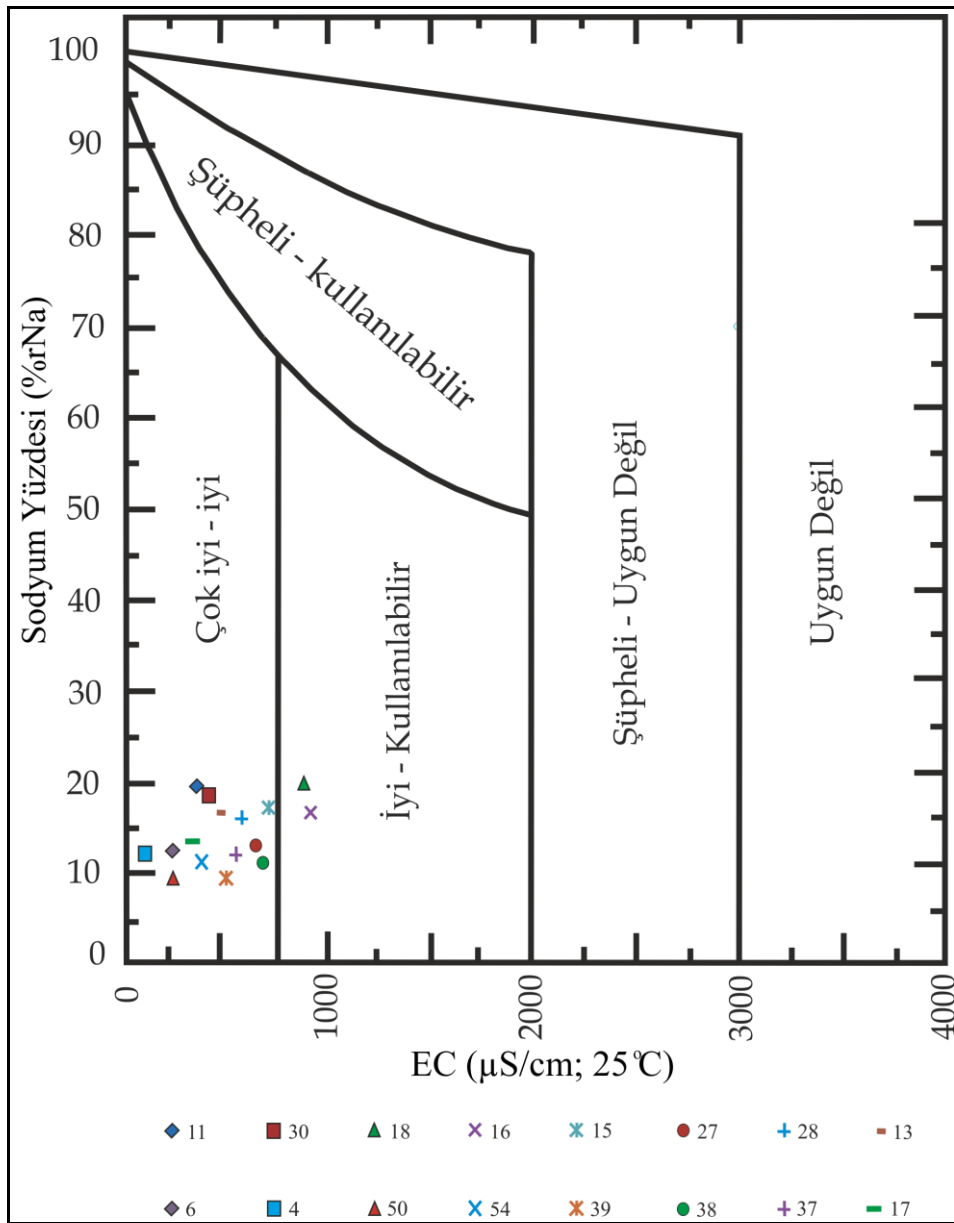
Sıra No	Örnek No	Örnek Türü	Yağışlı Periyod	Kurak Periyod
			Su Tipi	Su Tipi
1	4	Yeraltısuyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
2	6	Yeraltısuyu	Ca-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
3	11	Yeraltısuyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub>
4	13	Yeraltısuyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
5	15	Yeraltısuyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
6	16	Yeraltısuyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
7	17	Yeraltısuyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
8	22	Yeraltısuyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
9	27	Yeraltısuyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub>
10	28	Yeraltısuyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
11	29	Yeraltısuyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
12	30	Yeraltısuyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub>
13	34	Yeraltısuyu	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub>
14	35	Yeraltısuyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
15	36	Yeraltısuyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
16	37	Yeraltısuyu	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub>
17	38	Yeraltısuyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
18	39	Yeraltısuyu	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub> -Cl	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub> -Cl
19	40	Yeraltısuyu	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub>
20	41	Yeraltısuyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
21	42	Yeraltısuyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
22	43	Yeraltısuyu	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub>
23	44	Yeraltısuyu	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub>
24	45	Yeraltısuyu	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
25	46	Yeraltısuyu	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub>
26	48	Yeraltısuyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
27	49	Yeraltısuyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
28	50	Yeraltısuyu	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub>
29	51	Yeraltısuyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
30	54	Yeraltısuyu	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>

### 4.2.3. Wilcox diyagramı

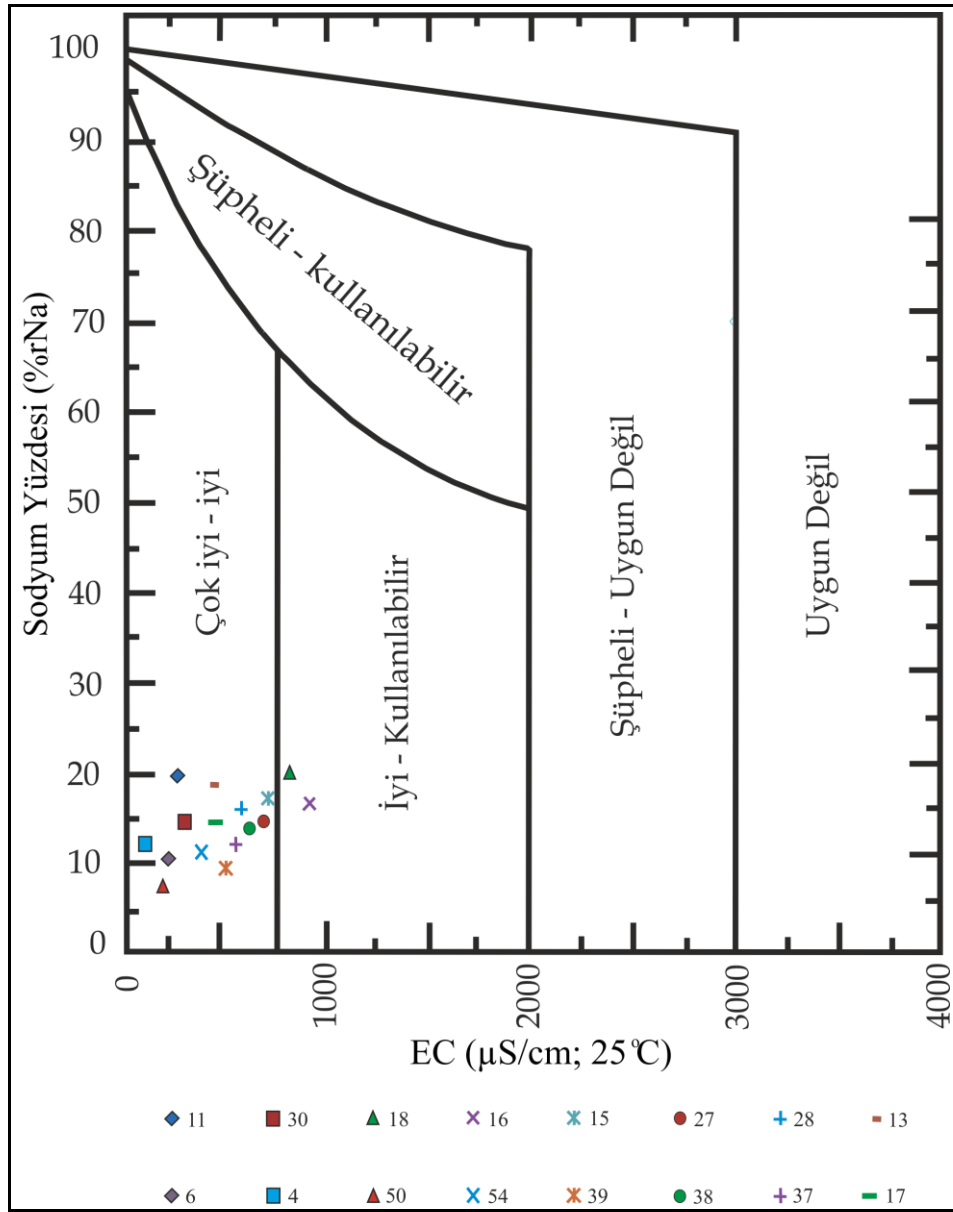
Wilcox (1955) diyagramıyla suların sulama amaçlı kullanımının uygun olup olmadıkları belirlenmektedir. Bunun için suların elektriksel iletkenlik (EC) ve %rNa değerleri bu diyagram üzerine düşürülüp yorumlanmaktadır. %rNa değerleri aşağıda verilen formülle hesaplanmıştır;

$$\%rNa = [(rNa+rK)/(rCa+rMg+rNa+rK)] \times 100$$

Tüm su örneklerine ait analizlerin Wilcox diyagramındaki dağılımlarına göre sulama suyu bakımından değerlendirildiğinde; çok iyi-iyi ve iyi kullanılabilir durumda olduğu görülmektedir (Şekil 4.25 ve 4.26).



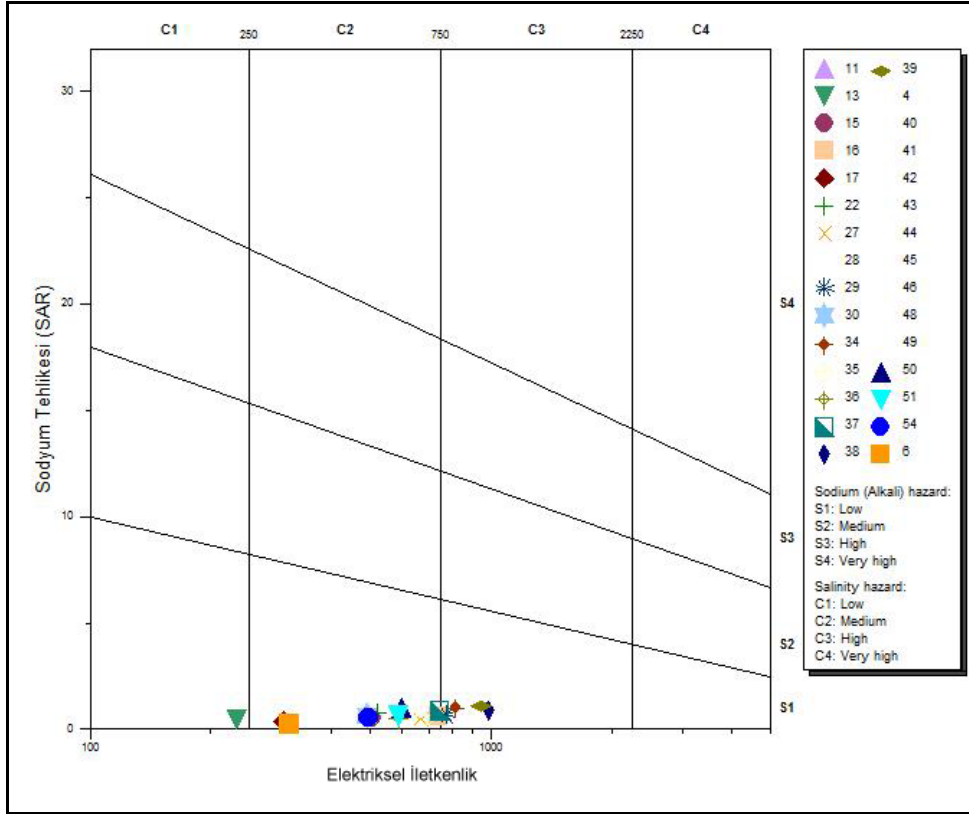
Şekil 4.25. 2012 yılı yağışlı döneme ait Wilcox diyagramı.



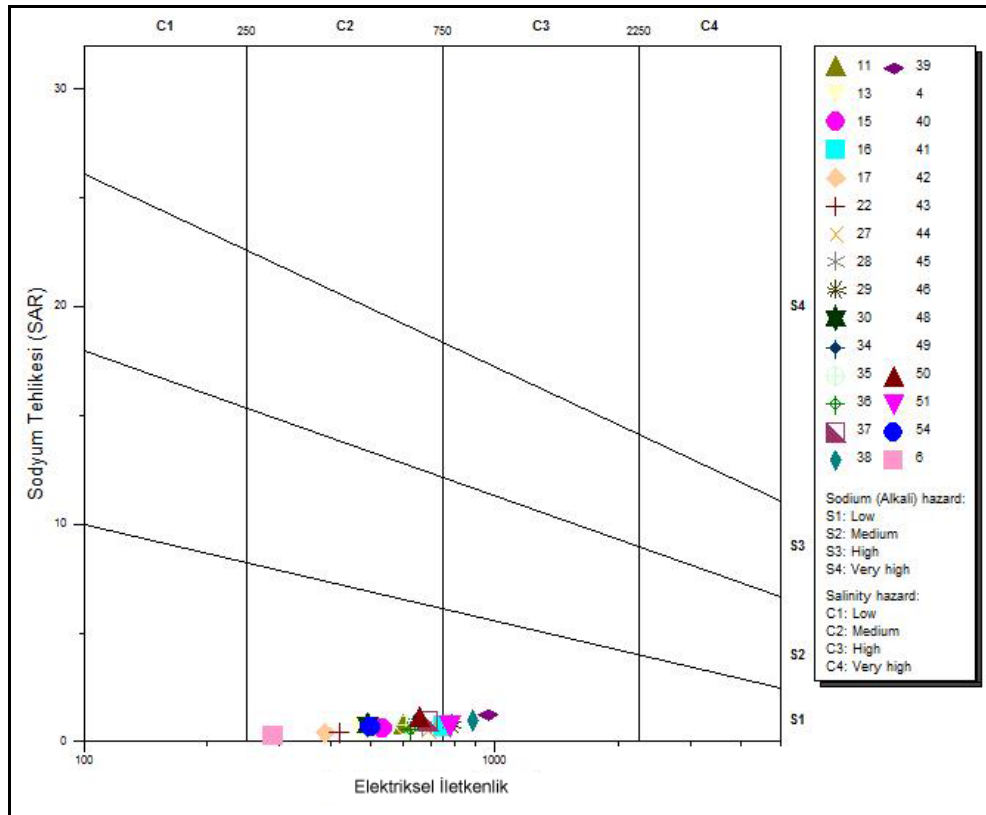
Şekil 4.26. 2013 yılı kurak döneme ait Wilcox diyagramı.

#### 4.2.4. ABD tuzluluk diyagramı

Sulama sularının sınıflandırılmasında yararlanılan ABD tuzluluk diyagramı (Richards, 1954) örneklenen suyun 25 °C'deki elektriksel iletkenlik (EC;  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) ve sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) kullanılır. İnceleme alanındaki su örneklerinde yağışlı ve kurak döneme ait ABD tuzluluk diyagramları şekil 4.27 ve 4.28'de verilmiştir.



Şekil 4.27. 2012 yılı yağışlı döneme ait ABD tuzluluk diyagramı.

