T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YERALTI SULARINDA FLORÜR KİRLENMESİ

Sadık İsmail TEKİNER

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2015

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YERALTI SULARINDA FLORÜR KİRLENMESİ

Sadık İsmail TEKİNER

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2015

Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR'ın danışmanlığında, Sadık İsmail TEKİNER'in hazırladığı **"Yeraltı Sularında Florür Kirlenmesi"** konulu bu çalışma 05/06/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR ……

Üye : Prof. Dr. Azize AYOL ……

Üye : Yrd. Doç. Dr. Özlem DEMİR ……

Bu Tezin Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. Sinan UYANIK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma HÜBAK ve TÜBİTAK Tarafından Desteklenmiştir.
Hübak Prj. No: 13040 ve Ek 13007/Tübitak Prj. No: 110Y234

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirilerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET……. i
ABSTRACT…….. ii
TEŞEKKÜR…….. iii
ŞEKİLLER DİZİNİ……... iv
ÇİZELGELER DİZİNİ……..... vi
SİMGELER DİZİNİ…….. vii
1. GİRİŞ……1
1.1. Akiferlerin Yapısı ve Çeşitleri…….... 3
1.1.1. Serbest akifer……..... 4
1.1.2. Basınçlı akifer…….. 4
1.1.3. Sızıntılı akifer……..... 5
1.1.4. Akifer kaynakları…… 5
1.2. Yeraltı Sularında Kirlenme ve Kirlilik Kökenleri……..... 5
1.2.1. Yeraltı sularında kirletici orijini……. 10
1.2.2. Uygun inşa edilmemiş kuyular…… 11
1.2.3. Madencilik çalışmaları..... 12
1.3. Kirleticilerin Kökeni ve Taşınması……12
1.4. Florür İyonu……13
1.4.1. Florür iyonunun doğada bulunuşu ve kaynakları……. 14
1.4.2. Florün kullanım alanları……. 15
1.4.3. Florüre maruz kalma yolları ve insan sağlığı üzerine etkileri……..... 15
1.4.3.1. Dental etkileri……. 17
1.4.3.2. İskeletsel etkiler……..19
1.4.3.3. Diğer etkileri…….. 20
1.4.4. Florür iyonunun sularda bulunuşu ve etkileri…….. 20
1.4.5. Türkiye'de yeraltı sularında florür dağılımı…… 21
1.5. Sularda Florür İyonu Tayin Yöntemleri…… 24
1.5.1. SPADNS yöntemi……..... 24
1.5.2. ISE yöntemi……. 24
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR……..... 25
3. MATERYAL ve YÖNTEM……29
3.1. Materyal……. 29
3.1.1. Çalışma alanı…….. 29
3.1.1.1. Topografik özellikler……..31
3.1.1.2. Jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri……31
3.1.1.3. İklim şartları ve hidrolojik özellikleri..... 34
3.1.1.4 Arazi kullanım özellikleri..... 35
3.1.1.5. Kullanılan alet ve cihazlar……..... 35
3.2. Metot……. 36
3.2.1. Numune noktalarının belirlenmesi ve numunelerin alınması..... 36
3.2.2. YAS sınıflaması..... 37
3.2.2.1. YAS kalite sınıflaması..... 37
3.2.3. Laboratuvar ve arazi çalışmaları…..37
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA…… 39
4.1. Çalışma Alanının Jeolojisi..... 39
4.2. YAS Kalite Parametrelerine Ait Analiz Sonuçları ve Bölgenin Florür Kirliliği Açısından Değerlendirilmesi……..... 42
4.3. Sulama Suyu Özellikleri ve Sınıflaması……..…… 53
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER…… 58
5.1. Sonuçlar…….. 58
5.2. Öneriler……..... 60
KAYNAKLAR..... 62
ÖZGEÇMİŞ..... 66

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YERALTI SULARINDA FLORÜR KİRLENMESİ

Sadık İsmail TEKİNER

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR
Yıl: 2015, Sayfa: 69

Yüzeysel ve yeraltı suları florür içerdiği için, canlıların ihtiyacı olan florun temel kaynağı durumundadır. Bazı bölgelerde içme suyu olarak kullanılan su kaynaklarında florür konsantrasyonu standart flor dozundan (0.7 – 1.2 mg F/L) yüksek olduğu için burada yaşayan insanlarda görülen florozis halk sağlığı sorunu oluşturmaktadır. Dental florozis probleminin görüldüğü Sarım ve Karataş (Şanlıurfa) köylerinde, yeraltı suyunun fiziksel ve kimyasal niteliklerinin özellikle de florür açısından konsantrasyonunun belirlenmesi için bir yıl süreyle (2012-2013) mevsimsel olarak izleme çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmayla, 65 örnekleme noktasında (kuyularda) yerinde pH, sıcaklık, EC ve florür konsantrasyonuna, laboratuvar da ise Al, Ba, Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Si, ve Zn gibi bir takım metaller (Ca, K, Mg, Na,) ile (Cl), (F), (SO4), alkalinite, nitrit, nitrat ve toplam fosfat gibi parametrelerin analizleri yapılmıştır.

Sonuç olarak; florür konsantrasyonu 1.2 mg/L'den yüksek olan değerler Sarım merkezi kuyu (W-45), Karataş şahıs kuyusu (W-38) ve Kesmetaş şahıs kuyuları (W-10 ve W-11) köylerinde de uygun değerlerin üzerinde sonuçlar elde edilmiştir. Ortalama florür konsantrasyonları için örnekleme noktalarının mevsimsel dağılımında ise genellikle ilkbahar aylarında florür değerlerinin yüksek olduğu görülmüştür. EC açısından çalışma sahası yeraltı suları uygun sınırlar dâhilinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, söz konusu bu köyler de mevcut kuyular içme suyu ve sulama suyu kalitesi açısında da sınıflandırılmıştır. Bu çalışmada sunulan içme suyuna bağlı halk sağlığı problemleriyle karşılaşmamak için içme suyu şebekelerinin olmadığı yeraltı suyu kaynağına bağımlı olan kırsal yerleşimlerde içme suyu analizleri yapılırken özellikle florür parametresine de bakılması önemlidir.

ANAHTAR KELİMELER: Yeraltı suyu, florür kirlenmesi, dental florozis, Şanlıurfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

FLUORIDE CONTAMINATION IN GROUNDWATER

Sadık İsmail TEKİNER

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Science
Department of Environmental Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR
Year: 2015, Page: 69

Since surface and groundwaters contains fluoride ,in the case of the main sources of chlorine are in need of viable. In some areas because of fluoride concentration is higher than the dose of standard fluorine (0.7 – 1.2 mg F/L), fluorosis seen in people who live here constitutes a public health problem in the water resources used for drinking water.The problems of dental fluorosis seen in the Sarım and Karataş (Şanliurfa) villages, the physical and chemical characteristics of groundwater monitoring study have been performed for one year period as seasonal, especially to determine of fluoride concentration. With this study, 65 sampling points (wells) pH, temperature, EC and fluoride concentration, also in laboratory Mn, Al, Cd, Co, Cr, Fe, Ni, Pb, Si, Ba and Zn certain metals (Ca, Mg , Na, K,) and (C), (F), (SO4), alkalinity, nitrite, nitrate and such as total phosphate analysis of parameters have been made.

Finally, fluoride concentration is found high in village of Kesmetaş (W-10 and W-11) in addition to in villages of Sarım (W-45) and Karataş (W-38). In the seasonal distribution of sampling points for the average fluoride concentrations are generally found to be high in fluoride values in the spring moths. Ground water has been found to be within acceptable limits as EC working area. Moreover, the existing wells in these villages are classified in terms of the quality of drinking water and irrigation water. Presented in this study connected to the drinking water to encounter with the public health problems in rural areas that depend on groundwater resources in the absence of the drinking water network, while drinking water analysis is made fluoride is especially important to look at the parameters.

KEY WORDS: Ground water, fluoride contamination, dental fluorosis, Şanlıurfa.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince hem mesleğine hem de hayata yaklaşımıyla bizlere örnek olan, bilgisini ve deneyimlerini her zaman çok cömertçe bizlerle paylaşan yardımlarını eksik etmeyen tecrübe ve yönlendirmeleriyle daima yol gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR'a, yüksek lisans eğitimim boyunca yapıcı, yol gösterici ve zaman zaman manevi destekleriyle yardımda bulunan öğretim üyesi Sayın Dr. Tuba RASTGELDİ DOĞAN'a, tez yazım sürecinde yardımlarını esirgemeyen Sayın Arş. Gör. Dr. Deniz TEKİNER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca yanımda olup sevgi ve desteklerini hiç esirgemeyen annem, babam ve kardeşlerime sonsuz şükranlarımı sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Akifer ve kuyular ……..... 4
Şekil 1.2. Yeraltı suyu kirliliğinde bazı potansiyel kaynaklar……..... 10
Şekil 1.3. Sarım ve Karataş Köylerindeki ilköğretim öğrencilerinde tespit edilen çeşitli dental florozis vakaları …….....…….... 18
Şekil 1.4. 33 yaşındaki bir erkeğin bir iskeletsel florosis hastasının x-ray görüntüsü.....20
Şekil 1.5. Türkiye'de florozis problemlerinin görüldüğü bölgeler.....23
Şekil 3.1. Çalışma alanı yer buldu haritası…….....29
Şekil 3.2. Bölgenin sayısal yükselti modeli haritası……..……30
Şekil 3.3. Çalışma alanının 1:25.000 ölçekli topografik paftaları…….……... 31
Şekil 3.4. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti …….... 33
Şekil 3.5. Çalışma alanı sayısal yükselti modeli haritası……..……....35
Şekil 3.6. Alet, cihazlar ve laboratuvar çalışmasına ait resimler…….....…36
Şekil 3.7. CPS cihazı ile koordinatların belirlenmesi……...36
Şekil 4.1. Karataş (a) ve Sarım (b) köyünün kuyu loğları 40
Şekil 4.2. Çalışma alanının 1:25.000 ölçekli jeoloji hartası.....…….....41
Şekil 4.3. Örnekleme noktaların lokasyon haritası……44
Şekil 4.4 Ortalama florür konsantrasyonlarının örnekleme noktalarına göre dağılımı .....…. 45
Şekil 4.5. Ortalama florür konsantrasyonunun mekânsal dağılımı…….....46
Şekil 4.6. Florür konsantrasyonları için örnekleme noktalarının mevsimsel dağılımı..... 48
Şekil 4.7. Ortalama EC değerlerinin örnekleme noktalarına göre dağılımı..... 49
Şekil 4.8. Ortalama EC değerlerinin mekânsal dağılımı..... 50

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Yeraltı sularında kirlilik orjini……..……..8
Çizelge 1.2. Arazi kullanım kategorilerine göre potansiyel yeraltı suyu kirlilik kaynakları..... 9
Çizelge 1.3. İçme suyunda florür konsan. için ulusal/uluslar arası standartlardaki sınır değerleri... 16
Çizelge 1.4. İçme suyu florür içeriğine göre çocuklara verilmesi gerekli günlük ilave miktarlar... 16
Çizelge 1.5. Dean'in toplum florozisi indeksidir……..…… 18
Çizelge 1.6. Türkiye'de çeşitli bölgelerdeki yüksek florür konsantrasyonları ……..... 21
Çizelge 4.1. Örnekleme noktaları ve koordinatları.....42
Çizelge 4.2. (W-10, W-11, W-38, W-45) Yaz dönemi analizlerin korelasyon matrisi.....46
Çizelge 4.3. (W-10, W-11, W-38, W-45) Ortalama analizlerin korelasyon matrisi.....47
Çizelge 4.4. Ph'ın ulusal ve uluslararası standarlardaki sınır değeri.....51
Çizelge 4.5. Ortalama analizlerin korelasyon matrisi……52
Çizelge 4.6 Örnekleme noktaları ve sulama suyu kalitesi.....53
Çizelge 4.7. SAR'a göre sulama suyu sınıflaması……55
Çizelge 4.8. Suların RSC sınıfı……..56
Çizelge 4.9. Örnekleme noktalarının SAR ve RSC değerlerinin mevsimsel değişimleri……. 56
..

SİMGELER DİZİNİ

CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇO	Çözünmüş oksijen
NO_3	Nitrat
NO_2	Nitrit
PO_4	Fosfat
SO_4	Sülfat
Ca	Kalsiyum
Mg	Magnezyum
K	Potasyum
Na	Sodyum
HCO_3	Bikarbonat
F	Florür
Si	Silisyum
Cl	Klorür
EC	Elektriksel İletkenlik
Al	Alüminyum
Ba	Baryum
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
Cr	Krom
Fe	Demir
Mn	Mangan
Pb	Kurşun
Zn	Çinko
Ni	Nikel
YAS	Yeraltı suyu
SAR	Sodyum Adsorpsiyon Oranı
RSC	Kalıcı Sodyum Karbonat
TDS	Toplam Çözünmüş Katı Madde
SÇD	Su Çerçeve Direktifi
IC	İyon Kromatografisi
ISE	İyon Seçici Elektrot Yöntemi
EU	Avrupa Birliği
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
GPS	Küresel Konum Belirleme Sistemi
ICP	İndüktif eşleşmiş Plazma
SKKY	Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
USEPA	ABD Çevre Koruma Ajansı

1. GİRİŞ

Canlılar yaşamlarını devamı için vazgeçilmez olan suya ihtiyaç duymaktadır. Ülkemiz su kaynakları bakımında yeraltı suyu ve yüzey suları oluşan tatlı su potansiyeline sahip olmasına rağmen, bilindiği gibi su zengini bir ülke değildir. Ülkemizde kuraklık ve diğer sebeplerden dolayı mevcut su kaynaklarımız azalmasına neden olmaktadır. Kişi başına düşen yıllık su miktarına göre ülkemiz su azlığı yaşayan bir ülke konumundadır. Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1.519 m^3 civarındadır (DSİ, 2015).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2030 yılında Türkiye'nin nüfusunun 100 milyon olacağı öngörmektedir. TÜİK verileri doğrultusunda 2030 yılında kişi başına düşen temiz su miktarı 1.120 m^3/yıl düzeyinde olmasını öngörmektedir. Su kaynakları üzerinde ekonomik ve sosyal şartların yükselmesi ile birlikte su tüketim alışkanlıklarında değişmesi su sarfiyatın artmasına neden olacağını ve su kaynakları üzerindeki baskıların tahmin etmek mümkün. Ülkemizin gelecek nesillere temiz ve yeterli su bırakabilmesi için kaynakların çok iyi korunup, akılcı kullanılması şarttır (DSİ, 2015).

Bu bağlamda insanlarında kullanacağı suyun kalitesi bakımında standartlara uygun olması gerekmektedir. İçme suyu standartlarında suyun fiziksel, kimyasal, biyolojik ve radyoaktif özelliklerinde iyi bilmesi önemlidir. Çünkü suyu içerisinde doğal yollarla oluşan veya bulaşan bir kirlilik canlıların yaşamları kısa ve uzun vadede etkileyecektir.

Yeraltı suyu; yağmur, kar, göl, nehir ve benzeri su kütlelerin yer çekimin etkisi ile birlikte, bir kısmının geçirimli tabakalardan sızıp geçirimsiz bir tabaka üzerinde toplanması sonucu meydana gelmektedir.

Akifer içinde biriken sular, çeşitli şekillerde yeryüzüne çıkarak kaynakları oluşturur. Kaynaklar oluştukları yerlere göre çeşitli isimler alır.

Yeraltı sularının kimyasal ve fiziksel özellikleri bakıldığında farklılıklar göstermektedir. Yeraltı suyun fiziksel özellikleri içerisinde en önemli olanlar debi, basınç, sıcaklık ve su seviyesi gibi değişimlerdir. Doğada bulunan yüzey suları ve yeraltı suların tamamı saf değildir içerisinde mineral madde yanı birçok madde içermektedir.

Yeraltı suların önemi sadece geniş alanlarda bulunması ve faydalanılması değil suyun kaliteli olması da önemlidir. Suyun kalitesi kullanım amaçlarına göre suyun kimyasal, fiziksel ve biyolojik etkilere maruz kalarak su içeriğinde değişimler meydana gelmesi ile suyun kalitesine etkilemektedir (Sargın, 2010).

Dişler oluştuktan ve klasifiye olduktan sonra flor alımı dişleri etkilemez. Endemik florozis görülen bir bölgenin çocuklarının %90 inde diş florozisi saptanmıştır. Bulgular özellikle 10-14 yaş aralığında artmaktadır. Dişlerde benekleşme, düşe sarı ve kahverengi çizgiler, mine tabakasının erozyonu, yumuşama ve aşınmadır. Florozisin iskelet üzerine etkileri ise daha geç ortaya çıkar. Yüksek düzeyde alınan flor kemiklerde hidroksiapatit kristallerindeki OH^- iyonlarıyla yer değiştirmektedir. Böylelikle kalsiyum florapatiti şeklinde kemikte birikmektedir. En tipik belirtileri, hastaların güçlükle hareket etmeleridir. Omurga, kalça ve dizlerde şekil bozukluğu ilerler (Fidancı, 1997).

İçme suyu standartlarında su içerisinde florürün 0.5 – 1.0 mg/L aralığını aşması sonucunda insan ve hayvanlarda (dental florozis) dişler de şekil bozukluğu ve kemiklerde değişmeler meydana gelmektedir. Florür kirliğinden kaynaklanan vakaların Türkiye'nin bazı bölgelerinde tespit edilmiştir (Yeşilnacar ve ark., 2012).

Bu araştırmada, bölgenin yeraltı su kalitesi belirlenmesi suyun Su Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliğine, TS 266 ve Dünya Sağlık Örgütünün Su Kalitesine göre sınıflamalara tabi tutulmuştur. Çıkan sonuçlara göre sınır değerleri ile karşılaştırması

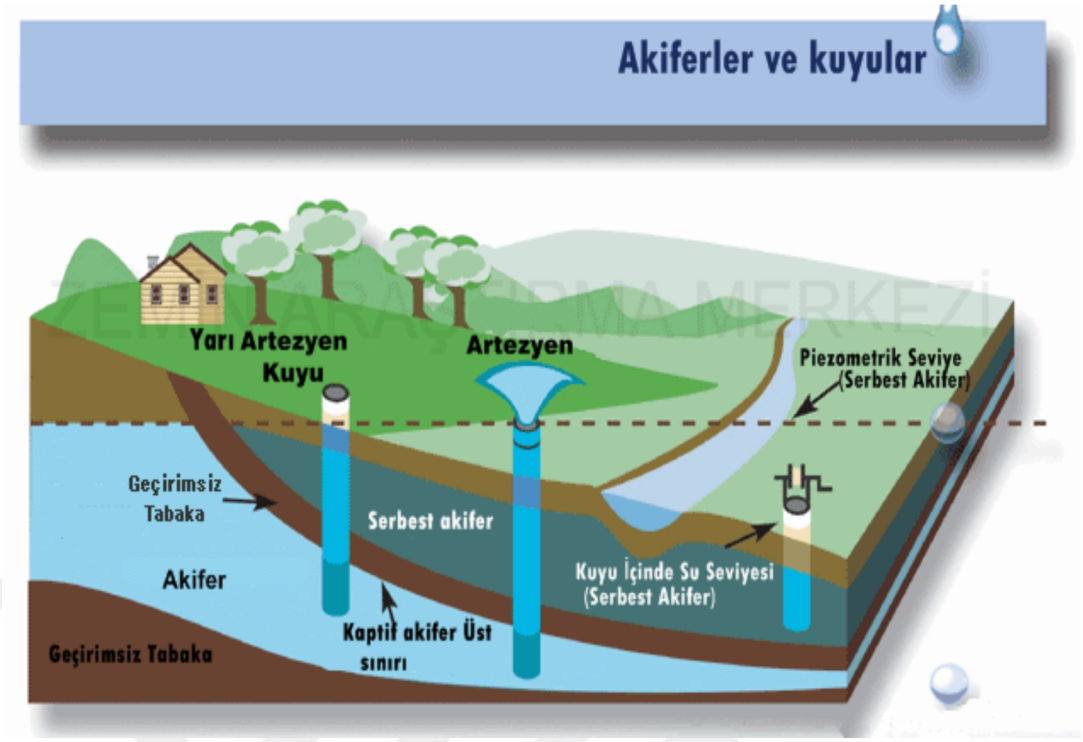
yaparak bölgenin su kalitesi ile birlikte yeraltı suyunda bulunan flordan kaynaklanan florozis vakalarına neden olan yeraltı suları incelenmiştir.