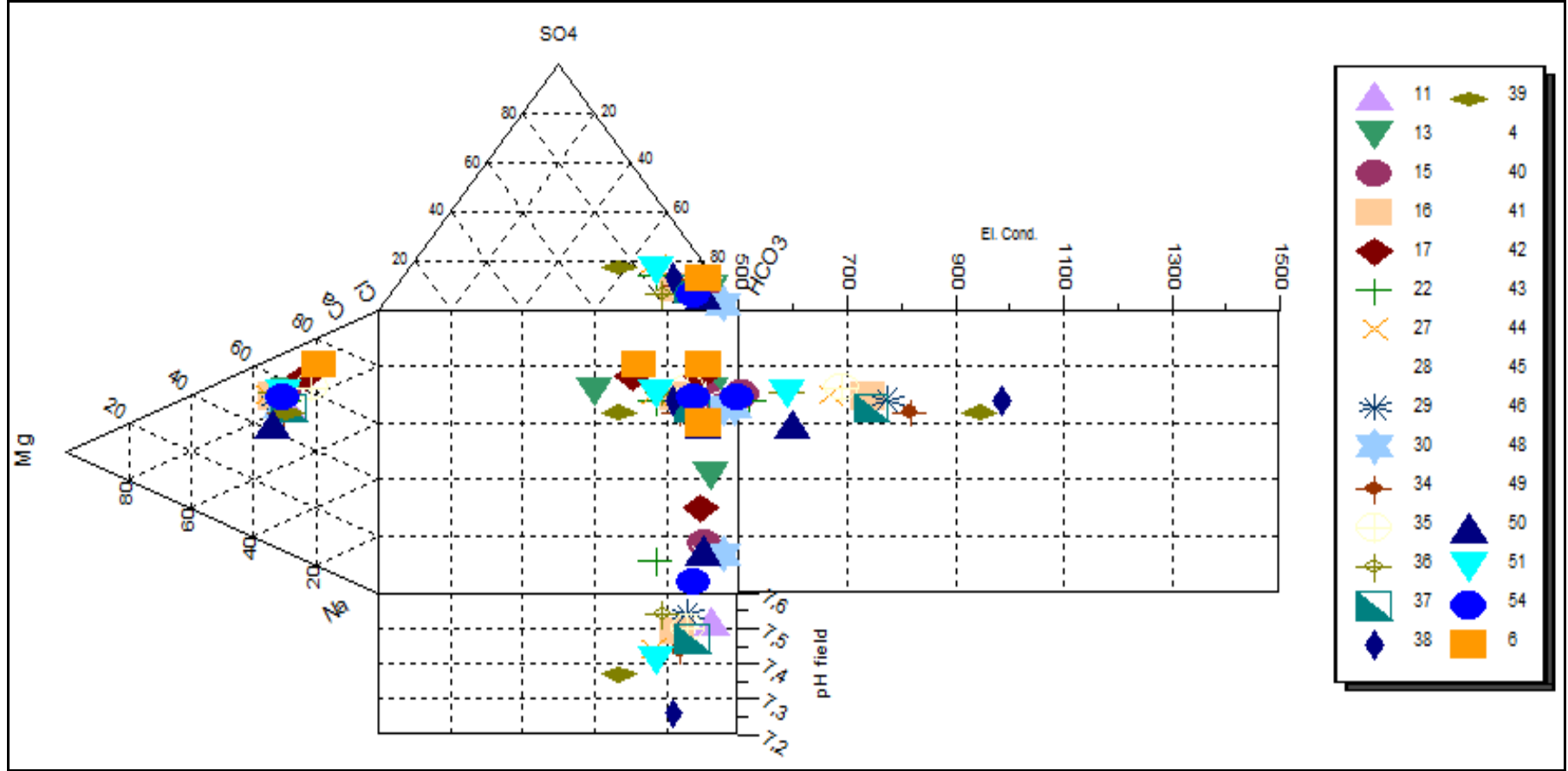


Şekil 4.28. 2013 yılı kurak döneme ait ABD tuzluluk diyagramı.

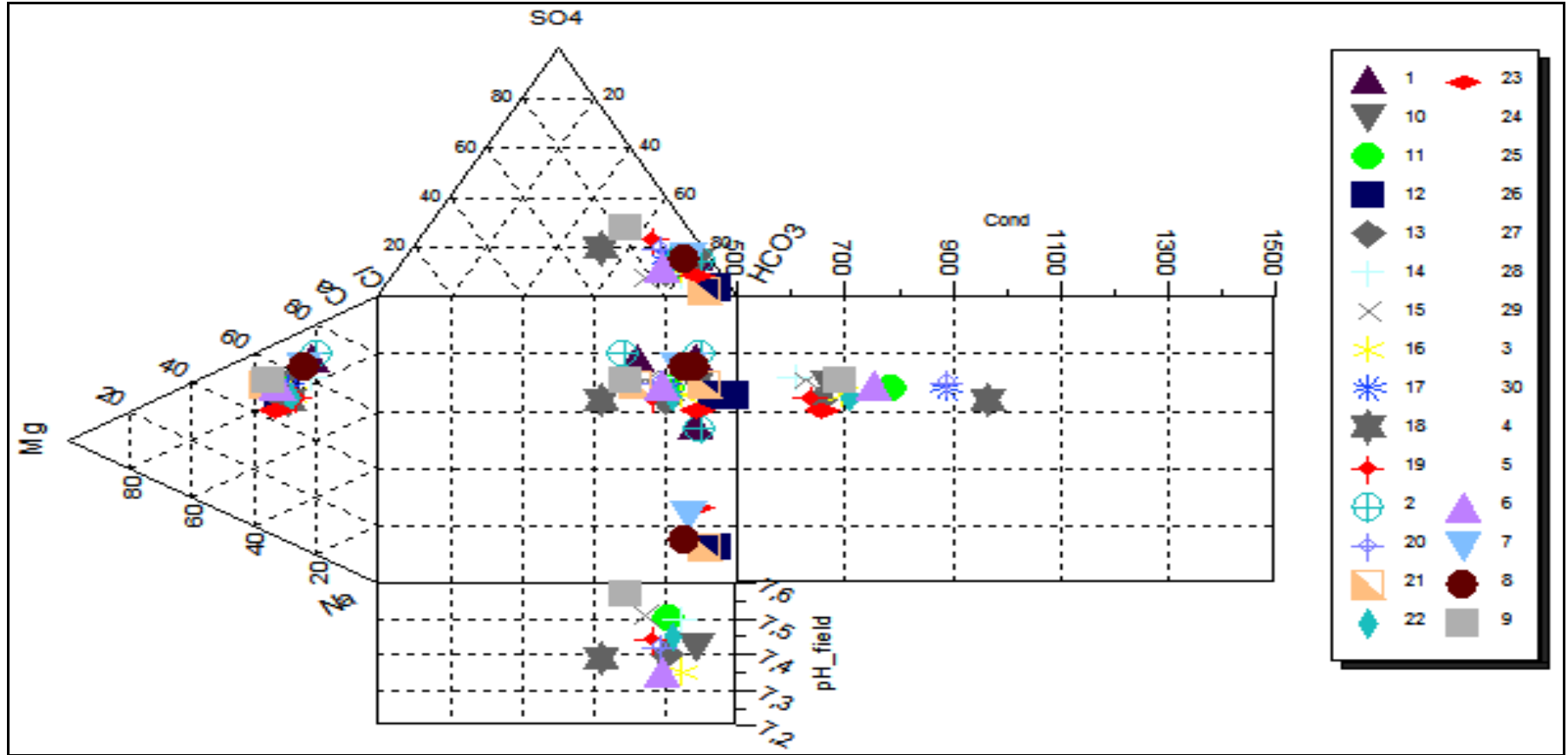
Kurak ve yağışlı dönemlere ait ABD tuzluluk diyagramlarından; su örneklerinin mevsimsel değişimden fazla etkilenmediği belirlenmiştir. Ayrıca diyagramlardaki örneklerin dağılımlarına göre suların yoğunlukla C2S1 alanına düştüğü görülmektedir (Şekil 4.27 ve 4.28). Buda orta tuzlulukta ve az sodyumlu su olduğunu göstermektedir. Bu özellikteki sular orta derecede tuza ihtiyaç gösteren ve sodyuma karşı duraylı olan bitkilerin dışında her türlü tarım için kullanılabilir.

#### **4.2.5. Durov diyagramı**

Durov (1948) diyagramlarında, suların ana iyonlarının yanında EC ve pH özellikleri de göz önünde bulundurulmaktadır. Çalışma alanına ait örneklerin Durov diyagramı üzerinde yaklaşık olarak aynı bölgelerde toplanmaları suların aynı alanlardan beslendiğini göstermektedir. Ayrıca ana anyonun  $\text{HCO}_3$  ve ana katyonun ise Ca olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.29 ve 4.30).



Şekil 4.29. 2012 yılı yağışlı döneme ait Durov diyagramı.

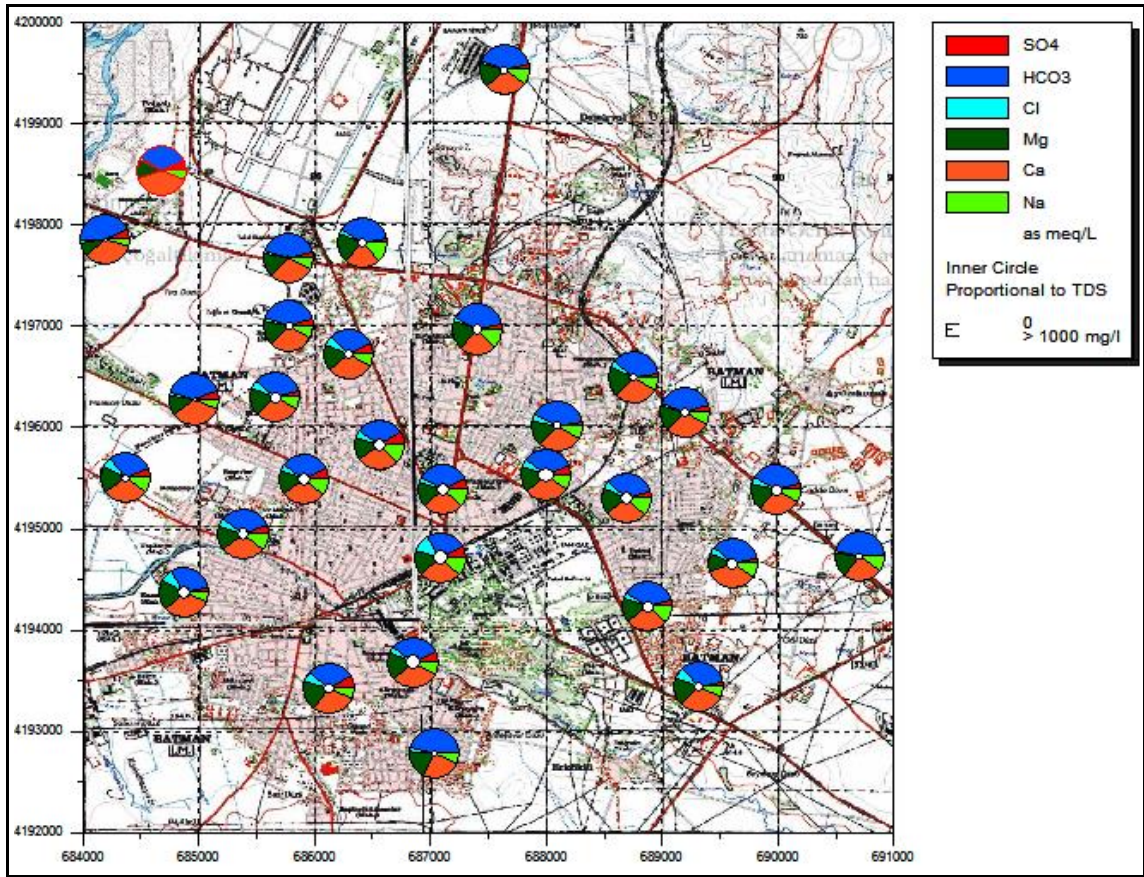


Şekil 4.30. 2013 yılı kurak döneme ait Durov diyagramı.

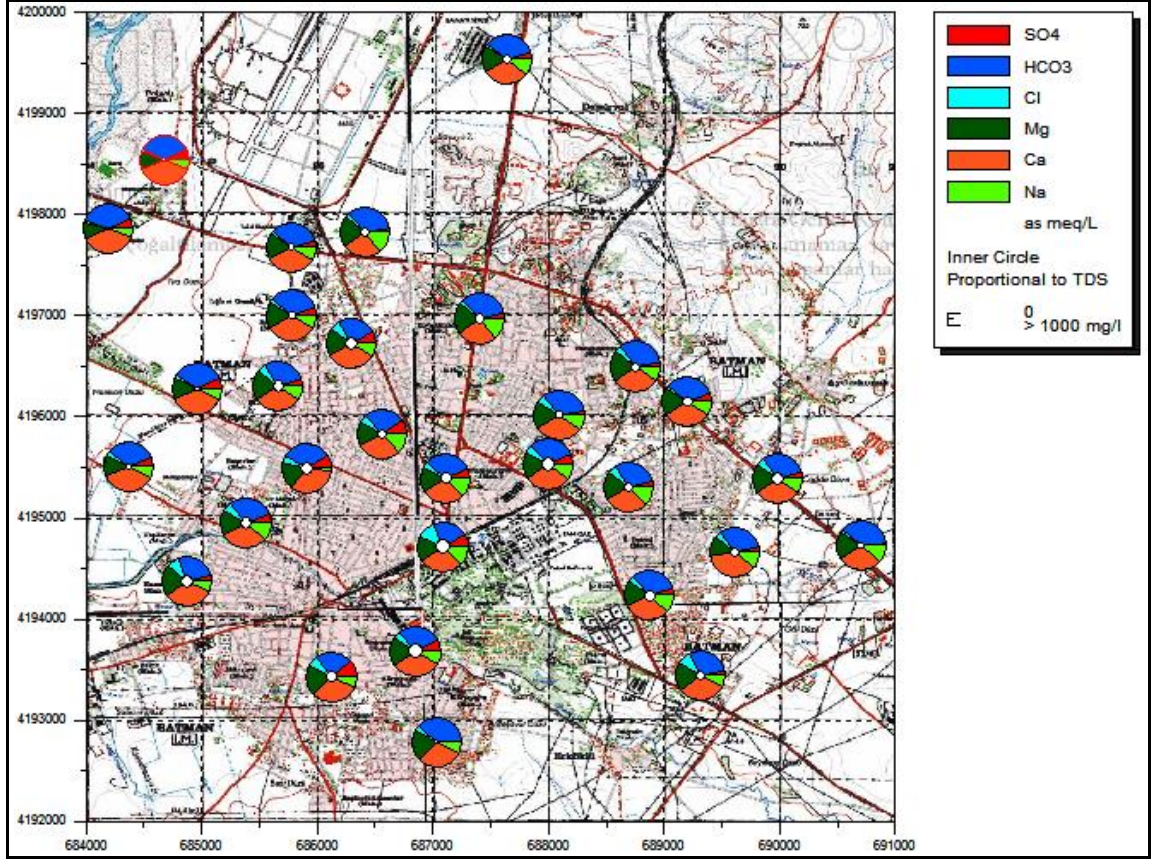


#### 4.2.6. Dairesel diyagram

Dairesel diyagram, su örneğinin analizinden elde edilen ana anyonlar ile katyonların oluşturduğu 180°'lik daireden oluşur. Bu dairenin merkezinde de toplam çözünmüş katı madde (TDS; mg/l) değeri yer almaktadır. İnceleme alanındaki su örneklerinin analiz sonuçlarından hazırlanan Dairesel diyagramların dağılımı Şekil 4.31 ve 4.32'de verilmiştir. Buna göre bölgedeki sularda anyonlardan  $\text{HCO}_3^-$ 'in, katyonlar açısından ise Ca ve Mg'un baskın olduğu görülmektedir.



Şekil 4.31. Yağışlı döneme ait Dairesel diyagramların dağılımı.



Şekil 4.32. Kurak döneme ait Dairesel diyagramların dağılımı.

Dönemsel değişiklik göz önüne alındığında en dikkat çekici iyon konsantrasyonu olarak  $\text{HCO}_3$  karşımıza çıkmaktadır. Yağışlı dönemden kurak döneme geçildiğinde  $\text{HCO}_3$  konsantrasyonunda fark edilir bir azalma görülmektedir. Diğer iyon dağılımlarında ise  $\text{SO}_4$  dağılımlarının şehrin güneybatı kısımlarında yoğunlaştığı görülmüştür (Şekil 4.31 ve 4.32).

### 4.3. Sulardaki İz Elementler ve Alansal Dağılımları

İnceleme alanındaki örnekleme kuyularından alınan sulardan Kanada'daki ACME laboratuvarında 2C Full Suite analiz grubunda analizleri yaptırılmış ve sonuçları tablo halinde Çizelge 4.4 ve 4.5'te verilmiştir. Bu noktalardan Aralık-2012 ve Ağustos-2013 tarihlerinde yapılan örneklemelemlerle yağışlı (Çizelge 4.4) ve kurak (Çizelge 4.5.) dönemdeki suların iz element konsantrasyonlarındaki değişimler belirlenmeye çalışılmıştır. Yine bu iki sezona ait su örneklerindeki elementlerin inceleme alanındaki konsantrasyon dağılım haritaları MapInfo 10.0 programından yararlanılarak hazırlanmıştır (Şekil 33 - 48).