Bu çalışmada yeraltı sularında florür kirlenmesinin sebeplerini araştırmak için hem arazi hem de laboratuvar ölçekli çalışmalar yapılmıştır. Aynı zaman da ağır metal analizleri de yapılarak yeraltı suyunda florür kirlenmesine etkisi de araştırılmıştır.

1.1. Akiferlerin Yapısı ve Çeşitleri

Akifer, masif kayaçlar gibi gözenekli ve boşluklarında suların tutması ile oluşan, suyu tutması ile oluşan, su verme özelliği kazanan kayaç ortamına denilmektedir. Akifer yeraltı suların toplanması ile oluşan doygun jeolojik birim olarak da adlandırılmaktadır (Freeze ve Cheryy, 2003).

Yeraltı suları teşekküllerine göre serbest, basınçlı ve sızıntı akiferler şeklinde sınıflamak mümkündür (Şekil 1.1). Bu tür akiferler de farklı özellikte oluşabilmekte, akiferler bir bölgede tek tip olarak bulunacağı gibi birçok tipi bulunduğu alanlarda rastlamak mümkündür (Yetiş, 2013).



Şekil 1.1. Akifer ve kuyular (Anonim, 2015)

1.1.1. Serbest akifer

Serbest akifer, suyun doygun olduğu jeolojik katmanın üst tarafının geçirimli olmasıyla, yer çekimi etkisiyle suyun süzülerek zeminin doygun bölgesine hava ile temas halinde olan yüzeyin bulunduğu akiferdir (Freeze ve Cherry, 2003). Altlarında ise yarı geçirgen veya geçirgen olmayan bir tabaka bulunur. Serbest akiferlerin üst yüzleri bir düzlem şeklinde değildir. Bu, su taşıyan kayaçların cinsine, tektonik yapısına ve topoğrafyaya göre değişik olur. Bu tür akiferler karalarda yağışla, kıyılarda ise denizin alçalıp yükselmesi ile değişir (Yetiş, 2013).

1.1.2. Basınçlı akifer

Basınçlı akifer, alt kısmı ile üst kısmında geçirimsiz tabaka arasında sıkışmış şekilde bulunan yeraltı sularında oluşan akifer türüdür, genel olarak derinlerde görülmektedir (Bayındır, 2006).

1.1.3. Sızıntılı akifer

Sızıntılı akifer, sınırları serbest ve basınçlı akiferler arasında kalan geçirimliği daha düşük olan su ileten akiferlerdir. Sızıntı akiferler basınçlı ve serbest sızıntı akiferlerden oluşabilmektedir (Freeze ve Cherry., 2003).

1.1.4. Akifer kaynakları

Bunlar gerçek kaynak ve kaynak alanları olup serbest ve basınçlı akifer kaynaklarıdır.

A) Serbest akifer kaynakları

- Dokanak kaynakları: Bu tip kaynaklarda su tablası kaynağa ait geçirimsiz tabana ulaşır. Bunlar boşalma kaynakları, taşma kaynağı, aşırı dolma kaynaklarıdır.
- Çöküntü kaynağı: Su tablası akiferin geçirimsiz tabanından ulaşamaz. Vadi kaynağı da denir. Su tablası vadi tabanından yüksektedir. Akifer akarsuyu besler.

B) Basınçlı akifer kaynakları: Akifer kaynağın hemen memba yönünde basınçlı durumdadır.

C) Özel kaynaklar:

- Devirli kaynaklar: Akımı sürekli, debisi zaman içinde muntazaman azalıp çoğalan kaynaklardır.
- Gayzer kaynaklar: Yeraltından, buhar ve gaz basıncı ile kesintili sıcak su fışkırtan kaynaklardır. Kesintili kaynağın özel bir şeklidir.
- Gazlı kaynaklar: Türlü sıcaklıkta, debisi az ve çok su ile birlikte, vol miktarda türlü gaz çıkaran kaynaklardır (Canik, 1998).

1.2. Yeraltı Sularında Kirlenme ve Kirlilik Kökenleri

Yeraltı suları Kanunu: 167 sayılı Yeraltı suyu Kanun'una (1960) göre yeraltı suları kamu malıdır ve devletin yönetimi ve sahipliğindedir. Yeraltı suyu

kaynaklarına sahip olan arazinin tamamlayıcı olup, kaynakların mülkiyeti ancak çıkarıldığı arazinin mülkiyeti ile birlikte hakkı doğmaktadır (Kalkınma, 2014).

Yeraltı sularının kanununda suların kullanılmasında kamu alanı içerisine alınmıştır. Yeraltı sularının kullanma hakkı ilgili bakanlığa başvuru neticesinde alınacak olan kullanma lisansın alınması ile işletilmesi mümkün olacaktır. Resmi Gazete'de yayımlanarak 7.6.2011 tarihli ve 27957 sayısında yürürlüğe giren "Devlet Su İçleri Yeraltı suyun ölçüm sistemleri yönetmeliği ile 167 sayılı kanuna uygun olarak verilmiştir. Bu yönetmeliklerle yeraltı suların korunması için doğru, çekilme ile beslenme dengesini korunması ve akılcı olarak kullanılması amaçlanmıştır. 7/6/2011 Tarihli ve 27957 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "DSİ Yeraltı suyu Ölçüm Sistemleri Yönetmeliği" ile 167 sayılı Kanuna uygun olarak verilmiş kullanma belgesine istinaden yeraltı suyu kuyusu, galeri, tünel ve benzerlerinden çekilen ve çekilecek olan yeraltı suyu miktarının, ölçüm sistemleri ile ölçülerek kontrol altına alınması ve kullanılacak ölçüm sistemlerinin tespiti amaçlanmıştır (Kalkınma, 2014).

Avrupa Birliği Su Çerçeve direktifinde (SÇD) yüzey ve yeraltı suların, korunması gereken kamu kaynağı olduğu temeli üzerinde görüş bildirmekte, yüzey suların korunması yanı sıra yeraltı sularında korunması, iyileştirilmesi, rezervden çekilen su ile beslenme dengesinin kurulması planlanmıştır (Yetiş, 2013).

Yeraltı sular doğal veya antropojenik faaliyet sonucunda kirlenmelere karşı karşıya kalabilmektedir. Yerleşim yerlerin bulunduğu alanlarda sanayileşme ve şehirleşmenin oluşması, insanların aktiviteleri sonucunda suyun kalitesine etki etmektedir. Suların kirlilik kaynakları farklı noktalardan oluşabilmektedir. Bunlar çöp sahaları, sanayi kuruluşları ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklan sınıflara ayırmak mümkündür. Kirlilik kaynakları çizgisel, noktasal veya her ikisinindi oluşturduğu alanlar ortaya çıkabilmektedir. Belediye hizmetlerin yetersiz olduğu bölgelerde atık suları ve diğer kirlilikleri doğrudan alıcı ortama verilmesiyle yüzey ve yeraltı suların kirlenmesine neden olmaktadır (Kalkınma, 2014). Çizelge 1.1'de yeraltı suyu kirliliğine neden olan kaynaklar; Çizelge 1.2'de ise YAS kirliliğinin

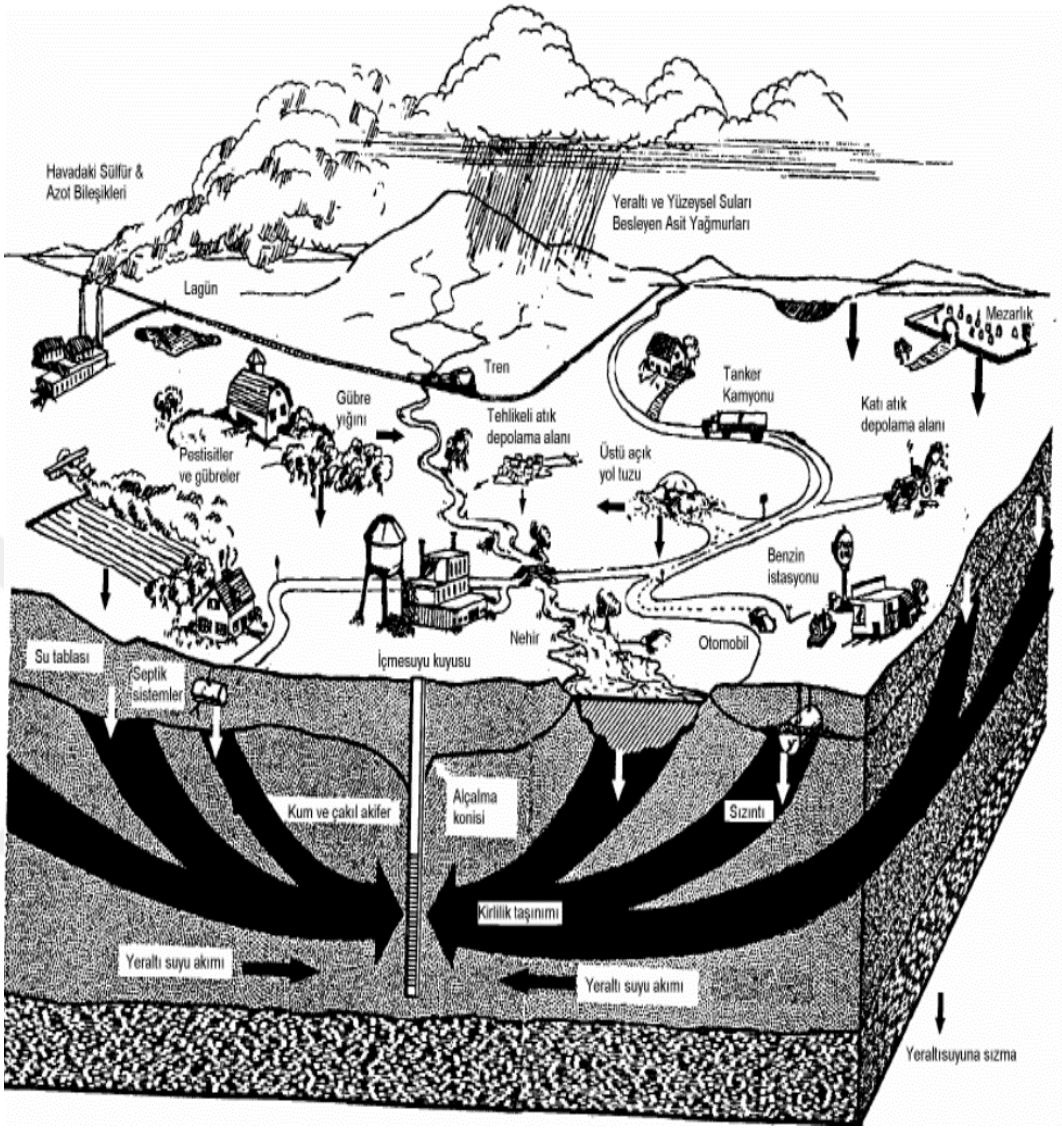
potansiyel kaynakları özetlenmiştir. Şekil 1.2'de ise yeraltı suyu kirleticilerin potansiyel kaynaklarından yaygın olanlar verilmektedir. Bunlardan bazılarına aşağıda değinilmiştir (Yetiş, 2013).

Çizelge 1.1. Yeraltı sularında kirlilik orijini (Yetiş, 2013)

Kirlenme Kaynağı veya Nedeni	Kirlenmenin Geometrisi			Depolama Yöntemi						
	Noktasal	**Çizgisel**	**Dağınık**	**Sızıntı Havuzları**	**Yüzeyden Yayılma ve Sulama**	**Sızdırma Çukurları ve Hendekler**	**Kum Dere Yatakları**	**Atık Sahaları (Katı Dolgu)**	**Atık Kuyuları**	**Enjeksiyon Kuyuları**
--Kentsel--										
Kanalizasyondan sızma	x	x								
Sıvı atıklar	x	x	x	x	x	x	x		x	
Katı atıklar	x							x		
--Endüstriyel--										
Sıvı atıklar	x			x		x			x	x
Depo ve boru hatları										
Sızma/sızıntı	x	x								
Maden çalışmaları	x	x	x	x		x	x	x	x	x
Petrol salamurası	x	x	x	x	x	x	x			x
--Tarımsal--										
Sulama geri dönüş suyu			x		x					
Hayvan atıkları	x		x	x	x	x		x		
Gübreleme ve toprak düzenlemeler			x		x					
Pestisitler			x		x					
--Çeşitli--										
Kaza sonunda kirletici yayılımı, yüzey boşalımları ve döküntüler	x									
Yüzey malzeme depolaması (inşaat malzemesi veya hammadde)	x									
Foseptik lağım ve çukurları	x		x		x	x		x		
Yolların tuzlanması		x	x							
Kaza sonucunda kirletici yayılımı	x									
Tuzlu su girişimi	x		x							
Kuyular arası yer değiştirme	x									
Yüzey suları	x									

Çizelge 1.2. Arazi kullanım kategorilerine göre potansiyel yeraltı suyu kirlilik kaynakları (Yetiş, 2013)

Kategori	**Kirletici Kaynağı**	
Zirai	Hayvan gömme alanları	Gübre yaylan alanlar/çukurlar
Gübre depolama/kullanım		Pestisit depolama/kullanım
Sulama alanları		
Ticari	Havaalanları	Mücevher/metal kaplama
Otomobil tamir atölyeleri		Çamaşırhaneler
İnşaat alanları		Tıbbi kurumlar
Otomobil yıkama		Boya imalathaneleri
Mezarlıklar		Fotoğrafçılık tesisleri
Kategori	**Kirletici Kaynağı**	
Kuru temizleme		Demiryolu rayları
Gaz istasyonları		Araştırma laboratuvarları
Golf sahaları		Atık biriktirme alanları
Depolama tankları		
Endüstriyel	Asfalt tesisleri	Petrol üretimi/depolama
Kimyasal üretimi/depolama		Boru hatları
Elektronik üretimi		Septik lagünleri/çamur alanları
Dökümhane/metal fabrikaları		Depolama tankları
Makine/metal işleme tesisleri		Toksik ve tehlikeli dökülmeler
Madencilik/maden ocağı drenajı ve dekopaj alanları		Kuyular (işletilen/kapatılmış)
Ahşap koruma işlemleri		
Yerleşim alanları	Fuel oil	Septik sistemler/lağımlar
Mobilya yenileme		Kanalizasyon hatları
Evsel tehlikeli ürünler		Yüzme havuzları
Diğer	Tehlikeli atık deponileri	Geri kazanım tesisleri
Yakma tesisleri		Yol bakım depoları
Katı atık deponileri		Taşkın suyu drenajı
Kanalizasyon şebekeleri		Transfer istasyonları



Şekil 1.2. Yeraltı suyu kirliliğinde bazı potansiyel kaynaklar (Yetiş, 2013)

1.2.1. Yeraltı suların kirletici orijini

Yeraltı suyu kirlenmesinin en büyük sebebi, evsel ve endüstriyel atıkların arıtılmadan alıcı ortamlara verilmesidir. Katı, sıvı ve gaz atıklar alıcı ortama verildikten sonra; iklim durumuna, toprağın yapısına, yeryüzü şekline, atığın cinsine ve zamana bağlı olarak yeraltı sularına karışır. Ayrıca zirai mücadele ilaçlarının aşırı ve bilinçsiz kullanımı önemli bir kirlilik sebebidir. Kanalizasyon sisteminin bulunmadığı yerlerde, tuvalet çukurlarından ve gübrelerden sızan kirli sular yeraltı

suyuna karışarak, özellikle yaz aylarında ölümlere yol açan bulaşıcı hastalıklara sebep olmaktadır (Şahin ve ark., 2011).

Septik sistem lağımı yavaş yavaş havalandırma kuşağına bırakır. Yükseltgenme, bakteri indirgenmesi ve çökellerin süzgecinden geçen sular genellikle su tablasına erişmeden önce kirleticilerden arındırılır. Bununla birlikte, kayaçlar çok geçirimli ya da su tablası lağım sistemine çok yakın konumdaysa, yeraltı suyu kirliliği meydana gelir. Dolgu alanı ile su tablası arasında geçirimsiz bir set bulunmazsa, kirleticiler doygunluk kuşağına taşınıp kirlenmesine neden olur (URL 1).

İçme suyunda standartlarında bulunması gerekli olan bazı elementler belirli limitlerin üzerine çıkmakta buda su ihtiyacını karşılayan canlıların sağlığını olumsuz etkilemektedir. Yeryüzünde yaygın olarak bulunan Arsenik konsantrasyonu 0.01 mg/L'den yüksek olan alanlarda zehirleyici etkiye neden olmakta aşırı alımında ölümlere neden olmaktadır. Düşük konsantrasyonlardaki arsenik ise kronik zehirlenmelere, deride yüzeysel yaralara ve deri kanserine yol açmaktadır.

Kayaçlarda bulunan birçok mineraller su etkileşimi ile suyun içerisine geçmekte aşırı şekilde çözünen mineraller suyun kalitesini bozmaktadır. Kalitesi bozulan suların içme suyu olarak kullanılması kısa veya uzun vade hastalıkların ortaya çıkmasına hatta ani ölümlere yol açacaktır. Eser miktarda olması gereken veya standartlardan yüksek değere sahip olan; Selenyum, Demir, CI, Mn, F gibi mineraller çözünerek suyun yapısında bulunarak kirliliğe neden olmaktadır (Yetiş, 2013).

1.2.2. Standartlara uygun olmayan kuyular

Birtakım sorunlar standartlara uygun olarak inşa edilmemiş kuyulardan kaynaklanmakta ve bununla birlikte yüzeysel sularda oluşan kirlilik kuyulara girerek yeraltı sularında kirliliklerin oluşmasına neden olmaktadır. Aşağıda kuyu tipleri ve potansiyel yeraltı suyu kirlilik kaynakları verilmiştir.

- Suyun kötü yönetimi aşırı sulama suyunun ve aşırı çekimlerden dolayı ciddi taban suyu kirlenmesi sebep olmakta.

- Zamanla sulamanın etkisiyle üstteki sutaşırdaki tuzlu su göç aşağıya ve sonra taban suyuna göç etmesiyle yeraltı suyunda kirlenmeler baş göstermeye başlayacaktır.

- Terk edilmiş kuyular içme suyu ihtiyacı için kullanılan kuyularla aynı zonu kullanabilir. Terkedilmiş gözlem kuyularının da genellikle kapatılmadığı için kirleticilerin bir yerden yere taşınmasında aktif rolü bulunmaktadır.