Çizelge 4.4. Yağışlı döneme ait iz elementlerin analiz sonuçları (mg/l).

Örnek No	Al	As	B	Ba	Br	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Dy	Er	Fe	Gd	Ho	K	La	Li	Lu	Mn	Mo	Nd
4	0,03	0,0007	0,027	0,05596	0,016	0	0	0,0009	0	0,0005	0	0	0	0	0	1,6	0	0,0012	0	0,00036	0,0009	0
6	0,521	0	0,032	0,06612	0,017	0,00147	0,00051	0,0015	0	0,0024	0,00014	0,00005	0,305	0,00015	0	1,83	0,0007	0,0015	0	0,02543	0,0023	0,00081
11	0,023	0,0007	0,037	0,24138	0,054	0	0	0,0017	0	0,0055	0	0	0	0	0	1,03	0	0,0049	0	0,00026	0,001	0
13	0,034	0,001	0,034	0,10383	0,047	0,00002	0	0,0026	0	0,0023	0	0	0	0	0	1,31	0	0,0031	0	0,00043	0,001	0
15	0,024	0,0008	0,037	0,10943	0,053	0	0	0,0032	0	0,001	0	0	0,037	0	0	1,36	0	0,0033	0	0,00023	0,0009	0
16	0,03	0,001	0,046	0,26044	0,113	0,00003	0	0,0057	0	0,0089	0	0	0	0	0	1,34	0	0,0066	0	0,00088	0,0006	0
17	0,045	0,0007	0,034	0,07626	0,039	0,00003	0	0,0022	0	0,0033	0	0	0,024	0	0	1,79	0,00001	0,0031	0	0,00177	0,0007	0,00002
22	0,116	0,001	0,038	0,10429	0,062	0,00032	0,00018	0,0053	0	0,0029	0,00004	0	1,539	0,00005	0	1,69	0,0003	0,0029	0	0,01875	0,0003	0,0003
27	0,051	0,0009	0,034	0,15793	0,131	0,00009	0,0003	0,0164	0	0,0052	0	0	0	0	0	1,01	0,00005	0,0044	0	0,00229	0,0009	0,00004
28	0,021	0,0009	0,037	0,38694	0,051	0,00006	0	0,0015	0	0,0018	0	0	0	0	0	0,6	0,00003	0,009	0	0,0003	0,0007	0
29	0,174	0,0009	0,054	0,45997	0,107	0,00076	0,00011	0,0035	0	0,003	0,00001	0	0,032	0,00001	0	1,02	0,00043	0,0109	0	0,01014	0,0007	0,00022
30	0,021	0,0007	0,043	0,19507	0,067	0	0	0,0031	0	0,002	0	0	0	0	0	1,45	0	0,0045	0	0,00137	0,0004	0
34	0,024	0,0011	0,061	0,43809	0,085	0,00002	0,00002	0,0043	0	0,0017	0	0	0	0	0	0,78	0	0,012	0	0,0008	0,0006	0
35	0,055	0,0009	0,054	0,28046	0,145	0,00011	0,00006	0,0061	0	0,0016	0	0	0	0	0	1,43	0,00004	0,0079	0	0,00184	0,0007	0,00002
36	0,018	0,0008	0,036	0,20544	0,193	0,00008	0	0,0037	0	0,0031	0	0	0	0	0	1,26	0,00004	0,0055	0	0,00222	0,0004	0
37	0,043	0,0007	0,064	0,20204	0,114	0,00012	0,00004	0,0015	0,00006	0,0019	0,00009	0,00008	0	0,0001	0,00008	1,05	0,00013	0,0099	0,00007	0,00277	0,0008	0,00009
38	0,022	0,0013	0,074	0,36593	0,172	0,00013	0	0,0028	0,00008	0,001	0,00011	0,00011	0	0,0001	0,00011	1,54	0,00015	0,0109	0,00011	0,00125	0,0008	0,00014
39	0,028	0,001	0,094	0,22191	0,328	0,00015	0,00006	0,002	0,00008	0,0037	0,0001	0,00011	0	0,00012	0,0001	0,51	0,00017	0,013	0,00011	0,01059	0,0012	0,00011
40	4,456	0,0014	0,115	0,24116	0,11	0,02176	0,01412	0,0085	0,00011	0,0041	0,00304	0,00158	0,461	0,00396	0,00067	0,55	0,01512	0,014	0,00027	1,08021	0,0001	0,01596
41	0,089	0,0011	0,047	0,14341	0,055	0,0002	0,0001	0,0042	0,00007	0,0035	0,00011	0,00009	0,048	0,0001	0,00009	1,26	0,00019	0,0063	0,00009	0,00455	0,0005	0,00015
42	0,114	0,0007	0,038	0,14638	0,036	0,00021	0,00011	0,0077	0,00006	0,0024	0,00013	0,0001	0,07	0,00009	0,00009	1,07	0,00019	0,0025	0,00009	0,00414	0,0008	0,00012
43	0,033	0,0009	0,141	0,29862	0,125	0,00007	0,00027	0,0007	0,00003	0,0028	0,00004	0,00005	0	0,00005	0,00005	0,48	0,00006	0,0112	0,00005	0,02173	0,0012	0,00007
44	0,062	0,0015	0,061	0,7966	0,09	0,00021	0,00003	0,0065	0,00004	0,0095	0,00008	0,00007	0	0,00008	0,00006	1,03	0,00015	0,0092	0,00006	0,00309	0,0007	0,00015
45	0,159	0,001	0,118	0,18951	0,056	0,00035	0,0003	0,003	0,00007	0,0023	0,00011	0,00008	0,069	0,00012	0,0001	1,43	0,00024	0,0092	0,00011	0,00679	0,0042	0,00025
46	0,26	0,0018	0,088	0,1408	0,073	0,0011	0,0005	0,0028	0,00006	0,0025	0,00018	0,00015	0,169	0,00022	0,00011	7,28	0,00056	0,007	0,0001	0,02318	0,0007	0,00067
48	0,041	0,0008	0,038	0,24851	0,076	0,00014	0,00014	0,0054	0,00004	0,0006	0,00006	0,00005	0	0,00008	0,00005	2,26	0,00011	0,0082	0,00006	0,00161	0,0004	0,00009
49	0,157	0,0013	0,033	0,62216	0,052	0,0002	0,00004	0,0033	0,00005	0,0048	0,00009	0,00007	0,025	0,0001	0,00008	0,9	0,00016	0,0046	0,00008	0,00243	0,0007	0,00012
50	0,129	0,001	0,045	0,24227	0,078	0,0001	0	0,0102	0,00006	0,0017	0,00008	0,00008	0	0,00009	0,00009	1	0,00011	0,0043	0,00007	0,00094	0,0015	0,00008
51	0,174	0,0013	0,055	0,39507	0,201	0,00062	0,00019	0,0029	0,00004	0,0034	0,00008	0,00006	0,057	0,00009	0,00006	1,25	0,00038	0,0083	0,00004	0,01292	0,0006	0,00035
54	0,145	0,0014	0,04	0,33443	0,079	0,00047	0,00014	0,0099	0,00004	0,0014	0,00009	0,00008	0,061	0,00011	0,00007	0,93	0,00028	0,0079	0,00007	0,00633	0,0026	0,00025



Çizelge 4.4. Devam; Yağışlı döneme ait iz elementlerin analiz sonuçları (mg/l).

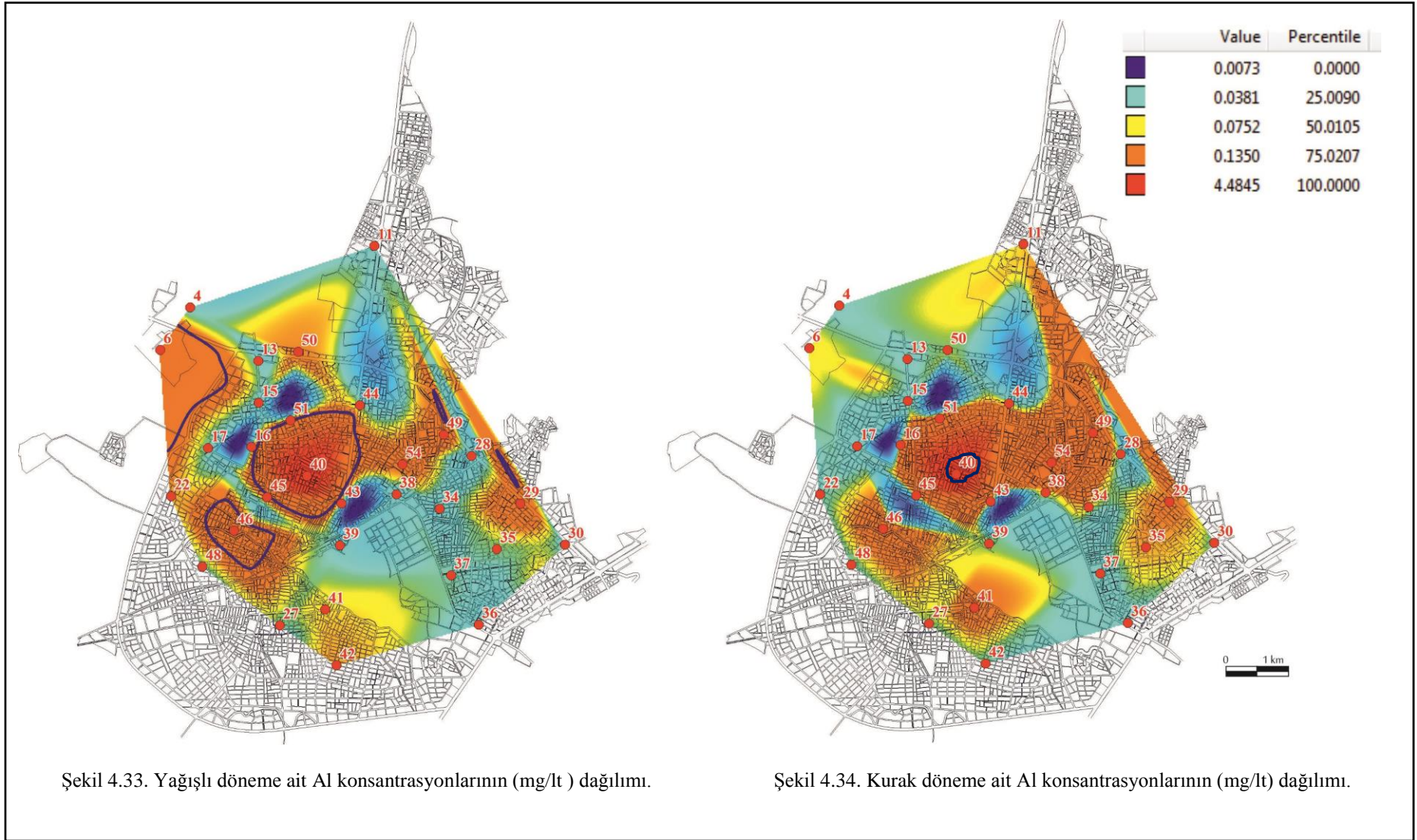
Örnek No	Ni	P	Pb	Pr	Rb	Re	Rh	S	Sb	Sc	Se	Si	Sm	Sn	Sr	Th	Tm	U	V	W	Yb	Zn
4	0	0,017	0	0	0,00048	0	0	9	0	0	0	5,346	0	0,00015	0,29307	0	0	0,00059	0,0017	0,0001	0	0,0065
6	0,002	0,084	0,001	0,00016	0,00068	0	0	9	0	0	0	5,768	0,00019	0	0,29791	0,00007	0	0,00069	0,0028	0,00005	0,00005	0,0141
11	0	0,012	0,0004	0	0,00011	0	0,00002	11	0	0	0,0008	11,281	0	0	1,03795	0,00007	0	0,00391	0,0091	0,00002	0	0,0097
13	0	0	0,0004	0	0,00014	0	0,00002	8	0	0	0,0008	10,095	0	0,00006	0,67093	0	0	0,0025	0,005	0,00003	0	0,0261
15	0	0,01	0,0001	0	0,0002	0,00005	0,00002	10	0	0	0,0012	10,291	0	0	0,7481	0	0	0,00271	0,0048	0,00008	0	0,0035
16	0	0,013	0,0005	0	0,00029	0,00032	0,00003	13	0	0,001	0,0021	13,911	0	0,00007	1,35508	0	0	0,00599	0,009	0,00002	0	0,023
17	0,0003	0,01	0,0006	0	0,00038	0,00005	0,00001	11	0	0	0,0008	7,285	0	0	0,48077	0	0	0,00118	0,0023	0	0	0,0071
22	0,001	0,067	0,0005	0,00005	0,00033	0,00009	0,00002	13	0,00383	0	0,001	8,899	0,00005	0,00012	0,65818	0,00018	0	0,00199	0,0044	0	0	0,0531
27	0,0068	0	0,0009	0	0,00029	0,00323	0,00003	26	0,00427	0,001	0,0154	13,39	0	0,00036	1,20189	0	0	0,00656	0,008	0,0022	0	0,0122
28	0	0	0,0002	0	0,00037	0,00009	0,00003	14	0,00465	0,001	0,0012	13,57	0	0	1,24777	0	0	0,00622	0,026	0,00003	0	0,0333
29	0	0,022	0,0017	0,00005	0,00049	0,00019	0,00003	12	0,00368	0,002	0,0012	12,882	0	0	1,3026	0	0	0,00652	0,0149	0,00015	0	0,0079
30	0	0	0,0004	0	0,00032	0	0,00002	3	0,00401	0,002	0,0009	15,251	0	0	0,83479	0	0	0,00431	0,015	0,00016	0	0,0768
34	0	0	0,001	0	0,00035	0,00024	0,00005	14	0,00396	0,001	0,002	12,346	0	0	1,4939	0	0	0,00426	0,0188	0	0	0,0042
35	0	0,024	0,0014	0	0,00025	0,00001	0,00002	10	0,0051	0,002	0,0022	11,144	0	0	0,75914	0	0	0,00298	0,0146	0,00011	0	0,0256
36	0	0,01	0,0002	0	0,00029	0,00001	0,00003	9	0,00481	0,002	0,0011	16,014	0	0	1,31054	0	0	0,00903	0,0132	0	0	0,0494
37	0	0,056	0,0024	0,00008	0,00026	0,00018	0,00003	11	0,00487	0	0,0011	13,092	0,00006	0,00018	1,09877	0,0001	0,00008	0,00393	0,0109	0,00004	0,00011	1,7187
38	0	0,06	0,0002	0,00012	0,0002	0,00044	0,00004	26	0,00466	0	0,0017	12,059	0,00008	0,00008	1,42442	0,00008	0,0001	0,00428	0,0152	0	0,00012	0,0051
39	0	0,036	0,0028	0,0001	0,00041	0,00024	0,00003	32	0,00426	0	0,0012	11,637	0,0001	0,0001	1,31877	0,00009	0,0001	0,00435	0,0113	0	0,00012	0,0119
40	0,0268	1,189	0,0051	0,00384	0,0033	0,0003	0,00003	33	0,00049	0,001	0,0041	17,748	0,00352	0,00006	1,20898	0,00028	0,00027	0,00383	0,0091	0	0,00134	0,3727
41	0	0,065	0,0029	0,00011	0,00041	0,00043	0,00004	26	0,00469	0	0,0061	13,424	0,00007	0,00034	1,25388	0,00041	0,00008	0,00414	0,0109	0,00003	0,0001	0,0064
42	0,0004	0,047	0,0008	0,00011	0,00039	0	0,00003	3	0,00466	0,001	0	13,72	0,0001	0,00022	0,76275	0,00014	0,00008	0,00304	0,0076	0,0001	0,00011	0,0048
43	0,0029	0,047	0,0006	0,00005	0,0003	0,00015	0,00004	17	0,004	0	0,0009	12,091	0,00005	0,00011	1,14419	0,00009	0,00005	0,00427	0,0125	0	0,00004	0,0081
44	0,0052	0,043	0,0005	0,00007	0,00044	0,00033	0,00004	8	0,00321	0	0,0021	12,605	0,00009	0,0001	1,54205	0,00005	0,00006	0,00566	0,0205	0	0,00006	0,0242
45	0,0006	0,057	0,0003	0,00014	0,00031	0,00024	0,00004	28	0,00333	0,001	0,0042	13,763	0,00011	0,00008	1,24871	0,00014	0,00009	0,00445	0,012	0,00002	0,00011	0,0129
46	0,0006	0,206	0,0012	0,00021	0,00085	0,0002	0,00003	19	0,0044	0,001	0,0021	15,319	0,00017	0,00007	1,10564	0,00012	0,00009	0,00336	0,0148	0,00002	0,00014	0,0049
48	0,0025	0,039	0,002	0,00006	0,00051	0,00041	0,00004	14	0,00451	0,001	0,0022	14,831	0,00006	0	1,38044	0	0,00004	0,00358	0,01	0,00049	0,00006	0,0015
49	0,0002	0,046	0,002	0,00009	0,00028	0,00008	0,00004	7	0,00429	0,001	0,0005	11,883	0,00007	0,00008	1,3575	0	0,00007	0,00585	0,0235	0	0,00006	0,4613
50	0	0,057	0,0003	0,00007	0,00028	0,00007	0,00004	9	0,00375	0	0,0008	10,332	0,00009	0,00013	1,29633	0,00009	0,00006	0,00647	0,0122	0,00012	0,00008	0,0903
51	0	0,069	0,0008	0,00013	0,00077	0,00064	0,00002	22	0	0	0,0029	11,607	0,00009	0,00256	1,27883	0	0,00004	0,0031	0,0169	0	0,00006	0,0088
54	0,0003	0,054	0,0031	0,00011	0,0003	0,00025	0,00002	8	0	0,001	0,0012	12,205	0,00013	0,00006	0,8933	0	0,00007	0,00432	0,02	0,00003	0,00008	0,0097

Çizelge 4.5. Kurak döneme ait iz elementlerin analiz sonuçları (mg/lt).

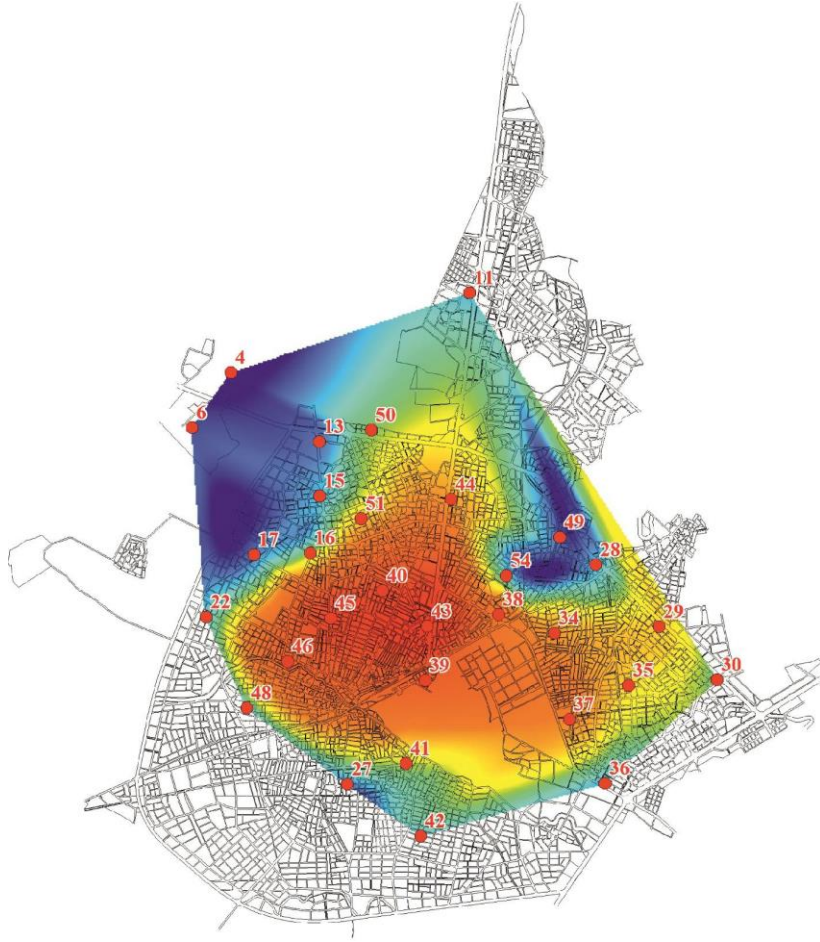
Örnek No	Al	As	B	Ba	Br	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Dy	Er	Fe	Gd	Ho	K	La	Li	Lu	Mn	Mo	Nd
4	0,018	0,0007	0,023	0,06047	0,018	0	0	0,0012	0	0,0008	0	0	0	0	0	1,61	0	0,0012	0	0,00017	0,001	0
6	0,043	0,0007	0,018	0,05543	0,016	0,00004	0,00003	0,0012	0	0,0004	0	0	0,019	0	0	1,71	0,00002	0,0012	0	0,00094	0,0047	0,00001
11	0,049	0,0007	0,034	0,26066	0,051	0,00003	0,00002	0,0032	0	0,0021	0	0	0	0	0	1,06	0,00002	0,0046	0	0,00052	0,0014	0,00004
13	0,018	0,001	0,029	0,1155	0,056	0,00003	0	0,0042	0	0,0009	0	0	0	0	0	1,29	0,00002	0,0028	0	0,00036	0,0009	0
15	0,018	0,001	0,03	0,12517	0,066	0,00002	0	0,0038	0	0,0007	0	0	0	0	0	1,45	0,00003	0,0034	0	0,00014	0,0009	0
16	0,036	0,001	0,041	0,28227	0,111	0,00005	0,00004	0,0065	0	0,0015	0,00001	0	0	0,00001	0	1,3	0,00004	0,0059	0	0,00073	0,0007	0,00006
17	0,011	0,0007	0,029	0,07204	0,035	0	0	0,0027	0	0,0007	0	0	0	0	0	1,66	0,00002	0,0018	0	0,00025	0,0008	0,00001
22	0,019	0,0007	0,029	0,07393	0,043	0	0	0,003	0	0,0003	0	0	0	0	0	1,54	0	0,0022	0	0	0,0007	0
27	0,03	0,0009	0,032	0,16923	0,151	0,00002	0,00025	0,0044	0	0,0008	0	0	0	0	0	0,93	0,00001	0,0038	0	0,00053	0,0009	0,00001
28	0,016	0,0012	0,034	0,41038	0,073	0,00002	0,00003	0,0033	0	0,0008	0	0	0	0	0	0,5	0,00001	0,0093	0	0,00031	0,0007	0,00002
29	0,072	0,0007	0,052	0,5123	0,139	0,00012	0,00005	0,0053	0	0,0028	0	0	0,015	0,00002	0	0,97	0,00006	0,0108	0	0,00349	0,0007	0,00005
30	0,022	0,0006	0,033	0,18856	0,061	0	0	0,0045	0	0,0009	0	0	0	0	0	1,32	0	0,0041	0	0,00041	0,0004	0
34	0,041	0,0008	0,057	0,57397	0,09	0,00004	0	0,0062	0	0,0005	0	0	0	0	0	0,88	0,00003	0,011	0	0,0007	0,0006	0,00002
35	0,059	0,001	0,048	0,25434	0,115	0,0001	0	0,0071	0	0,0005	0	0	0,019	0,00002	0	1,18	0,00005	0,0077	0	0,0013	0,0007	0,00005
36	0,014	0,0007	0,031	0,19647	0,201	0	0	0,0046	0	0,0007	0	0	0	0	0	1,18	0	0,0047	0	0,00108	0,0005	0,00003
37	0,015	0,0009	0,052	0,19039	0,092	0	0	0,0054	0	0,0008	0	0	0	0	0	0,94	0,00002	0,0082	0	0,00039	0,0008	0
38	0,041	0,0012	0,071	0,35502	0,162	0,00009	0,00006	0,003	0	0,002	0	0	0,01	0,00001	0	1,55	0,00005	0,0099	0	0,00269	0,0007	0,00007
39	0,03	0,0009	0,093	0,23	0,391	0	0,00005	0,0026	0	0,0011	0	0	0	0	0	0,45	0	0,0113	0	0,01189	0,0012	0
40	4,793	0,0012	0,101	0,19329	0,095	0,0225	0,00671	0,0124	0,00007	0,0094	0,00222	0,0012	2,226	0,00306	0,00044	0,66	0,01162	0,0126	0,00015	3,8313	0,0001	0,0133
41	0,084	0,0011	0,044	0,15338	0,053	0,00023	0,00009	0,0056	0	0,0008	0	0,00001	0,038	0,00002	0	1,11	0,00007	0,0053	0	0,0037	0,0003	0,00013
42	0,022	0,0007	0,026	0,11846	0,045	0	0	0,0061	0	0,0004	0	0	0	0	0	0,87	0	0,0029	0	0,00027	0,0008	0
43	0,02	0,0009	0,119	0,27085	0,092	0	0,00036	0,0022	0	0,0023	0	0	0	0	0	0,58	0	0,0094	0	0,02574	0,0013	0
44	0,037	0,0017	0,05	0,79679	0,077	0,00005	0	0,0066	0	0,002	0	0	0,022	0,00002	0	0,9	0,00003	0,0082	0	0,00507	0,0007	0,00004
45	0,025	0,0008	0,089	0,16905	0,045	0,00004	0,00012	0,0028	0	0,0016	0	0	0	0	0	1,2	0,00003	0,007	0	0,00162	0,0048	0,00004
46	0,092	0,0019	0,079	0,14382	0,071	0,00008	0,00014	0,0039	0	0,0021	0,00001	0	0,023	0,00001	0	7,11	0,00004	0,0065	0	0,00188	0,0009	0,00003
48	0,018	0,0006	0,04	0,24586	0,07	0,00001	0,00009	0,0057	0	0,0008	0	0	0	0	0	1,93	0,00002	0,0081	0	0,00029	0,0003	0,00002
49	0,303	0,0016	0,03	0,63921	0,047	0,00059	0,00017	0,0044	0	0,0027	0,00005	0,00003	0,192	0,00005	0,00001	1,06	0,0003	0,0047	0	0,0076	0,0004	0,00029
50	0,03	0,0009	0,052	0,28704	0,09	0,00001	0	0,0139	0	0,0007	0	0	0	0	0	1,08	0,00002	0,0045	0	0,00031	0,0011	0,00003
51	0,208	0,0011	0,055	0,42168	0,166	0,00065	0,00022	0,0045	0,00001	0,0038	0,00005	0,00003	0,087	0,00006	0	1,11	0,00036	0,0083	0	0,01209	0,0005	0,00037
54	0,742	0,0007	0,035	0,33887	0,081	0,00227	0,00073	0,0119	0,00001	0,002	0,00017	0,00012	0,486	0,00021	0,00004	0,77	0,00113	0,0083	0,00001	0,04635	0,0008	0,00123

Çizelge 4.5. Devam; Kurak döneme ait iz elementlerin analiz sonuçları (mg/lt).

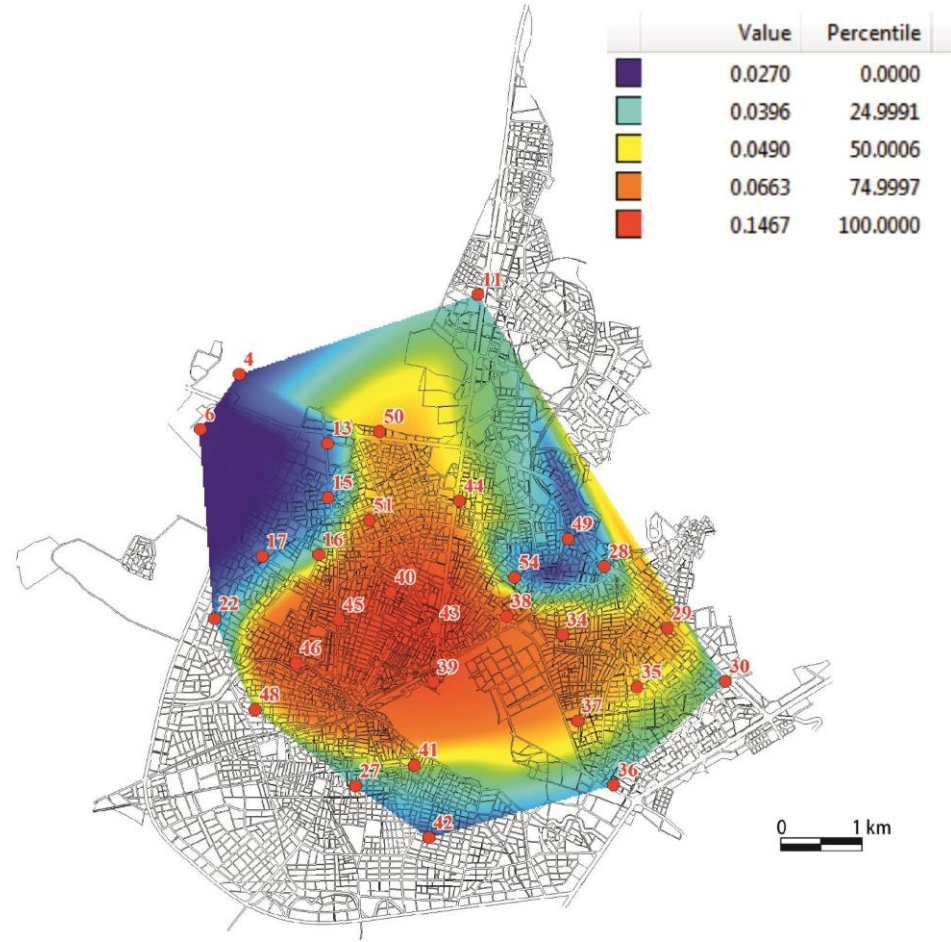
Örnek No	Ni	P	Pb	Pr	Rb	Re	Rh	S	Sb	Sc	Se	Si	Sm	Sn	Sr	Th	Tm	U	V	W	Yb	Zn
4	0	0,02	0,0001	0	0,00051	0	0	8	0	0,001	0	5,384	0	0,0001	0,28868	0	0	0,00054	0,0016	0	0	0,0031
6	0	0,016	0	0	0,00047	0,00002	0	8	0,00006	0	0,0005	4,582	0	0	0,26881	0	0	0,00056	0,0016	0,00004	0	0,0007
11	0,0009	0,036	0,0003	0	0,00018	0,00004	0,00002	10	0	0,002	0,0005	10,956	0	0	1,00836	0	0	0,00385	0,0087	0	0	0,0091
13	0	0,024	0,0001	0	0,00017	0,00003	0,00001	8	0	0,002	0,0006	9,165	0	0	0,65924	0	0	0,00262	0,0044	0	0	0,0015
15	0	0,027	0	0	0,00021	0,00011	0,00002	10	0	0,002	0,0017	9,354	0	0	0,7509	0	0	0,00275	0,004	0	0	0,0014
16	0	0,024	0,0002	0	0,0003	0,00035	0,00003	12	0	0,002	0,0021	12,864	0	0	1,37029	0	0	0,00657	0,0083	0	0	0,0038
17	0	0,023	0,0001	0	0,00029	0,00006	0,00001	10	0	0,001	0,0007	6,933	0	0	0,42662	0	0	0,00088	0,002	0	0	0,002
22	0	0,02	0	0	0,00027	0,00005	0,00001	10	0	0,001	0,0008	7,064	0	0	0,47094	0	0	0,00102	0,0019	0	0	0
27	0	0,016	0,0001	0	0,00022	0,00346	0,00003	28	0	0,002	0,02	13,089	0	0	1,23872	0	0	0,00648	0,0079	0,00112	0	0,0012
28	0,0012	0	0,0001	0	0,00028	0,0001	0,00003	13	0	0,003	0,0015	13,55	0	0	1,29512	0	0	0,00625	0,0264	0	0	0,0085
29	0	0,031	0,0005	0,00001	0,0004	0,00024	0,00003	12	0	0,002	0,0015	12,539	0,00002	0	1,3272	0	0	0,00668	0,0143	0,00013	0	0,0034
30	0	0,014	0,0001	0	0,00029	0,00003	0,00002	3	0	0,003	0,001	13,614	0	0	0,76714	0	0	0,00408	0,0134	0,00018	0	0,0043
34	0	0,018	0	0	0,00025	0,00025	0,00004	11	0	0,002	0,0024	11,662	0	0	1,42329	0	0	0,00634	0,0194	0	0	0,0007
35	0	0,025	0,0002	0	0,00019	0,00003	0,00002	8	0	0,002	0,0022	10,599	0,00002	0	0,69788	0	0	0,00302	0,0142	0,00005	0	0,0029
36	0	0,011	0,0001	0	0,00025	0,00003	0,00003	8	0	0,003	0,0009	14,986	0	0	1,13932	0	0	0,00704	0,0116	0,00003	0	0,0409
37	0	0,022	0	0	0,0002	0,0002	0,00002	11	0	0,002	0,0014	12,634	0	0	1,0001	0	0	0,00441	0,0118	0,00004	0	0,0302
38	0	0,046	0,0005	0	0,00032	0,00037	0,00003	24	0	0,002	0,0017	11,133	0	0,00027	1,26732	0	0	0,00515	0,0131	0	0	0,0214
39	0,0005	0,015	0,0001	0	0,00035	0,00024	0,00004	30	0	0,002	0,0018	10,684	0	0	1,30687	0	0	0,00438	0,0099	0	0	0,0032
40	0,0308	0,611	0,0059	0,00307	0,00333	0,00029	0,00002	28	0	0,004	0,0036	18,188	0,00282	0	1,06513	0,00021	0,00014	0,00416	0,0281	0	0,00095	0,3932
41	0	0,036	0,0001	0,00002	0,00031	0,00042	0,00004	24	0	0,002	0,0079	13,239	0	0	1,24172	0	0	0,00378	0,0099	0	0,00001	0,0019
42	0	0,013	0,0004	0	0,00024	0,00004	0,00001	2	0	0,003	0,0005	13,007	0	0	0,73389	0	0	0,0029	0,0087	0,00005	0	0,0015
43	0,0021	0,029	0,0002	0	0,00026	0,00009	0,00002	21	0	0,002	0,0005	11,026	0	0	1,09212	0	0	0,00434	0,0108	0	0,00001	0,0051
44	0,0003	0,024	0,0002	0	0,00037	0,0003	0,00004	9	0	0,002	0,0018	11,873	0	0	1,33759	0,00014	0	0,0056	0,018	0	0	0,0296
45	0,0004	0,025	0,0002	0	0,00018	0,00022	0,00003	24	0	0,002	0,0048	11,981	0	0,00007	1,02352	0	0	0,00386	0,0099	0	0	0,0037
46	0,0008	0,127	0,0004	0	0,0008	0,00023	0,00003	17	0,00008	0,003	0,0024	14,627	0	0	1,03995	0	0	0,00319	0,0132	0	0	0,0063
48	0	0,015	0	0	0,00044	0,00037	0,00004	12	0	0,003	0,0018	13,944	0	0	1,21482	0	0	0,00368	0,0087	0,0005	0	0,0014
49	0,0012	0,055	0,0003	0,00007	0,00045	0,00007	0,00002	6	0	0,002	0,0007	12,511	0,00005	0	1,25364	0	0	0,00645	0,0216	0	0,00003	0,0286
50	0	0,031	0	0	0,0002	0,00011	0,00004	7	0	0,002	0,0013	11,085	0	0	1,32521	0	0	0,00631	0,0116	0,00002	0	0,0359
51	0,0008	0,041	0,0003	0,00008	0,0007	0,00057	0,00003	21	0	0,002	0,0042	11,984	0,00007	0,0001	1,20757	0,00005	0	0,00343	0,0163	0	0,00004	0,007
54	0,0031	0,093	0,0023	0,00028	0,00046	0,00023	0,00001	5	0	0,003	0,0016	12,94	0,0002	0,00031	0,80452	0,00026	0,00002	0,00436	0,0198	0	0,00009	0,0049