- Aktif sulama ve içme suyu temini kuyuları eksik donatılarla inşa edilmiş iseler yeraltı suyu kirliliğine neden olabilirler. Antropojen faaliyetler sonucu oluşan ve septik sistemlerden gelen atıklar bu durumda kirletici kaynakları olabilir (Yetiş, 2013).

- İçme ve kullanma suyunun karşılamak amacıyla açılan su kuyuları uygun donatılarla yapılmasına rağmen, aşırı sulamadan dolayı suyun toprak içerisinde bulunan pestisitler ve kirletici maddeleri bünyesine alarak korozif özelliği kazan su zamanla kuyu donatılarını aşınmasına neden olmaktadır. Böylelikle yüzeydeki kirlilik doğrudan yeraltı suyu tablasına ulaşmasıyla kirliliğin daha geniş bölgelere yayılmasına neden olmaktadır (Yeşilnacar ve Yenigün, 2011).

1.2.3. Madencilik çalışmaları

Madencilik işletmelerinde ürün elde edilirken metal, asit, pirit, sülfit gibi atıklar için yapılan atık havuzlarına pompalama işlemi sonucu kirleticilerin istenmeyen sebeplerden dolayı toprak ve yüzeysel sulara kontrolü ve kontrolsüz şekilde verilmesi durumunda yeraltı suların kirlenmesine neden olur (Yeşilnacar ve Kadirağagil, 2013).

1.3. Kirleticilerin Kökeni ve Taşınması

Yeraltı suyu kirliliğinin oluşumu, kirleticiler ile rutubet, yeraltındaki maddeler ve yeraltı suyu akımı arasındaki karşılıklı etkileşimlerin bir neticesidir. Yeraltı suyu kirliliği; yer yüzeyinde, yeraltı suyu seviyesinin üzerinde veya yeraltı suyu seviyesinin altında oluşabilir. Yeraltı suyu kirliliğini meydana gelmesine yol açan 3 etken vardır; süzülme, doğrudan intikal ve akiferler arası karışımdır.

Süzülme ile meydana gelen kirlilik muhtemelen en yaygın yeraltı suyu kirliliğidir. Yüzeye bırakılan kirleticiler, topraktaki gözeneklerden süzülür ve yerçekimi etkisi altında doygun zona (akifere) ulaşıncaya kadar toprak (doymamış zon) içinde aşağıya doğru hareket ederler. Kirleticiler doygun zona girdikten sonra yeraltı suyu akımı yönünde hareketlerini sürdürürler. Kirleticiler yüzey altında yeraltı suyu seviyesine yakın yerlere veya doygun zona bırakıldıklarında doğrudan yeraltı suyuna karışırlar. Eski veya tahrip olmuş kuyuların tekniğine uygun şekilde terk edilmemesi neticesinde, kirleticiler kuyu ağızlarından direkt olarak akifere intikal ederler. Bu tür kuyular kirlenmiş suyun bir kuyudan diğerine geçmesine de olanak sağlar.

Son zamanlarda, kirliliklerin yeraltında dağılımını ve taşınmasını tahmin etmeye yönelik dikkate değer ilerlemeler yapılmasına rağmen, her kirlilik lokasyonunun özelliği birbirinden farklı olduğundan her birinin ayrıntılı olarak incelenmesi gereklidir. Bu çalışmalar, özellikle büyük ölçekli altyapı yatırımlarının (kanalizasyon, metro) yer aldığı şehir alanları için önemlidir (Yetiş, 2013).

1.4. Florür İyonu

Saf flor elementi korozif, mat kahverengimsi sarı renkte bir gazdır. Flor elementi, periyodik cetvelde 2. periyot, VIIA grubunda yer alır. Flor elementinin özellikleri aşağıda özetlenmiştir.

Elementin Simgesi: F
Atom Numarası: 9
Bağıl Atom Kütlesi: 18.9984 gram
Yoğunluk: 1.696 g/L
Kaynama Noktası: -188.05 ºC
Erime Noktası: -219.52 ºC
Molar Hacmi: 11.20 ml/mol
Özgül Isı: 0.824 j/gk
Isı İletkenliği: 0.0277 w/mk
Buharlaşma Entalpisi: 3.27 kj / mol
Atomlaşma Entalpisi: 79 kj / mol

Flor elementi, diğer elementler içinde elektronegatifi ve aktifi en yüksek olandır. Çok uçucu bir element olduğu için yüksek sıcaklık şartları altında kolay taşınır. Doğada saf olarak değil, basit florür bileşikleri ve bir çok kompleks iyonlarda bulunur. Başlıca florür bileşikleri; NaF, CaF_2, H_2F_2, Na_2SiF_6, $(NH_4)_2SiF_6$ vb. genellikle florasilikat iyonlarının hidrolizi ile oluşur. Doğada yaygın olarak birleşik formda, florit (CaF_2), kryolit (Na_3AlF_6), topaz, turmalin ve mika içeren çeşitli minerallerin yapısında bulunur. Bu bileşikler, yeraltı suları ile temas ettiğinde çözünerek sularda florür iyonu konsantrasyonunu arttırmaktadır (Beyhan, 2003).

1.4.1. Florür iyonunun doğada bulunuşu ve kaynakları

Florür iyonu doğada serbest halde görülmemektedir. Florür iyonu, kayalık bölgelerde ve iyi çözündükleri için bu bölgelerin yeraltı sularında, yüzeysel sularda, atmosferde ve bitkilerde bulunmaktadır. İçme suyu ihtiyacının karşılandığı göl, nehir gibi yüzeysel sularda F^- iyonu konsantrasyonu 0-6.5 mg/L aralığında bulunabilmektedir (Benefield ve ark., 1982). Yeraltı sularında ise, sıcaklığa; diğer kimyasal elementlere ve bileşiklere; akiferin derinliğine; akiferin fiziksel, kimyasal ve jeolojik özelliklerine; toprak ve kayaçların gözeneklerine ve asiditesine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yeraltı sularında florür iyonunun hiç bulunmadığı sular olduğu gibi; bu iyonun 48 mg/L'ye ulaştığı konsantrasyonlara da rastlanılmıştır.

Florür iyonu konsantrasyonunun Hindistan'da 38.5 mg/L, Kenya'da 25 mg/L'ye ulaştığı tespit edilmiştir. Çin'de Shenyang bölgesinde içme sularındaki florür 4-11 mg/L, Tayland'ın Chang Mai bölgesinde içme sularında ise 10-13 mg/L seviyelerinde bulunmaktadır (Frangsrekam ve ark., 1998).

Suda florür iyonunun bulunmasına sebep olan basıca mineral, kalsiyum florür'dür. Kalsiyum florür (CaF_2), genellikle volkanik kayaların bileşiminde bulunur. Bu nedenle yerin alt kısmına toplanan sularda, özellikle derin kuyu sondajlarında çıkan tuzlu sular ve son zamanlarda tektonik hareketler geçirmiş arazilerden çıkarılan sularda doğal olarak bulunmaktadır. Kalsiyum florür'ün kaynağı ise florit denilen mineraldir (Ergün, 2008).

1.4.2. Florürün kullanım alanları

Flor ve bileşikleri, uranyum başta olmak üzere, çok sayıda ticari kimyasal üretiminde, cama etki eden tek bileşik hidroflorik asit (HF) olduğundan cam yüzeylerin aşındırma işleminde, diş sağlığı için gerekli bir madde olduğu için diş macunlarında, tek atomlu florlar, yarı iletken özelliğe sahip ürünlerin üretiminde kloroflorokarbon, bileşiği buzdolabı, klimalarda ve deodorantlarda kullanılır (Küçükırmak, 2007).

1.4.3. Florüre maruz kalma yolları ve insan sağlığı üzerine etkileri

1940'lı yılların başlarında içme sularında bulunan florürün yararlı ve zararlı etkileri ispatlanmıştır. Bu etkiler esas olarak, diş minesi ve kemiklerde görülmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) içme sularındaki florür konsantrasyonun 1.5 mg/L den daha düşük olan suları tavsiye etmektedir. İçme suyunda fazla miktarda florür içermesi insan ve hayvanlarda için flororis olma riski ile daha fazla tüketilmesi durumunda ise iskelette bozulmalar meydana gelmektedir. İçme suyunda florür konsantrasyonunun ulusal/uluslararası standartlardaki sınır değerleri ve neden olduğu olası sağlık problemleri Çizelge 1.3'de özetlenmiştir (Yeşilnacar ve ark., 2013b).

Çizelge 1.3. İçme suyunda florür konsantrasyonu için ulusal/uluslar arası standartlardaki sınır değerleri (Yeşilnacar ve ark., 2013b)

Sınır değerler	F^- (mg/L)	Sağlığa olası etkileri
Dünya Sağlık Örgütü (2006)		
Minimum değer	0.5	Düşük olduğunda diş çürüme oluşturabilir.
Optimum değer	0.50 – 1.50	Sağlığa olumsuz yan etkisi yok, diş çürüklerini azaltır
Maximum değer	1.50	Dişlerde benek oluşumu, yüksek konsantrasyonlarda "dental fluorosis" diş hastalığı oluşturabilir; 3 mg/L' nin üstünde iskelet sisteminde "skeletal fluorosis" hastalığına neden olabilir.
TS 266 (Sular - İnsanî Tüketim Amaçlı Sular) (2005)		
Müsaade edilen değer	1	Sağlığa olumsuz yan etkisi yok
Maximum değer	1.5	Dişlerde benek oluşumu, yüksek konsantrasyonlarda "dental fluorosis" diş hastalığı oluşturabilir
Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (2004)		
Su Kalite Sınıfı (I)	1	Sağlığa olumsuz yan etkisi yok
Amerika İnsan Sağlığı Birimi US(HHS) ve USEPA		
Optimum Değer	0.7 – 1.2	Sağlığa olumsuz yan etkisi yok.

Florun giderek önem kazanması, çeşitli ülkelerde içme sularına, yemeklik tuzlara, süte, çocukların yedikleri pasta ve çöreklere ilave edilmesine sebep olmuştur. İçme sularında florür iyonu konsantrasyonunun yetersiz olduğu durumlarda, özellikle yaş aralığı 6 ay ile 16 yaş olan çocuklar için sulara florür iyonu ilavesi gereklidir. Günlük florür iyonu ihtiyacı, çocuklarda 10 kg için 0.4 mg, yetişkinlerde 1.5 mg, hamile kadınlarda ise 2.05 mg olarak hesaplanmıştır. Bunun 0.254-0.50 mg'lık kısmı gıdalardan alınır. Geri kalanı içme suyu ile temin edilir. Çizelge 1.4'de çeşitli yaş aralıklarında çocuklara verilmesi gerekli florür iyonu miktarları gösterilmiştir. (Yeşilnacar ve ark., 2013a)

Çizelge 1.4. İçme suyu florür içeriğine göre çocuklara verilmesi gerekli günlük ilave miktarlar (Yeşilnacar ve ark., 2013a)

Yaş	İçme suyundaki florür iyonu konsantrasyonu (mg/L)		
	<0.3	0.3-0.6	>0.6
0-6 ay	-	-	-
6 ay - 3 yıl	0.25 mg/gün	-	-
3 - 6 yıl	0.50 mg/gün	0.25 mg/gün	
6 - 16 yıl	1.0 mg/gün	0.5 mg/gün	

Florür iyonunun sağlık üzerindeki faydalı etkileri belli bir konsantrasyon aralığındadır. İçme sularında olması gerekenden daha az miktarda bulunduğu zaman (0.01-0.5 mg/L) diş çürümesine neden olur. Florür konsantrasyonu 0.5-1.5 mg/L arasında olduğu zaman diş çürümeleri önlenir. Diş çürümelerindeki azalma, florür iyonlarının kalsiyum iyonlarıyla bağlanarak diş minelerini kuvvetlendirmesi ile meydana gelir (Yeşilnacar ve Rastgeldi, 2011b).

1.4.3.1. Dental etkileri

Bir bölgedeki sularda anormal miktarda florür bulunmasıyla, bölge popülâsyonunda çok belirgin şekilde diş minesindeki lekeler ile kronik endemik florozis ortaya çıkmaktadır. Klinik açıdan, diş lekeleri, diş yüzeyinde, ufak beyaz benekler, dağınık düzensiz sarı veya kahverengi noktalar olarak karakterize edilir. 1.5 mg/L'ın üzerinde yüksek florür dental florozise neden olmaktadır. Diş minesinde çukurlar ve sarı-kahverengi lekeler meydana gelmektedir. Florür iyonu konsantrasyonun yetersiz olduğu durumlarda, 0.1 mg/L'den düşük konsantrasyonlarda alınan florür, özellikle yaş aralığı 6 ay ile 16 yaş olan çocuklar da diş çürümelerine neden olmaktadır. Ayrıca zayıf beslenme önemli bir faktördür (Meenanakshi and ark., 2006).

Aşırı florür alımı sonucu dental florozis ortaya çıkarken, içme sularındaki florür konsantrasyonunun 1 mg/L civarında olduğu bölgelerde özellikle çocuklarda diş çürümeleri oranı düşük seviyelerdedir (Yadav ve ark., 2009).

İnsan vücudunun en sert parçası olan diş minesi hidroksil apatit minerali içermektedir. Aşırı miktarda florür alındığı zaman flor iyonları apatit yapının içindeki hidroksil iyonları ile yer değiştirmeye başlar. Böylece hidroksil apatit florapatite dönüşür (Yadav ve ark., 2009). Bu durum, dişlerin renk değiştirmesine ve yapısının bozulmasına neden olur (Şekil 2.1). Günümüzde, estetik bir problem olan dental florozis, ağartma yöntemi ve dişlerin çeşitli protezlerle kaplanmasıyla tedavi edilmektedir.

Dental florozisin sınıflandırılması için çeşitli indeksler geliştirilmiştir. Bu indeksler arasında en yaygın olarak kullanılanı 1934 yılında H.T tarafından geliştirilen Çizelge 1.5'de görüldüğü gibi Dean'in toplum florozisi indeksidir (Yeşilnacar, 2010a).

Çizelge 1.5. Dean'in toplum florozisi indeksi (Yeşilnacar, 2010a)

Sınıflandırma	**Diş Minesindeki Belirtiler**
Normal	Pürüzsüz, parlak, açık krem-beyaz yarı saydam yüzey
Şüpheli	Çok belirsiz beyaz benekler veya beyaz noktalar
Çok Zayıf	Diş yüzeyinin %25'inden az bölümünde küçük opak, kağıt beyazı alanların kaplaması
Zayıf	Diş yüzeyinin %50'sinden az bölümünde opak beyaz alanların kaplaması
Orta	Tüm diş yüzeyi etkilenir; yüzeyde belirgin aşınmalar; kahverengi lekeler bulunabilir
Şiddetli	Tüm diş yüzeyi etkilenir; aralıklı ve birbirinin içine girmiş çukurlar; kahverengi lekeler bulunur



Şekil 1.3. Sarım ve Karataş Köylerindeki ilköğretim öğrencilerinde tespit edilen çeşitli dental florozis vakaları (Yeşilnacar, 2010a; 2010b)

1.4.3.2. İskeletsel etkiler

Endemik iskeletsel florozisin, Hindistan, Çin, kuzey, güney, doğu ve orta Afrika gibi dünyanın pek çok bölgesinde önemli miktarda oluştuğu bilinmektedir. Bu öncelikle, yüksek seviyede floride içeren içme sularının tüketimi ile ilgilidir.

Yetişkinlerde günde 5-40 mg/L florürün içme suyu olarak tüketilmesi sonucunda iskeletsel deformasyonlar meydana geldiği görülmektedir. İçme sularından alınan florürün %50'si iskelette tutulmaktadır, geri kalanı idrar yoluyla atılmaktadır.

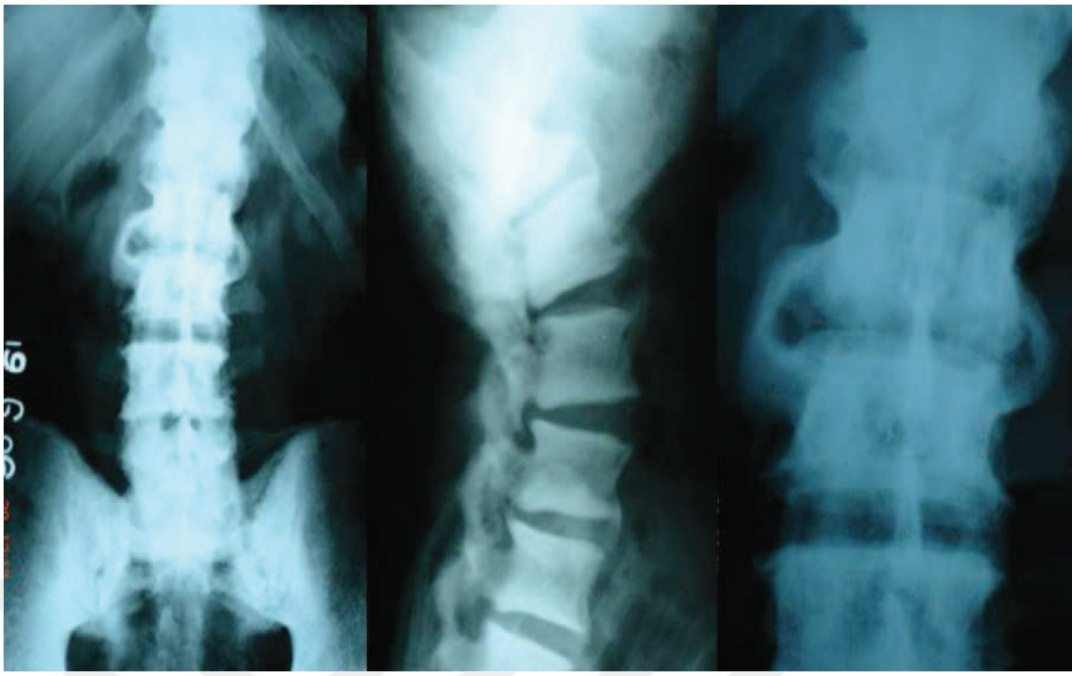
İskeletsel florozisin gelişmesini etkileyen temel faktörler, iklim, su tüketimi, zayıf beslenme, sürekli ve uzun süreli florüre maruz kalındığı işlerde çalışmak ve vücuttaki flor absorpsiyonunu değiştiren diğer maddelere maruz kalınması gibi bir dizi faktörün bileşimidir. Ayrıca havadaki yüksek floride maruz kalınması da iskeletsel florozisin nedeni olabilir (WHO, 2006).

Florür esas olarak boyun, diz, pelvik ve omuz kemiklerinin bağlantı yerlerinde depolanır. Hareket ve yürümeyi zorlaştırır. İskeletsel florozis'in semptomları omurga veya eklem kireçlenmesiyle benzerdir.

İlk semptomları,

- Belirsiz acı
- Sırt sertleşmesi ve yanma hissi
- Uzuvlarda batma ve karıncalanma hissi
- Kas zayıflaması
- Kronik yorgunlu
- Kemiklerde ve liflerde normal olmayan kalsiyum depolanması şeklinde görülür (Dissanayake ve ark., 2009).

Gelişmiş aşamalarında, uzun kemiklerde osteoporozis ve yumrular oluşur. Omurga birbirine kaynaşabilir ve sakatlanmalar olabilir. Sonucunda osteoskleroz (kemik sertleşmesi ve kalınlaşması), bağ ve tendonlarda kireçlenme ve aşırı kemik deformasyonuna yol açabilir (Meenanakshi ve ark., 2006).



Şekil 1.4. 33 yaşındaki bir erkeğin bir iskeletsel florosis hastasının x-ray görüntüsü (Meenanakshi ve ark., 2006).