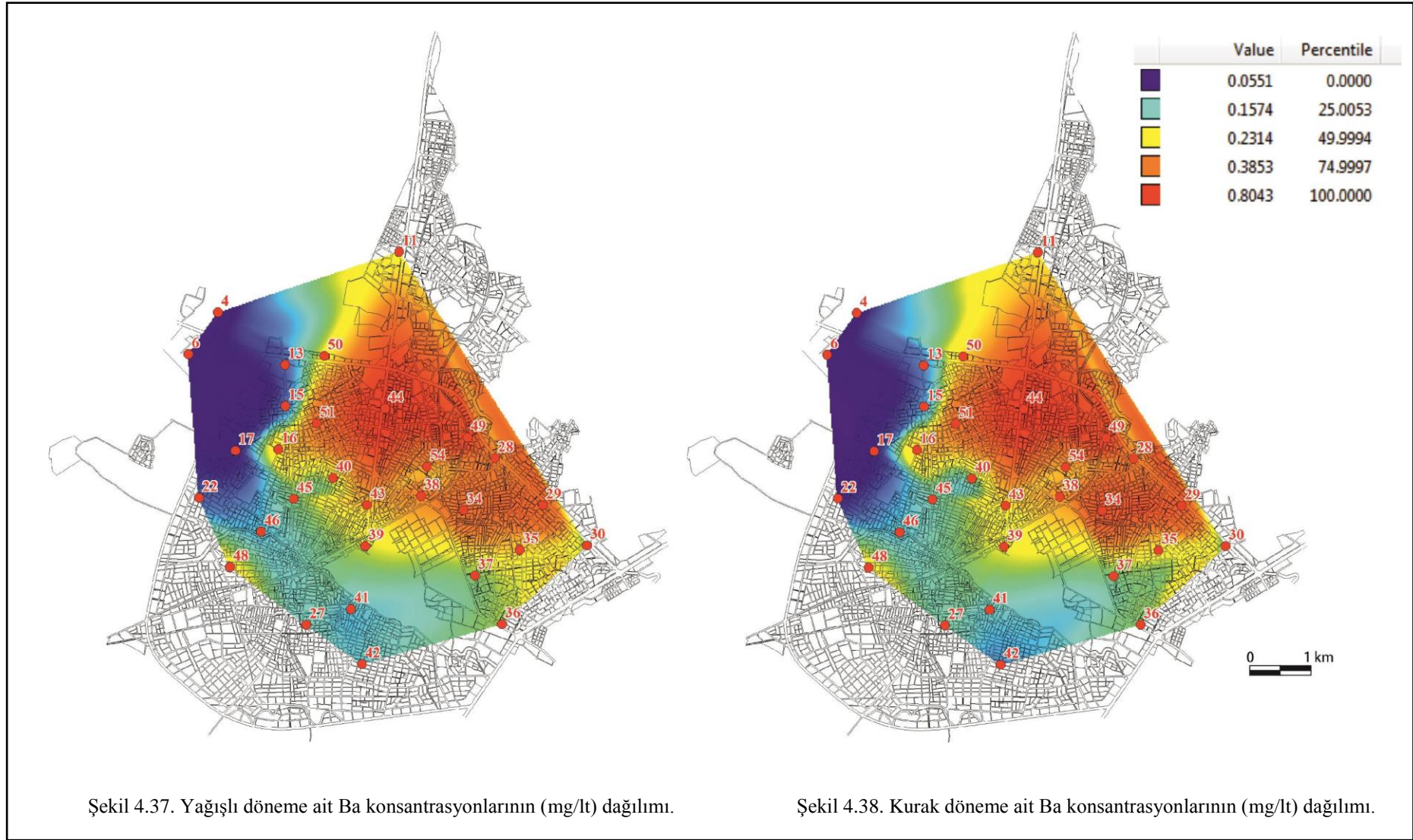




Şekil 4.35. Yağışlı döneme ait B konsantrasyonlarının (mg/Lt) dağılımı.



Şekil 4.36. Kurak döneme ait B konsantrasyonlarının (mg/Lt) dağılımı.



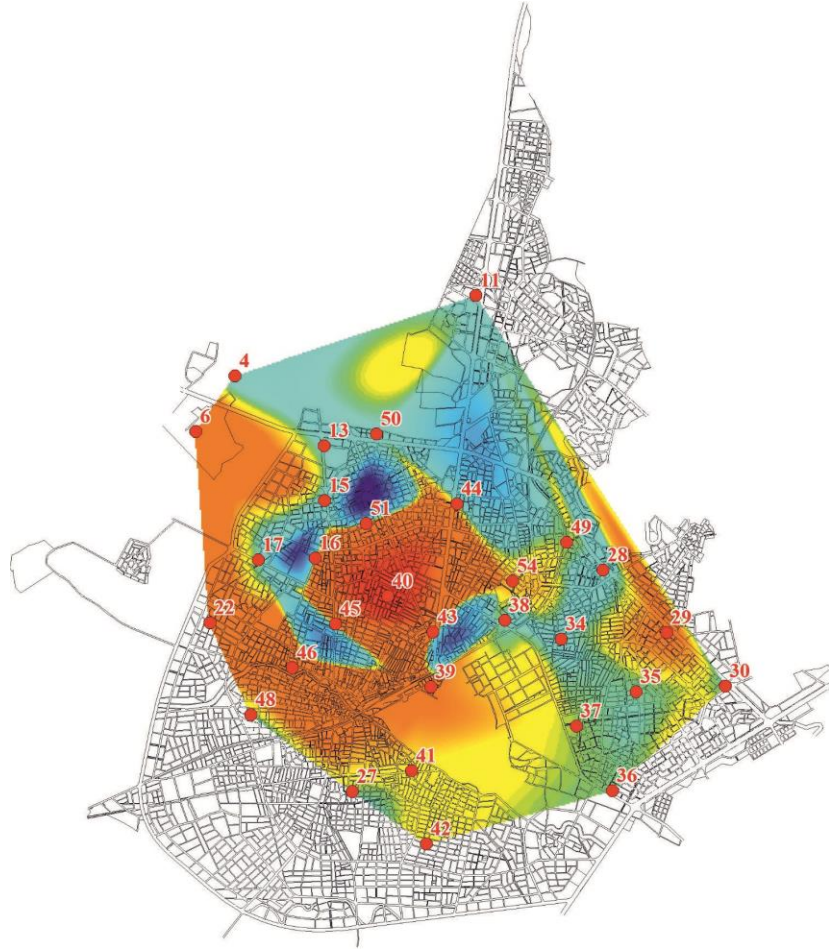




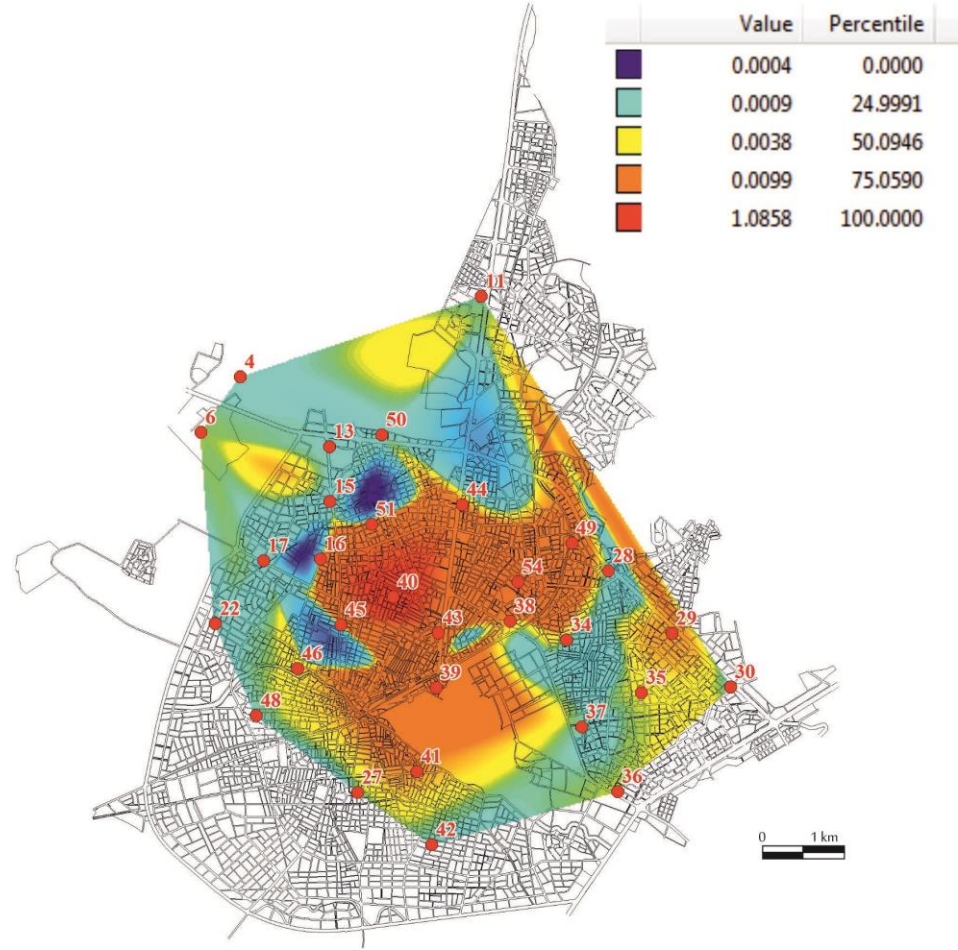
Şekil 4.39. Yağışlı döneme ait Br konsantrasyonlarının (mg/l) dağılımı.



Şekil 4.40. Kurak döneme ait Br konsantrasyonlarının (mg/l) dağılımı.

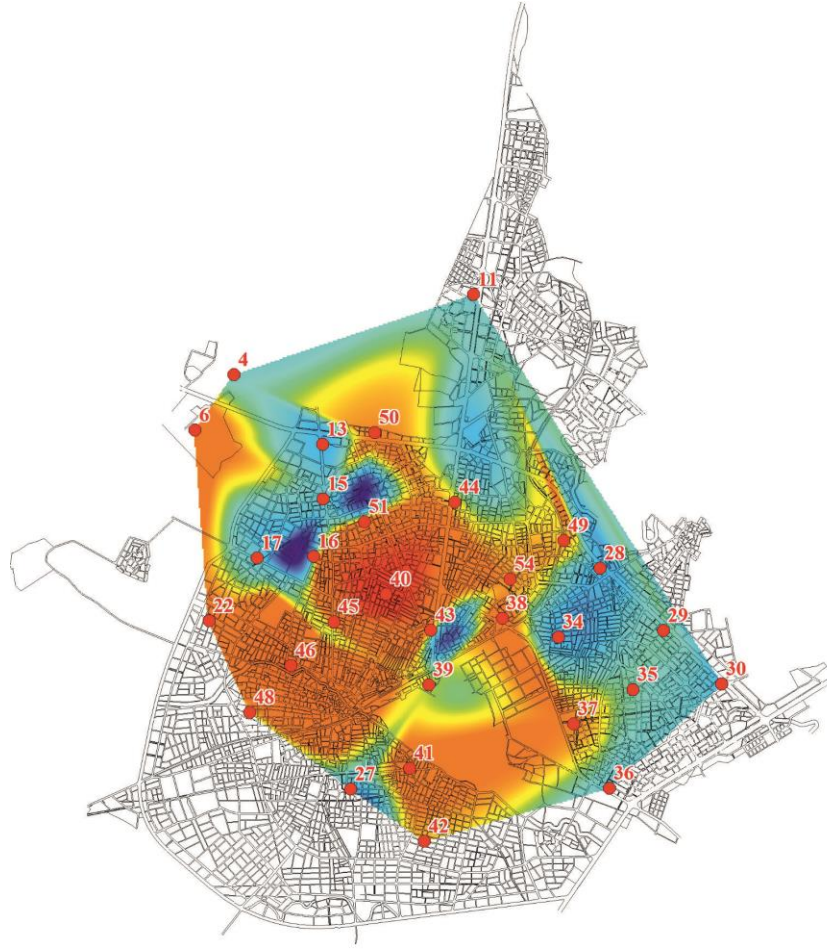


Şekil 4.41. Yağışlı döneme ait Mn konsantrasyonlarının (mg/Lt) dağılımı.

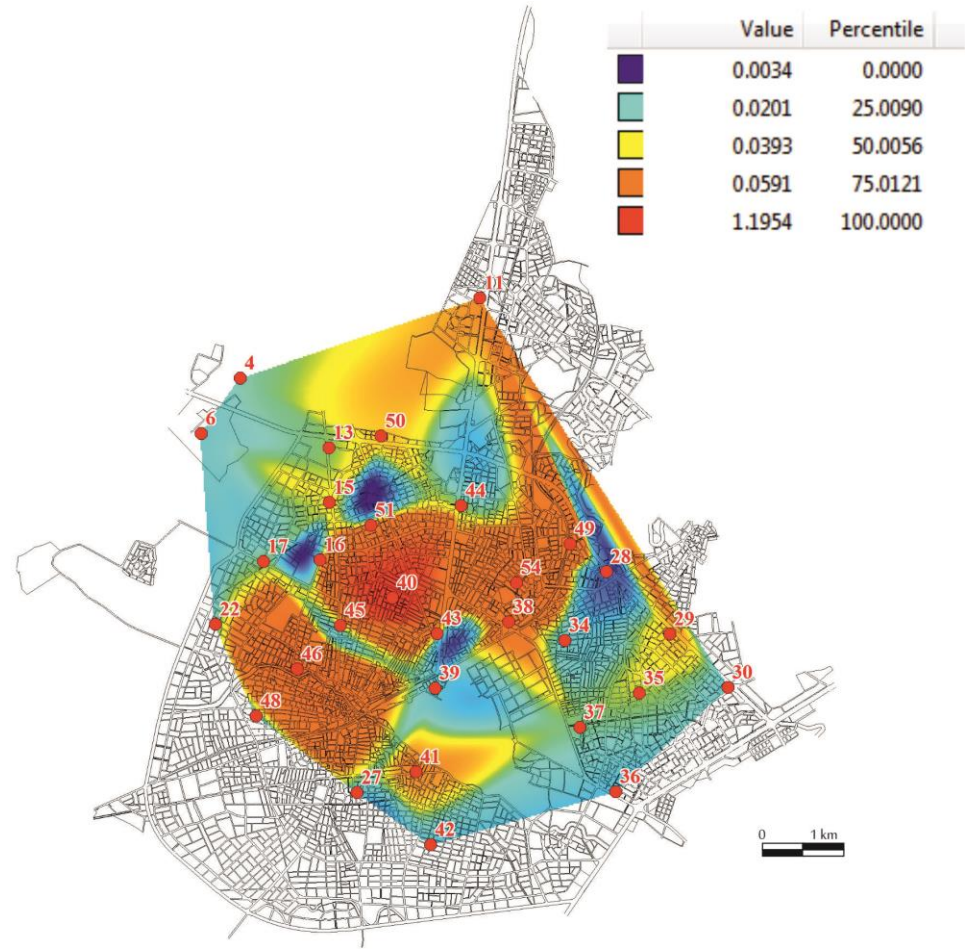


Şekil 4.42. Kurak döneme ait Mn konsantrasyonlarının (mg/Lt) dağılımı.

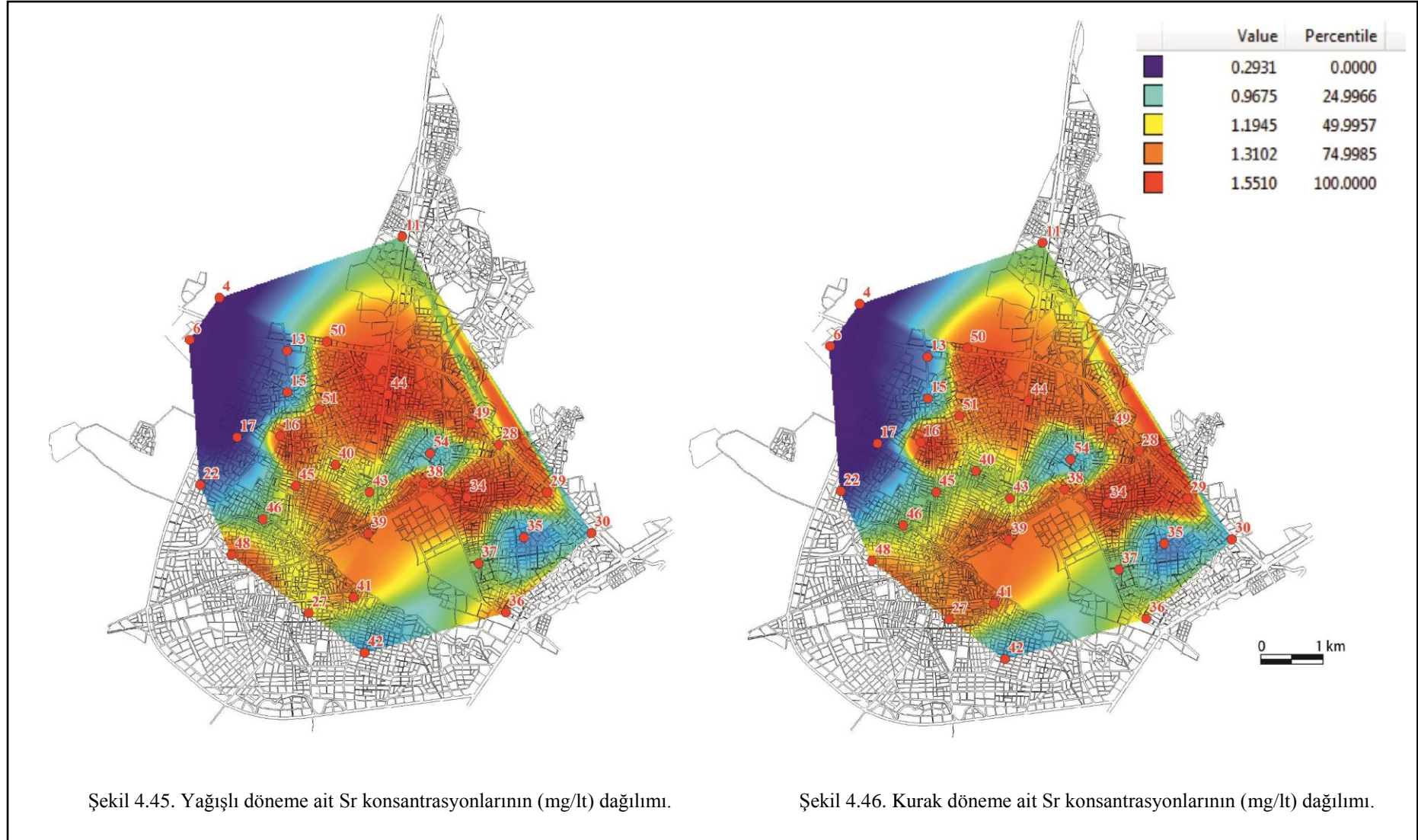




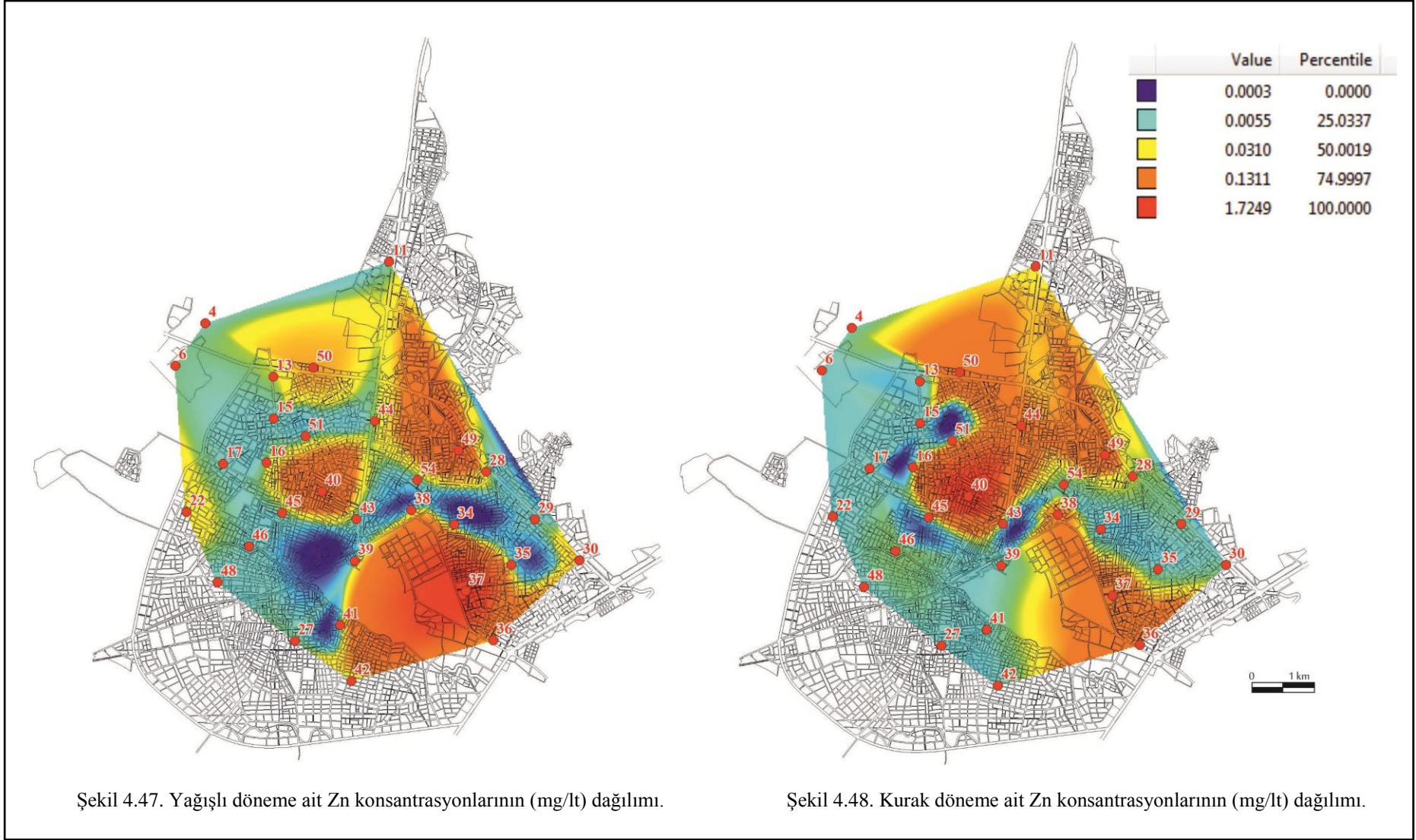
Şekil 4.43. Yağışlı döneme ait P konsantrasyonlarının (mg/lit) dağılımı.



Şekil 4.44. Kurak döneme ait P konsantrasyonlarının (mg/lit) dağılımı.







## 5. SULARIN HALK SAĞLIĞI AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Alınan su örneklerinden sırasıyla Al, As, B, Ba, Br, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Er, Fe, Gd, Ho, K, La, Li, Lu, Mn, Mo, Nd, Ni, P, Pb, Pr, Rb, Re, Rh, S, Sb, Sc, Se, Si, Sm, Sn, Sr, Th, Tm, U, V, W, Yb ve Zn elementlerinin analizleri yapılmıştır. Ayrıca inceleme alanında petrol üretim sahası ve rafinesinin bulunması nedeniyle sularda fenol içeriği araştırılmış ve bu amaçla sadece yağışlı periyotta Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi DİSKİ laboratuvarlarında analizi yaptırılmıştır. Çizelge 5.1 ve 5.2’de verilen bu analiz sonuçları TSE (2005), WHO (2011), EPA (2009) ve EC (2007) içme suyu standartlarına göre irdelenmiş ve özellikle kabul edilebilir maksimum değeri (MCL) aşan sular tespit edilmeye çalışılmıştır. Çizelgelerdeki analizlerin dönemsel değişimleri göz önüne alındığında yağışlı periyotta alınan yeraltısuyu örneklerindeki element konsantrasyonlarının kurak döneme oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Dolayısıyla yeraltısularının bulunduğu akifer ortamında su-kayaç ilişkisinin bu artışa sebep olduğu kanısına varılmıştır.

Yukarıda belirtilen standartlara göre sırasıyla Al, Ba, Br, Mn, Ca ve NO<sub>3</sub> konsantrasyonunun bazı örneklerde kabul edilebilir sınırı aştığı görülmüş (Çizelge 5.1 ve 5.2) ve en geniş yayılım gösteren Al konsantrasyonlarının dağılımı Şekil 4.1 ve 4.2’de, Br konsantrasyonlarının dağılımı ise Şekil 4.7 ve 4.8’de gösterilmiştir. Buna göre başta Br olmak üzere Al ve Ba insan vücudu için toksik element durumunda olduğundan zararlı olma durumu incelenmelidir. Diğer element ve iyonların gerek mikro gerekse makro boyuttaki vücut için ihtiyaç olma durumu da göz önüne alındığında fazlaca bir tehlike oluşturmayacağı anlaşılmaktadır.

Fenol konsantrasyonlarının inceleme alanının tamamında MCL değerinden yüksek çıkması halk sağlığı açısından en ciddi tehlike olarak görülmektedir (Şekil 5.1). Fenolün renksiz ve suda oldukça iyi çözünür bir yapıya sahip olması tehlikenin sinsi ilerleyerek şimdiki boyutlarına ulaşmasına sebep olmuştur. Fenol, toprakta 2-5 gün, suda 9 günden fazla kalabilmektedir. Fenole solunum yolu ve deri yolu ile yüksek dozlarda maruziyet halinde insanlarda deri, göz ve mukoz membranlarında tahriş edici etkisi yüksektir. İnsanlarda ağız yolu ile yüksek dozda (1 gram düzeyinde) fenol alınmasının çok ciddi toksik etkilere neden olabildiği (karaciğer, böbrek hasarı ve kalpte olumsuz etkiler biçiminde) ve hatta ölümcül etki gösterdiği bilinmektedir (EPA, 2002).

Deneysel bulgulardan yola çıkarak, fenole uzun süreli ve düşük dozlarda maruz kalındığında insanda kanser dışındaki olumsuz etkilerin oluşmayacağı dozu da

hesaplanmıştır (Barnes and Dourson, 1988). Bu ise yaşam boyunca ağız yolu ile günde bir insanın vücut ağırlığı başına 0,3 mg dozda fenol alındığında (70 kg'lık bir insan için günde 21 mg) insanda olumsuz sağlık etkileri beklenmez şeklinde ifade edilmektedir (EPA, 2002).

Çizelge 5.1. Yağışlı döneme ait analiz sonuçlarının standartlara göre değerlendirilmesi.

Sıra No	Örnek No	Al	As	B	Ba	Br	Cr	Cu	Mn	Ni	P	Pb	
EPA	MCL	0,2	0,01	-	-	-	0,1	1	0,05	-	-	0,015	
WHO		0,2	0,01	2	0,7	0,025	0,05	2	0,1	0,02	-	0,01	
TSE	mg/lt	0,2	0,05	2	0,3	0,01	0,05	3	0,05	0,05	5	0,05	
EC		0,2	0,01	2	-	-	0,05	2	0,05	-	5	0,01	
1	4	0,03	0,0007	0,027	0,05596	0,016	0,0009	0,0005	0,00036	0	0,017	0	
2	6	0,521	0	0,032	0,06612	0,017	0,0015	0,0024	0,02543	0,002	0,084	0,001	
3	11	0,023	0,0007	0,037	0,24138	0,054	0,0017	0,0055	0,00026	0	0,012	0,0004	
4	13	0,034	0,001	0,034	0,10383	0,047	0,0026	0,0023	0,00043	0	0	0,0004	
5	15	0,024	0,0008	0,037	0,10943	0,053	0,0032	0,001	0,00023	0	0,01	0,0001	
6	16	0,03	0,001	0,046	0,26044	0,113	0,0057	0,0089	0,00088	0	0,013	0,0005	
7	17	0,045	0,0007	0,034	0,07626	0,039	0,0022	0,0033	0,00177	0,0003	0,01	0,0006	
8	22	0,116	0,001	0,038	0,10429	0,062	0,0053	0,0029	0,01875	0,001	0,067	0,0005	
9	27	0,051	0,0009	0,034	0,15793	0,131	0,0164	0,0052	0,00229	0,0068	0	0,0009	
10	28	0,021	0,0009	0,037	0,38694	0,051	0,0015	0,0018	0,0003	0	0	0,0002	
11	29	0,174	0,0009	0,054	0,45997	0,107	0,0035	0,003	0,01014	0	0,022	0,0017	
12	30	0,021	0,0007	0,043	0,19507	0,067	0,0031	0,002	0,00137	0	0	0,0004	
13	34	0,024	0,0011	0,061	0,43809	0,085	0,0043	0,0017	0,0008	0	0	0,001	
14	35	0,055	0,0009	0,054	0,28046	0,145	0,0061	0,0016	0,00184	0	0,024	0,0014	
15	36	0,018	0,0008	0,036	0,20544	0,193	0,0037	0,0031	0,00222	0	0,01	0,0002	
16	37	0,043	0,0007	0,064	0,20204	0,114	0,0015	0,0019	0,00277	0	0,056	0,0024	
17	38	0,022	0,0013	0,074	0,36593	0,172	0,0028	0,001	0,00125	0	0,06	0,0002	
18	39	0,028	0,001	0,094	0,22191	0,328	0,002	0,0037	0,01059	0	0,036	0,0028	
19	40	4,456	0,0014	0,115	0,24116	0,11	0,0085	0,0041	1,08021	0,0268	1,189	0,0051	
20	41	0,089	0,0011	0,047	0,14341	0,055	0,0042	0,0035	0,00455	0	0,065	0,0029	
21	42	0,114	0,0007	0,038	0,14638	0,036	0,0077	0,0024	0,00414	0,0004	0,047	0,0008	
22	43	0,033	0,0009	0,141	0,29862	0,125	0,0007	0,0028	0,02173	0,0029	0,047	0,0006	
23	44	0,062	0,0015	0,061	0,7966	0,09	0,0065	0,0095	0,00309	0,0052	0,043	0,0005	
24	45	0,159	0,001	0,118	0,18951	0,056	0,003	0,0023	0,00679	0,0006	0,057	0,0003	
25	46	0,26	0,0018	0,088	0,1408	0,073	0,0028	0,0025	0,02318	0,0006	0,206	0,0012	
26	48	0,041	0,0008	0,038	0,24851	0,076	0,0054	0,0006	0,00161	0,0025	0,039	0,002	
27	49	0,157	0,0013	0,033	0,62216	0,052	0,0033	0,0048	0,00243	0,0002	0,046	0,002	
28	50	0,129	0,001	0,045	0,24227	0,078	0,0102	0,0017	0,00094	0	0,057	0,0003	
29	51	0,174	0,0013	0,055	0,39507	0,201	0,0029	0,0034	0,01292	0	0,069	0,0008	
30	54	0,145	0,0014	0,04	0,33443	0,079	0,0099	0,0014	0,00633	0,0003	0,054	0,0031	
WHO, EPA, EC ve TSE ye göre Mak. Kirlilik Düzeyini (MCL) aşan sular													
													EPA (2009)
													WHO (2011)
													TSE (2005)
													EC (2007)

Çizelge 5.1. Devam; Yağışlı döneme ait analiz sonuçlarının standartlara göre değerlendirilmesi.