1.4.3.3. Diğer etkileri

Yüksek florüre uzun süre maruz kalınması sonucunda solunum, karaciğer ve böbreklerde bozukluk ve kanser gibi çeşitli rahatsızlıklarda görülmektedir (Dissanayake ve Chandrafith, 2009).

1.4.4. Florür iyonunun sularda bulunuşu ve etkileri

Nehir, göl gibi içme ve sulama suyu olarak kullanılan yüzeysel suyun içeriğinde F^- konsantrasyonu genellikle 0-6.5 mg/L aralığında bulunabilmektedir (Benefield ve ark., 1982). Yeraltı sularında ise, sıcaklığa; diğer kimyasal elementlere ve bileşiklere; akiferin derinliğine; akiferin kimyasal, fiziksel ve jeolojik özelliklerine; toprak ve kayaçların gözeneklerine ve asiditesine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Suda florür iyonunun bulunmasına sebep olan basıca mineral, kalsiyum florür'dür. Kalsiyum florür (CaF_2), genellikle volkanik kayaların bileşiminde bulunur (Ergün, 2008).

1.4.5. Türkiye'de yeraltı sularında florür dağılımı

Dünyanın belirli bölgelerinde olduğu gibi Türkiye'de de florür konsantrasyonun yüksek olduğu alanlarda sayısal verileri inceleyen çok sayıda çalışma yapılmıştır. Çizelge 2.3'de Türkiye'de çeşitli bölgelerindeki yüksek florür konsantrasyonlarının oluşumunun sayısal özeti ve Şekil 2.3'de florozis problemlerinin görüldüğü bölgeler belirtilmiştir.

Çizelge 1.6. Türkiye'de çeşitli bölgelerdeki yüksek florür konsantrasyonları (Örnek, 1955).

Şehir	Bölge	F Oranı (mg/L)	Numune özellikleri	Referanslar
Isparta	Şehir merkezi	1.5-6		Örnek (1955)
Doğubeyazıt	Doğubeyazıt	6.5-12.5	7 tane	Oruç (1977)
Doğubeyazıt	Tendürek Volkanı (Çaldıran)	2-7.5		Oruç (1977)
Van	Muradiye (Tendürek volkanı güneyi	5.7-15.2	7 tane	Sendil ve Baysu (1973)
Van	Muradiye (Tendürek volkanı kuzeyi)	10.3-12.5	6 tane	Sendil ve Baysu (1973)
Van	Tendürek volkanı kuzeyi	0.05-13.7	23 tane	Oruç (1983)
Eskişehir	Kızılcaören	3.8-4.9		Aksit ve ark. (1980)
Uşak	Esme	0.7-2	13 tane	Oruç ve Vicil (2001)

İçme sularındaki yüksek florür ile ilgili dental florozis ilk olarak yaklaşık 55 yıl önce Isparta bölgesinde gözlenmiştir (Örnek, 1955). Florür seviyesi 1.5 ve 6 mg/L arasında olan yüksek florürlü sular Isparta şehrindeki yaklaşık 100 000 kişi tarafından kullanıldığı tespit edilmiştir. Isparta bölgesindeki sulardaki yüksek florür konsantrasyonu ve içme suyu kaynağı olan Gölcük Gölü alanında bulunan kaya çeşitleri arasındaki ilişki incelenmiş ve gölcük gölü çevresinin sedimental ve volkanik kayalardan oluştuğu saptanmıştır (Oruç, 2008).

Anadolu'daki Tendürek volkanının kuzeyindeki Doğubeyazıt'dan alınan doğal su örneklerinde yapılan yüksek florür saptanmış, insan ve hayvanlarda florozisin oluşumu hakkında ilk rapor Oruç (1997) tarafından hazırlanmıştır. Doğubeyazıt bölgesinden toplanan 7 doğal su örneği, 6.5 ile 12.5 mg/L arasında değişen aşırı miktarda florür içermektedir. Ayrıca Çaldıran bölgesindeki su örnekleri 2 ile 7.5 mg/L arası değişen yüksek miktarda florür bulundurmaktadır.

Yine Oruç tarafından, Tendürek Volkanı etrafındaki kontrol alanında ve florür kirliliğinin olduğu toprak ve bitki örneklerinde ve suda çözünebilir florür hesaplamaları yapılmıştır. Topraktaki florür seviyesi kirlenmiş bölgede 1.64 ile 13.8 mg/L ve kontrol alanında 0.5 ile 0.54 mg/L arasında değişmiştir. Bitki örneklerinde florür ile kirlenmiş alanda 1.85 ile 33 mg/L ve kontrol alanında 0.51 ile 1.13 mg/L arasında florür bulunmuştur. Bitkilerin florür alımında, toprağın içerdiği suda çözünebilir florürün katkısı vardır.

Sendil ve Baysu (1973), Van'ın Muradiye ilçesindeki köylerde insan ve hayvanlarda florozis oluşumu kaydetmiştir. Tendürek volkanın güneyinden elde edilen 7 su örneğinde 5.7 ile 15.2 mg/L arasında ve volkanın kuzeyinden alınan 6 su örneğinde 10.3 ile 12.5 mg/L arasında florür tespit edilmiştir.

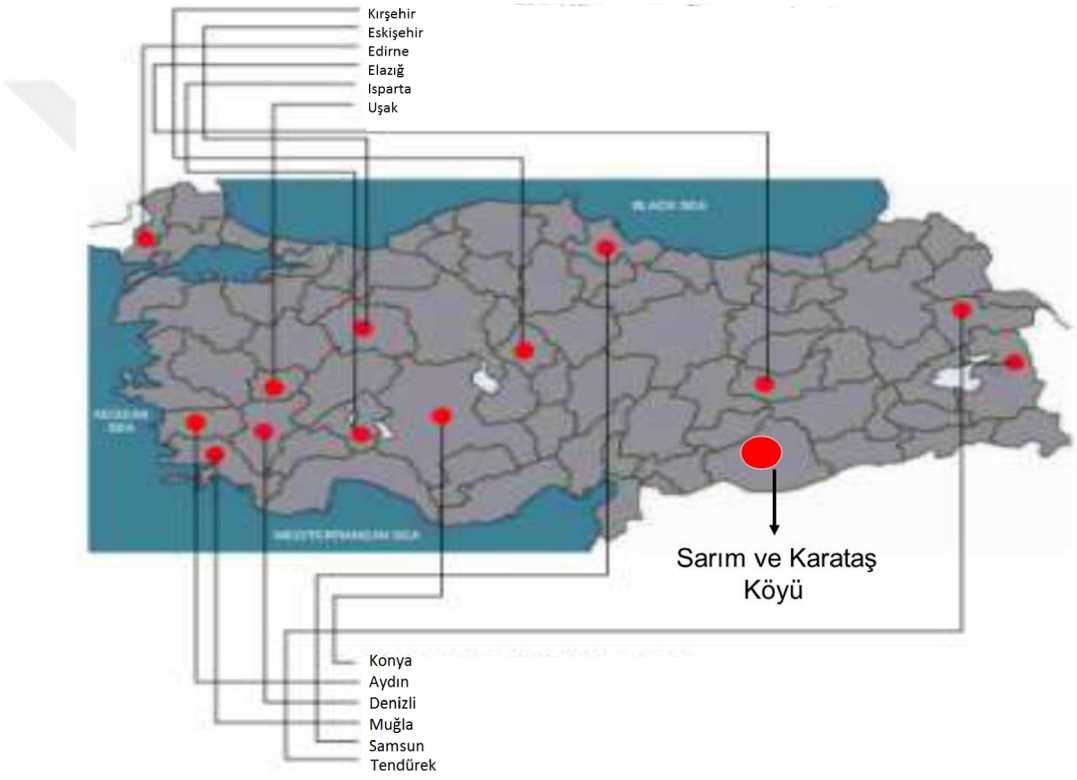
Oruç (2001), tarafından yapılan diğer bir çalışmada Tendürek Volkanın kuzeyinden alınan 23 su örneğinde potansiyometrik ve spektrofotometrik metotlar kullanılarak ölçümler yapılmıştır ve sonucunda 0.05 ve 13.70 mg/L arasında florür konsantrasyonları saptanmıştır.

Akşit ve ark. (1980)'nın Eskişehir, Kızılcaören kasabasında yapmış oldukları çalışmalara göre bu bölgedeki yüksek florür konsantrasyonunun 3.8 ve 4.9 mg/L arasında değişmekte olduğu belirtilmiştir. Kızılcaören bölgesinde bazik volkanik kayalardan oluşmuş zengin hidrotermal cevher depoları bulunmaktadır.

Oruç ve Vicil (2001) Uşak, Esme ilçesi Güllü köyünde 13 içme suyu örneğinde pH, Ca^{+2}, Mg^{+2}, CO_3^{-2}, Cl^-, SO_4^{-2}, Na^{+2} ve K^+ konsantrasyonlarını hesaplayarak F

içeriği ve Na konsantrasyonları arasındaki ve ayrıca F ve Ca+Mg konsantrasyonları arasındaki negatif bağlantıyı tespit etmiştir. Bu bölgede florür konsantrasyonları 0.7 ve 2 mg/L olarak bulunmuştur.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, Şanlıurfa ilinin kuzey batısında yer alan, merkeze bağlı Sarım ve Karataş köylerinde özellikle ilköğretim öğrencilerinde rastlanılan diş çürümeleri ve diş yapısındaki şekil bozuklukları sonucunda, bu bölgede florür araştırması başlatılmıştır. (Yeşilnacar, 2010b)



Şekil 1.5. Türkiye'de florozis problemlerinin görüldüğü bölgeler (Yeşilnacar, 2013b).

Bu köylerden alınan su örneklerinde yapılan kimyasal analizler sonucunda içme sularındaki florür konsantrasyonu değerlerinin 1.32–3.48 mg/L aralığında olduğu tespit edilmiştir (Yeşilnacar, 2010b).