Sıra No	Örnek No	Sb	Se	Zn	Na	K	Mg	Ca	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Fenol
EPA	MCL	0,05	0,05	5	200	-	-	-	250	-	250	-
WHO	mg/lt	0,05	0,01	3	200	-	-	300	250	-	250	-
TSE		0,01	0,01	5	175	10	50	200	250	50	250	0,0005
EC		0,005	0,01	-	200	-	50	100	250	50	250	0,0005
1	4	0	0	0,0065	8,62	1,62	9,42	48,19	3,43	5,73	20,47	0
2	6	0	0	0,0141	5,95	1,55	6,05	37,49	3,71	1,92	17,55	0,02
3	11	0	0,0008	0,0097	27,54	0,93	23,40	67,60	7,23	12,27	21,24	0
4	13	0	0,0008	0,0261	15,85	1,05	16,77	54,32	5,88	13,11	16,69	0,028
5	15	0	0,0012	0,0035	17,63	1,03	18,40	56,10	7,53	16,30	20,84	0,023
6	16	0	0,0021	0,023	26,24	1,17	32,14	84,52	29,29	40,58	27,23	0,021
7	17	0	0,0008	0,0071	10,98	1,36	11,43	51,90	5,99	13,00	21,06	0,018
8	22	0,00383	0,001	0,0531	34,67	1,88	32,26	92,27	37,48	44,57	43,36	0
9	27	0,00427	0,0154	0,0122	19,44	0,87	29,91	72,50	30,48	40,02	51,84	0,0321
10	28	0,00465	0,0012	0,0333	24,05	0,00	26,55	74,97	8,32	22,44	29,93	0,004
11	29	0,00368	0,0012	0,0079	29,01	0,89	32,13	83,70	25,36	34,07	28,17	0,018
12	30	0,00401	0,0009	0,0768	20,75	1,12	18,05	47,54	5,04	10,55	5,27	0,028
13	34	0,00396	0,002	0,0042	42,50	0,88	32,02	85,12	27,47	46,71	32,24	0,024
14	35	0,0051	0,0022	0,0256	23,90	1,17	16,36	77,19	18,27	46,55	16,65	0,021
15	36	0,00481	0,0011	0,0494	18,77	1,09	26,08	71,28	33,13	30,78	15,98	0,018
16	37	0,00487	0,0011	1,7187	33,97	0,95	25,28	74,43	18,36	35,63	23,96	0,009
17	38	0,00466	0,0017	0,0051	43,98	1,33	39,95	117,20	36,71	26,05	56,96	0,024
18	39	0,00426	0,0012	0,0119	49,75	0,00	36,31	99,24	73,00	14,63	68,96	0
19	40	0,00049	0,0041	0,3727	42,53	0,00	27,17	84,98	27,00	15,68	64,53	0,076
20	41	0,00469	0,0061	0,0064	31,63	1,10	38,14	104,30	25,43	50,42	61,05	0,023
21	42	0,00466	0	0,0048	12,10	0,75	18,01	41,58	7,84	10,54	2,92	0,013
22	43	0,004	0,0009	0,0081	43,93	0,00	32,43	91,16	21,36	7,71	56,51	0,034
23	44	0,00321	0,0021	0,0242	36,52	0,85	27,87	59,87	11,04	23,03	18,62	0,155
24	45	0,00333	0,0042	0,0129	39,99	1,30	29,86	93,59	23,85	25,41	58,17	0,022
25	46	0,0044	0,0021	0,0049	35,16	5,89	26,51	79,37	27,87	33,98	39,37	0,017
26	48	0,00451	0,0022	0,0015	20,57	0,99	34,94	90,78	41,96	76,99	22,40	0,036
27	49	0,00429	0,0005	0,4613	21,56	0,80	25,27	63,07	16,70	38,91	10,87	0,027
28	50	0,00375	0,0008	0,0903	37,53	0,96	28,81	59,42	13,63	35,03	15,48	0,014
29	51	0	0,0029	0,0088	26,71	1,00	29,58	87,93	33,83	46,68	48,38	0,029
30	54	0	0,0012	0,0097	18,27	0,66	18,44	53,41	15,10	14,36	12,10	0,019
WHO, EPA, EC ve TSE ye göre Mak. Kirlilik Düzeyini (MCL) aşan sular											EPA (2009)	
											WHO (2011)	
											TSE (2005)	
											EC (2007)	

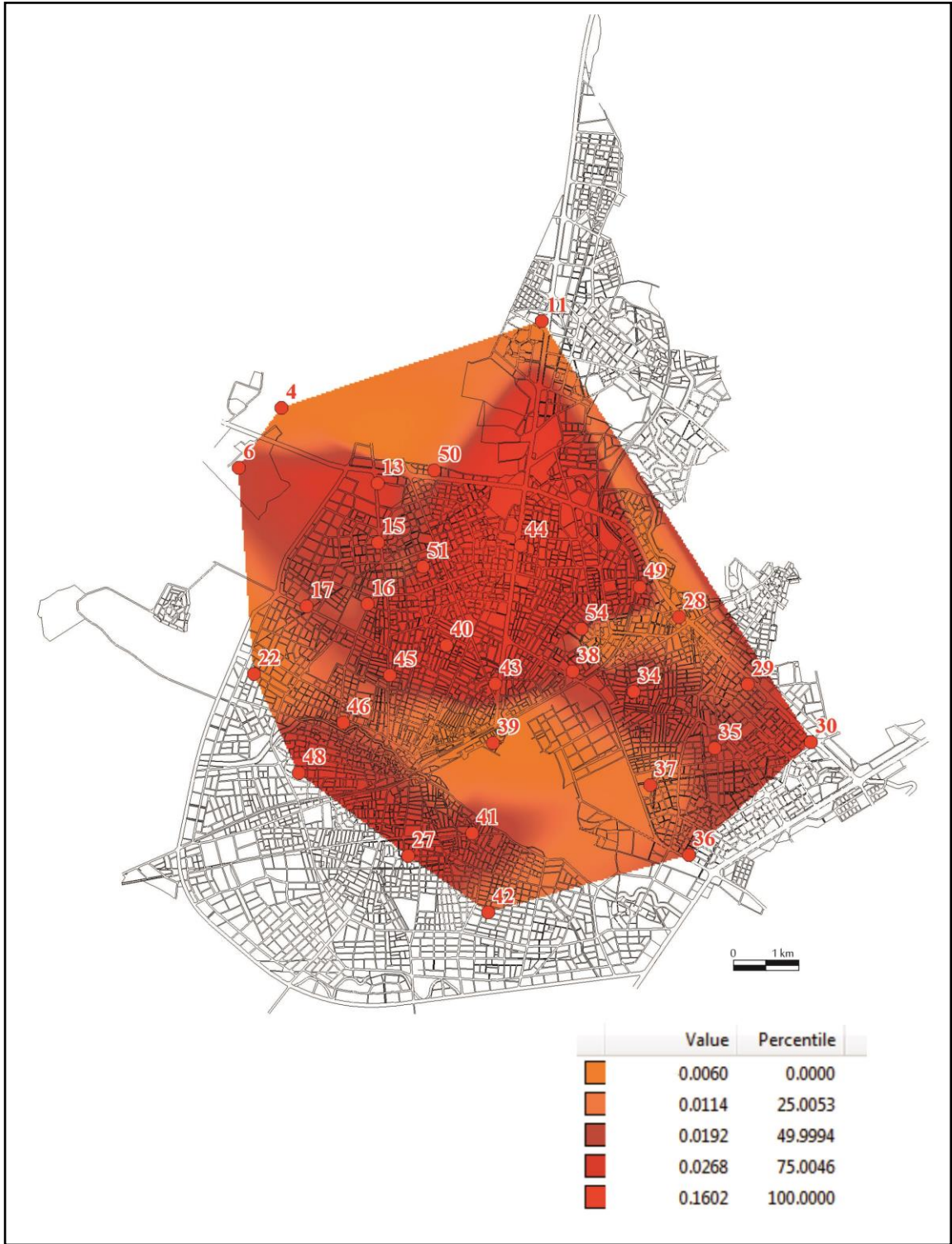
Çizelge 5.2. Kurak döneme ait analiz sonuçlarının standartlara göre değerlendirilmesi.

Sıra No	Örnek No	Al	As	B	Ba	Br	Cr	Cu	Mn	Ni	P	Pb
EPA	MCL	0,2	0,01	-	-	-	0,1	1	0,05	-	-	0,015
WHO		0,2	0,01	2	0,7	0,025	0,05	2	0,1	0,02	-	0,01
TSE	mg/l	0,2	0,05	2	0,3	0,01	0,05	3	0,05	0,05	5	0,05
EC		0,2	0,01	2	-	-	0,05	2	0,05	-	5	0,01
1	4	0,018	0,0007	0,023	0,06047	0,018	0,0012	0,0008	0,00017	0	0,02	0,0001
2	6	0,043	0,0007	0,018	0,05543	0,016	0,0012	0,0004	0,00094	0	0,016	0
3	11	0,049	0,0007	0,034	0,26066	0,051	0,0032	0,0021	0,00052	0,0009	0,036	0,0003
4	13	0,018	0,001	0,029	0,1155	0,056	0,0042	0,0009	0,00036	0	0,024	0,0001
5	15	0,018	0,001	0,03	0,12517	0,066	0,0038	0,0007	0,00014	0	0,027	0
6	16	0,036	0,001	0,041	0,28227	0,111	0,0065	0,0015	0,00073	0	0,024	0,0002
7	17	0,011	0,0007	0,029	0,07204	0,035	0,0027	0,0007	0,00025	0	0,023	0,0001
8	22	0,019	0,0007	0,029	0,07393	0,043	0,003	0,0003	0	0	0,02	0
9	27	0,03	0,0009	0,032	0,16923	0,151	0,0044	0,0008	0,00053	0	0,016	0,0001
10	28	0,016	0,0012	0,034	0,41038	0,073	0,0033	0,0008	0,00031	0,0012	0	0,0001
11	29	0,072	0,0007	0,052	0,5123	0,139	0,0053	0,0028	0,00349	0	0,031	0,0005
12	30	0,022	0,0006	0,033	0,18856	0,061	0,0045	0,0009	0,00041	0	0,014	0,0001
13	34	0,041	0,0008	0,057	0,57397	0,09	0,0062	0,0005	0,0007	0	0,018	0
14	35	0,059	0,001	0,048	0,25434	0,115	0,0071	0,0005	0,0013	0	0,025	0,0002
15	36	0,014	0,0007	0,031	0,19647	0,201	0,0046	0,0007	0,00108	0	0,011	0,0001
16	37	0,015	0,0009	0,052	0,19039	0,092	0,0054	0,0008	0,00039	0	0,022	0
17	38	0,041	0,0012	0,071	0,35502	0,162	0,003	0,002	0,00269	0	0,046	0,0005
18	39	0,03	0,0009	0,093	0,23	0,391	0,0026	0,0011	0,01189	0,0005	0,015	0,0001
19	40	4,793	0,0012	0,101	0,19329	0,095	0,0124	0,0094	0,38313	0,0308	0,611	0,0059
20	41	0,084	0,0011	0,044	0,15338	0,053	0,0056	0,0008	0,0037	0	0,036	0,0001
21	42	0,022	0,0007	0,026	0,11846	0,045	0,0061	0,0004	0,00027	0	0,013	0,0004
22	43	0,02	0,0009	0,119	0,27085	0,092	0,0022	0,0023	0,02574	0,0021	0,029	0,0002
23	44	0,037	0,0017	0,05	0,79679	0,077	0,0066	0,002	0,00507	0,0003	0,024	0,0002
24	45	0,025	0,0008	0,089	0,16905	0,045	0,0028	0,0016	0,00162	0,0004	0,025	0,0002
25	46	0,092	0,0019	0,079	0,14382	0,071	0,0039	0,0021	0,00188	0,0008	0,127	0,0004
26	48	0,018	0,0006	0,04	0,24586	0,07	0,0057	0,0008	0,00029	0	0,015	0
27	49	0,303	0,0016	0,03	0,63921	0,047	0,0044	0,0027	0,0076	0,0012	0,055	0,0003
28	50	0,03	0,0009	0,052	0,28704	0,09	0,0139	0,0007	0,00031	0	0,031	0
29	51	0,208	0,0011	0,055	0,42168	0,166	0,0045	0,0038	0,01209	0,0008	0,041	0,0003
30	54	0,742	0,0007	0,035	0,33887	0,081	0,0119	0,002	0,04635	0,0031	0,093	0,0023
WHO, EPA, EC ve TSE ne göre Mak. Kirlilik Düzeyini (MCL) aşan sular												
												EPA (2009)
												WHO (2011)
												TSE (2005)
												EC (2007)



Çizelge 5.2. Devam; Kurak döneme ait analiz sonuçlarının standartlara göre değerlendirilmesi.

Sıra No	Örnek No	Sb	Se	Zn	Na	K	Mg	Ca	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>
EPA	MCL mg/l	0,05	0,05	5	200	-	-	-	250	-	250
WHO		0,05	0,01	3	200	-	-	300	250	-	250
TSE		0,01	0,01	5	175	10	50	200	250	50	250
EC		0,005	0,01	-	200	-	50	100	250	50	250
1	4	0	0	0,0031	8,63	1,61	9,27	48,26	3,66	5,92	21,40
2	6	0,00006	0,0005	0,0007	7,98	2,07	8,24	48,28	3,30	5,16	20,12
3	11	0	0,0005	0,0091	34,60	1,24	28,86	84,84	8,98	15,01	28,95
4	13	0	0,0006	0,0015	21,57	1,35	22,28	72,98	8,38	18,73	22,08
5	15	0	0,0017	0,0014	22,99	1,66	23,64	77,10	10,74	23,64	27,21
6	16	0	0,0021	0,0038	32,41	1,41	37,10	99,09	32,57	52,80	34,56
7	17	0	0,0007	0,002	13,97	1,69	13,87	61,07	7,36	16,33	27,65
8	22	0	0,0008	0	15,31	1,70	15,03	66,35	9,96	17,30	27,57
9	27	0	0,02	0,0012	22,59	1,05	35,59	89,21	38,06	35,23	80,86
10	28	0	0,0015	0,0085	29,67	0,68	32,19	92,66	10,41	27,44	37,51
11	29	0	0,0015	0,0034	36,66	1,18	39,19	103,74	33,56	41,36	34,57
12	30	0	0,001	0,0043	28,10	1,63	23,63	63,17	6,97	15,11	7,12
13	34	0	0,0024	0,0007	48,16	1,16	36,37	95,52	34,16	60,97	30,99
14	35	0	0,0022	0,0029	29,89	1,39	19,62	91,68	19,20	51,84	21,60
15	36	0	0,0009	0,0409	22,93	1,31	30,06	83,85	41,69	37,39	19,91
16	37	0	0,0014	0,0302	40,71	1,09	30,27	91,65	21,49	44,73	30,98
17	38	0	0,0017	0,0214	51,17	1,70	45,11	135,88	41,99	30,46	67,49
18	39	0	0,0018	0,0032	60,85	0,00	42,89	120,53	92,13	17,52	86,36
19	40	0	0,0036	0,3932	52,76	0,00	33,03	105,08	32,33	19,81	80,62
20	41	0	0,0079	0,0019	36,07	1,27	43,06	118,99	31,44	61,65	69,85
21	42	0	0,0005	0,0015	15,92	0,96	23,41	56,05	10,68	14,99	4,05
22	43	0	0,0005	0,0051	51,11	0,73	35,64	106,55	27,33	9,37	60,31
23	44	0	0,0018	0,0296	46,73	1,08	34,98	76,33	14,47	32,11	23,00
24	45	0	0,0048	0,0037	6,72	1,50	34,69	109,95	27,86	28,97	68,57
25	46	0,00008	0,0024	0,0063	44,31	7,51	33,55	102,14	36,74	45,09	49,77
26	48	0	0,0018	0,0014	26,09	1,75	42,02	109,90	48,12	89,35	31,47
27	49	0	0,0007	0,0286	27,35	0,98	30,72	78,86	19,48	44,36	14,90
28	50	0	0,0013	0,0359	47,51	1,21	34,90	73,51	14,16	42,49	16,33
29	51	0	0,0042	0,007	34,11	1,31	37,21	112,65	40,34	56,23	63,61
30	54	0	0,0016	0,0049	25,28	0,88	24,41	71,33	21,67	18,77	15,75
WHO, EPA, EC ve TSE ne göre Mak. Kirlilik Düzeyini (MCL) aşan sular											
											EPA (2009)
											WHO (2011)
											TSE (2005)
											EC (2007)



Şekil 5.1. Yağışlı döneme ait fenol konsantrasyonlarının (mg/l) dağılımı  
(Not: İnceleme alanının tamamında MCL değeri üzerine çıkmıştır).

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Batman il merkezindeki yeraltısuyunun kalite ve özelliklerini belirlemeye yönelik yapılan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Bölgenin mevsimsel yağış miktarları uzun yıllar ortalamasına bakılarak Ocak - Nisan aylarının 67,25 mm'lik ortalama yağış ile yağışlı periyodu, Haziran - Eylül aylarının 5,1 mm'lik ortalama yağış ile kurak periyodu temsil etmektedir.

2. İnceleme alanında eski ve güncel alüvyonlar ile Şelmo formasyonunun üst seviyeleri akifer özelliğine sahiptir. Halk içme ve özellikle kullanma suyu ihtiyacını 20-100 m derinliğe sahip özel kuyulardan temin etmektedir. Kentin içme suyu Batman Belediyesi BASKİ Müdürlüğü'nce yaklaşık 150 m derinliğe sahip kuyular aracılığı ile Şelmo formasyonundan temin edilmektedir.

3. Aralık-2012 ve Ağustos-2013 dönemlerinde yeraltısuyundan alınan toplamda 60 adet su numunesinin analiz sonuçları ile Schoeller, Wilcox, Piper, ABD tuzluluk, Durov ve Dairesel diyagramları hazırlanarak su kalitesi bakımından değerlendirilmesi yapılmıştır.

4. Su kalitesi bakımından çalışma alanındaki suların;  $Ca+Mg > Na+K$  olduğu, karbonatlı ve sülfatlı sular ile karbonat sertliği  $>$  karbonat olmayan sertliğe sahip su sınıfında olduğu belirlenmiştir. Bunlar  $CaCO_3$  ve  $MgCO_3$ 'lı sular olup, karbonat sertliği % 50'den fazladır. Ayrıca ana anyonun  $HCO_3$  ve ana kationun ise Ca olduğu belirlenmiştir.

5. Sulama amaçlı olarak ABD tuzluluk diyagramında yapılan değerlendirmelerle örnekler çoğunlukla C2S1 bölgesine düşmektedir. Bu da orta derecede tuza ihtiyaç gösteren bitkiler ile sodyuma karşı duyarlı olan bitkiler dışında her türlü tarım için kullanılmasının uygun olduğunu göstermektedir. Wilcox diyagramına göre de suların çok iyi-iyi kullanılabilir nitelikte olduğu belirlenmiştir.

6. İnceleme alanından alınan su örneklerinin analizlerinden TSE (2005), WHO (2011), EPA (2009) ve EC (2007) içme suyu standartlarına göre As, B, Cr, Cu, Ni, P, Pb, Sb, Se, Zn, Na, K, Mg, Cl ve  $SO_4$  konsantrasyonlarının uygun olduğu; Al, Ba, Br, Mn, Ca ve  $NO_3$  konsantrasyonlarının bazı örneklerde kabul edilebilir sınırı aştığı dolayısıyla halk sağlığı için risk taşıdığı belirlenmiştir.

7. Kentteki petrol yataklarının ve rafinaj tesislerinin varlığından kaynaklandığı varsayılan fenol, incelenen örneklerin tamamına yakınında kabul edilebilir maksimum değeri aştığı belirlenmiştir.

8. Kent merkezindeki yeraltısuyunun genellikle içme ve kullanmaya uygun olduğu ancak Huzur Mahallesinde NO<sub>3</sub> bakımından, Şafak Mahallesinde Ca bakımından, Sağlık ve Bağlar Mahallelerinde Mn bakımından, GAP Mahallesinde Ba bakımından, Pınarbaşı, Bağlar, Sağlık, Ziya Gökalp, Raman, Beşevler, Aydınlikevler, Huzur ve Hilal Mahallelerinde Al bakımından ve il merkezinin tamamı Br elementi bakımından risk taşımaktadır.

9. Kentte yaygın olarak açılmış olan özel kuyuların tekniğine uygun açılmamış olması nedeniyle gerek kullanıcıları için gerekse yeraltısuyunun kirlenmesi bakımından risk taşıdıkları tespit edilmiştir.

10. Kent akiferi üzerinde yerleşim alanlarının, hayvancılık faaliyetlerinin, sanayi tesislerinin, TÜPRAŞ ve TPAO'nun yer alması yeraltısuyunu kirletici unsur olarak tehdit etmektedir. Yeraltısuyu seviyesinin yüzeye yakın olması bu unsurların kirlenme riskini daha da hızlandırabilecek durumda olduğu belirlenmiştir.

11. Akiferden alınan su örneklerinde belirlenen kirliliklerin çevresel etkiler ile jeolojik birimlerden kaynaklandığı kanısına varılmıştır.

Yukarıda ortaya konulan sonuçlar neticesinde aşağıda verilmiş olan önerilerin dikkate alınması gerekmektedir:

1. Kent merkezi yeraltısuyunun belirlenen problemleri nedeniyle ilgili kurumlarca kentin ileri jeolojik ve hidrojeolojik çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

2. Göç ve diğer sebeplerle hızlı nüfus artışına ve sanayileşmeye bağlı su ihtiyacındaki oluşacak talep artışına yönelik projeksiyon geliştirilmeli ve buna yönelik acil planlama yapılmalıdır.

3. Batman merkezinin hidrojeolojik özellikleri nedeniyle yeraltısuyunun kalite ve kirlilik bakımından yıllık en az iki dönem olarak sürekli izlenmesi ve kirlilik oluşturan unsurların kökenine yönelik araştırmalar yapılması gerekmektedir. Bu amaçla kentte su yönetim merkezi oluşturulmalıdır.

4. Tekniğine uygun açılmamış kuyuların jeoloji mühendisi kontrolünde incelenmesi, sağlıklı hale getirilmesi ve iyileştirilemeyecek olanların kullanım dışı bırakılması gerekmektedir. Ayrıca kentte yeni su kuyuları açılmasının yetkililerce denetlenmesi halk sağlığı açısından son derece önemlidir.

5. Halk sağlığı açısından riskli olarak belirlenen Al, Ba, Br, Mn, Ca ve NO<sub>3</sub>'ün ayrıca petrol türevi olan fenolün yeraltısuyundaki varlığı göz önüne alınarak,

yeraltısuyundan içme ve kullanma amaçlı su temininin yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir.

6. Kente yeraltısuyunu kirletecek unsurlar ile akiferin mevcut durumu değerlendirilerek, halk sağlığı bakımından daha emniyetli su kaynaklarından kentin su gereksiniminin karşılanması gerekmektedir.



## 7. KAYNAKLAR

- Akyol, İ.H., 1947, Türkiye’de Akarsu Sistemleri ve Rejimleri: Türk Coğrafya Dergisi, III, IX-X, 1-32, Ankara.
- AquaChem, 2014.1, Schlumberger Water Services (SWS).
- Barnes, D.G. and Dourson, M., 1988, Description and Use in Health Risk Assessments: U.S. Environmental Protection Agency, Regul. Toxicol. Pharmacol., 8, 471-486.
- BASKİ, 2005, Batman Su Temini ve Kanalizasyon Projesi Kuyu Sahası Hidrojeoloji Raporu, 17 s., Batman.
- Bolgi, T., 1961, V. Petrol Bölgesi Seksiyon Ölçümleri; AR/TPO/21 Nolu Saha ile Reşan-Dodan Arası Batısındaki Sahanın Etüdleri: TPAO Arama Grubu, Rapor No: 162, 25 s., Ankara.
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 1996, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası: Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Raporu, 28 s., Ankara.
- BTÜ, 2011, Batman İli Yakın Çevresinin Jeolojisi, Tektoniği, Depremselliği ve Yeni Yerleşim Yeri Seçimi Açısından Genel Değerlendirme Raporu: Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 10 s., Batman.
- DSİ, 1971, Batman Barajı Mühendislik Jeolojisi Planlama Raporu: 27 s., Diyarbakır.
- DSİ, 1979, Yukarı Dicle Havzası Hidrojeolojik Etüt Raporu: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Jeoteknik ve Yeraltı suları Dairesi Başkanlığı, 113 s., Ankara.
- DSİ, 1981, Batman Barajı Sulaması II. Mühendislik Jeolojisi Planlama Raporu: 43 s., Diyarbakır.
- DSİ, 1983, Batman Barajı Planlama Raporu: 74 s., Ankara.
- Durov, S.A., 1948, Natural Waters and Graphic Representation of Their Compositions: Akademiya Nauk SSSR Doklady, 59, 87–90.
- EC, 2007, Drinking Water Regulations: ISBN 1-4064-1295-3.
- EPA, 2002, Toxicological Review of Phenol: 213, EPA 635-R-02-006.
- EPA, 2009, National Primary Drinking Water Regulations: EPA 816-F-09-004.
- Erguvanlı, K. ve Yüzer, E., 1987, Yeraltısuları Jeolojisi: İTÜ Yayınevi, No: 23, 339 s., İstanbul
- Göncüoğlu, M.C. ve Turhan, N., 1992, 1/100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Muş-İ33 Paftası: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Hem, D.J., 1971, Study and Interpretation of The Chemical Characteristics of Natural Water: 363, USA.

- Koçman, A., 1993, Türkiye İklimi: Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları, No: 72, İzmir.
- MapInfo 10.0, Pitney Bowes Software Support is the Software Division of Pitney Bowes Inc.
- MGM, 2013, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı, <http://www.meteor.gov.tr>, Ankara.
- MTA, 1962, 1/500 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası: Diyarbakır Paftası ve Raporu, Ankara.
- MTA, 2007, 1/100 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Mardin-M 46 Paftası, No: 69, Ankara.
- Maxson, J.H., 1936, Geology and Petroleum Possibilities of the Hermis Dome: MTA Derleme No: 255, 25 s., Ankara.
- Nalbantçılar, M.T., 2002, Konya Yerleşim Alanı Yeraltı Suyu Kalitesi ve Kirliliği: S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 117 s., Konya.
- Nalbantçılar, M.T. and Güzel, A., 2006, Trace Element Pollution of Drinking Water Supply of Konya, Turkey: Journal Geological Society of India, 68, 1087-1092.
- Nalbantçılar, M.T., Güzel, A. and Durduran, S.S., 2009, Assessing of Groundwater Vulnerability Contamination Potential of Konya, Turkey, Using Hydrogeological Specifications and GIS: Asian Journal of Chemistry, 21/4, 2925-2934.
- Pınarkara, Ş.Y., Arslan, Ş. ve Nalbantçılar, M.T., 2013, Batman'ın Yeraltısuyu Kalitesinin İncelenmesi: Baki Canik Su Medeniyeti Sempozyumu, 7-9 Ekim 2013, 57, Aksaray.
- Piper, A.M., 1944, A Graphic Procedure in Geochemical Interpretation of Water Analyses: American Geophysical Union Transactions, 25, 914-923.
- Richards, L.A., 1954, Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, Agriculture Handbook: No: 60, US Dept. of Agric., 76-80, Washington D.C.
- Schoeller, H., 1962, Les emus Soutenain. es., Massoo et cie, Paris.
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 1988, Çevre ve Orman Bakanlığı, 55 s., Ankara.
- Sunkar, M. ve Tonbul, S., 2012, İluh Deresi (Batman) Havzası'nın Jeomorfolojisi: Coğrafya Dergisi, 24, 38-60.
- Şahinci, A., 1991, Doğal Suların Jeokimyası: Reform Matbaası, 548 s., İzmir.
- Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y., 1986, Doğu Anadolu'da Neotektonik Dönemdeki Jeolojik Evrim ve Havza Modelleri: Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 107, 73-94, Ankara.

- Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Kuşcu, D., 1992, Türkiye Diri Fay Haritası: MTA Yayınları, Ankara.
- Tarcan, G., Filiz, S., Gemici, Ü. ve Sezer, U., 1999, Diyarbakır Akiferlerinin Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Kirlenebilirliği: Türkiye Jeoloji Bülteni, 42/2, 25-38, Ankara.
- Thorntwaite, C.W., 1948, An Approach Toward a Rational Classification of Climate: Geographical Review, 38/1, 55-94.
- Tonbul, S. ve Sunkar, M., 2008, Batman Şehrinde Yer Seçiminin Jeomorfolojik Özellikler ve Doğal Risk Açısından Değerlendirilmesi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu, 103-114, Çanakkale.
- Tonbul, S. ve Sunkar, M., 2009, Batman'da Yaşanan Sel Felaketi (31.10.2006) ve Batman Şehri için Doğal Risk Planlaması: TÜBİTAK Proje No: 107Y072, Ankara.
- TSE, 2005, Sular - İnsani Tüketim Amaçlı Sular: TS 266, Ankara.
- TSE, 1997, Su Kalitesi - Numune Alma Bölüm 2: Numune Alma Teknikleri Kılavuzu, TS 5090, EN 25667-2, Ankara.
- Uluçam, A., 2004, Hasankeyf'i İki Deprem Vurmuş:  
<http://v3.arkitera.com/v1/haberler/2004/07/26/hasankeyf.htm>
- Ünlü, A., 1994, Yeraltısuyu Kirliliği ve Kontrolü: Elazığ Bölgesi ve Yakın Çevresinin Su Sorunları Paneli, Fırat Üniversitesi Yayın No: 39, 54-71, Elazığ.
- WHO, 2011, Guidelines For Drinking-water Quality; 4th ed.: ISBN 9789241548151, Annex 3- Chemical Summary Tab., 472-474.
- Wilcox, L.V., 1955, Classification and Use of Irrigation Waters: US Dept. Agric. Circ. 969, 19 p., Washington D.C.
- Wood, W.W., 1976, A Hypothesis of Ion Filtration In A Potable Water Aquifer System: Ground Water, 14, 233-244.
- Yalçınlar, İ., 1996, Türkiye'de Akarsu ve Vadilerin Gelişmesinde Tektonik Etkiler: Coğrafya Araştırmaları, 4, 1-7.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Şükrü Yavuz PINARKARA  
**Uyruğu** : TC  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Konya / 02.01.1987  
**Telefon** : 0554 619 24 23  
**Faks** : -  
**e-mail** : yavuzpinarkara@gmail.com

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Meram Konya Lisesi, Meram, KONYA	2004
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, KONYA	2010
Yüksek Lisans	: -	
Doktora	: -	

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2011-Devam	Batman Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

### YABANCI DİLLER

İngilizce, İtalyanca