1.5. Sularda Florür İyonu Tayin Yöntemleri

Florür tayini için kullanılan en yaygın kullanılan yöntemler: (WHO, 2006)

- SPADNS Yöntemi
- ISE Yöntemi
- Complexone Metodu
- Alizarin Visual Metodu

Florür iyonun hassas şekilde tayin edilmesi için en uygun yöntemler, elektrot ve kalorimetrik yöntemlerdir. Fakat bu yöntemlerde girişim yapıcı iyonlar hatalar neden olabilir ve ortamda varsa distilasyonla uzaklaştırılması gerekir.

1.5.1. SPADNS yöntemi

SPADNS kalorimetrik metodu florür ile zirkonyum-boya arasındaki reaksiyona dayanmaktadır (APHA, 1998). Florür ve zirkonyum iyonları arasındaki reaksiyon hızı, reaksiyon karışımının asiditesinden etkilenir. Reaktifteki asit içeriğini arttırarak reaksiyon pratik olarak aniden ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilir. Bu yöntem oldukça basit ve hızlıdır.

SPADNS metodu, 0.1 ile 1.4 mg F^-/L doğrusal aralığa sahiptir. Doğrusal olamayan kalibrasyon kullanıldığı zaman bu aralık 3.5 mg F^-/L'ye kadar genişleyebilir.

1.5.2. ISE yöntemi

En kolay florür tayini, iyon seçici elektrotla yapılmaktadır. Bu yöntem ile 0.1 ile 100 mg F^-/L derişim aralığında ölçüm yapılabilmektedir (WHO, 2006). Florür iyonunun etkisi, su içerisindeki toplam iyon şiddeti ve pH'ya etkileşim içerisindedir. Ölçüm yapılacak çözeltiye uygun bir tampon çözelti eklenir. Eklenen bu tampon pH'yı ayarlar, üniform bir iyonik şiddet sağlar ve oluşmuş kompleksleri kırar. Elektrot bünyesinde bulunan lantanyum florür kristali, çözeltide bulunan florür iyonları ile bir potansiyel oluşturur (Çalışkan, 2007).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Uslu (1982), Eskişehir ili Beylikova ilçesi Kızılcaören köyündeki içme sularında 3.9-4.8 mg/L, Fidancı ve ark. (1998) ise 2.0–9.2 mg/L değerlerini elde etmişlerdir.

Oruç (1983), yapmış olduğu çalışmada Isparta ilinde yaygın olarak görülen dişlerdeki lekeli yapıya sulardaki flor neden olduğunu araştırmıştır.

Fidancı (1998), tarafından Türkiye'deki florozis olgusu ayrıntılı irdelemekte ve burada geniş bir referans listesi de bulunmaktadır. Özellikle florozis vakası görülen suların flor değerleri hakkında son derece farklı değerler bulunmaktadır. Bununla birlikte bu değerler florozisi vakasını oluşturacak düzeyde yüksektir. Örneğin Doğu Anadolu'da, Ağrı ili Doğu Beyazıt ilçesi sularının flor içeriği Şendil ve Bayşu (1973) göre 10.3-12.5 mg/L, Oruç (1977) göre, 6.5–12.5 mg/L olarak belirlenmiştir. Van ili Çaldıran ilçesi köyleri sularında Şendil ve Bayşu (1973) 5.7-15.20 mg/L, Oruç (1997) , 2.0–7.5 mg/L, Ergun ve ark. (1987) ise 6.67-1.94 mg/L flor değerlerini tespit etmiştir.

Atabey (2005), Uşak Esme- Güllü köyü, Eskişehir Beylikova-Kızılcaören köyü, Isparta-merkez ve Tendürek volkanı çevresi içme sularında volkanik kayaçlar ile kaya-su etkileşimi sonucu yüksek oranda bulunan florun insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri tespit etmiştir.

Demirel (2010), yapmış olduğu bir çalışma da Kapadokya bölgesinde bulunan flor elementi ve neden olduğu florozis hastalığı hakkında yapılmış olduğu araştırmaların neticesinde gözlemlemiştir. Bu araştırma neticesinde Eskişehir (Kızılcaören köyü ve yakın çevresi hariç), Nevşehir ve Kayseri illerimizdeki içme suyun temin edilen noktalardan alınan numunelerde flor konsantrasyonun düşük olduğunu bildirmiştir.

Varol ve ark. (2010), flor ile ilgili son yapılan çalışmalarda dişlerde görülen lekeler dişlerde bu elementin kalp ve damar hastalıkları ile endokrinolojik hastalıklara da neden olduğunu kanıtlamıştır.

Altundağ (2011), yapmış olduğu çalışmada Sakarya ili ve merkez bölgelerindeki (Kampus, Serdivan, Ozanlar, Camili, Karaman, Erenler 1, Erenler 2, Çark Caddesi, Hızırtepe ve Dörtyol) içme sularını içeren 9 ayrı noktadan alınan toplam 10 adet numunede iyon seçici elektrot ve iyon kromatografisi yöntemleri kullanılarak florür tayini yapmıştır. WHO içme sularındaki flor miktarını 1.5 mg/L'den daha düşük olarak önermektedir. Sakarya ili, merkez ve bölgelerinden alınan içme suyu örneklerinde ortalama flor değerleri standartlara uygun şekilde 1.5 mg/L'in altında tespit etmiştir.

Memiş ve ark. (2011), belediyece yapılan harmanlama işlemleri ile sınır değerleri (>1.5 mg/L) aşan bölgelerdeki suların florür değerleri standart değerlere getirilmiş, ancak bazı bölgelerde ise standart değerlerin (<0.5 mg/L) de altına düşmüştür. Standart değerlerin altına düşen florür değerleri diş gelişimi ve sağlığı açısından olumsuz sonuçlar yaratabilir.

Yeşilnacar ve ark. (2013b), yapmış olduğu TUBİTAK projesinde Şanlıurfa İlinin merkezine bağlı Sarım ve Karataş köylerinde araştırma yapılmıştır. Bu projede florür konsantrasyonun yüksek olan Sarım ve Karataş köylerinde sondaj vurularak 200 m derinliğinde kuyular açılmış ve her 2 m de bir topraktan numune alınarak XRF ve XRD analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda F içeriğine sahip bir yapı tespit edilmemiştir. Bölgede iki tip litoloji kireçtaşı ve kil görülmektedir. XRD ve XRF analizinde F içeren herhangi bir minerale rastlamamış olduğunu, XRD analizi sonucunda tespit edilen mineraller, proje alanında egemen litoloji olan Oligosen – Alt Miyosen'in tipik mineraller olduğunu tespit etmiştir. Köylerde içme suyu olarak kullanılan kuyularda yüksek florür ihtiva etmesi Oligosen – Alt Miyosen yaşlı killi-kireçtaşları içeriğinde yumru şeklinde bulunan F minerallerin suyu içerisinde çözünmesi ile suyun yapısına katılmıştır. Çalışma bölgesinde bulunan

örnekleme noktalarında alınan numunelerde florür iyonun konsantrasyonu düşük çıkmıştır. Bunun nedenini yeraltı suların alındığı en yaygın olan akiferi Eosen yaşlı kireçtaşından suyun alındığına değinilmiştir. Bununla birlikte, açılan kuyularda su miktarının az olmasıyla Oligosen – Alt Miyosen yaşlı killi-kireçtaşlarında yeraltı suyunda florür konsantrasyonuna denek gelinmesinin nedeni su alınan formasyonda florün çözünme, dolaşım ve kaya-su etkileşimini yetersiz olması ve bekleme süresinin düşük olduğundan kaynaklandığını öngörülmektedir.

Şahin (2013), Florürün insan sağlığına olumsuz etkilerinden dolayı alternatif içme suyu kaynağının bulunmadığı durumlarda, aşırı florürün sudan uzaklaştırılması gerekmektedir. İçme sularında bulunan aşırı florürün sudan uzaklaştırılması pahalı ve zordur. Bu nedenle daha ekonomik ve pratik yöntemleri geliştirmek için çok sayıda araştırma yapılmıştır.

İçme sularından florürün uzaklaştırılması için yaygın olarak kullanılan yöntemler 4 kategoriye ayrılabiliriz.

- Membran Prosesleri
- Çöktürme Yöntemi
- Adsorbsiyon
- İyon Değiştirme Yöntemi

İyon değiştirici reçineler; Anyonik iyon değiştirici reçineler ile içme sularından florür uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Reçine içerisindeki klorür iyonları, florür iyonları ile yer değiştirir. Bu süreç reçine üzerindeki büyün alanlar doluncaya kadar devam eder. % 90-95 florür giderimi sağlanır. Bu teknoloji, reçine maliyetinden dolayı pahalıdır ve pH ayarlaması, rejenerasyon ve atık bertarafı gerektirir.

Adsorbsiyon; Modifiye edilmiş killer, ham kil magnezyum ve sodyum ile doyurulmasıyla (K-Na, K-Mg), ham kilin 500 ºC ve 850 ºC kalsine edilmesiyle (K-500, K-850) ve magnezyum ile doyurulmuş kilin 500 ºC'de kalsine edilmesi ile elde edilmiştir. Yapılan çalışmada denge süresine 5 saat sonunda ulaşılmıştır. Florür

adsorpsiyonu adsorban dozunun artmasıyla yükselmiştir. Başlangıç konsantrasyonun düşmesi sonucunda florür adsorpsiyon oranı artmıştır. Florür adsorpsiyonu hem Freundlich hemde Langmuir izotermi ile iyi uyum sağlamıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda ham kil, doyurulmuş killer ve kalsine edilmiş killer üzerinde düşük florür adsorpsiyonu elde edilmiştir.

Yeraltı sularından adsorpsiyon metoduyla florür gideriminde ham materyaller içerisinde en iyi sonuç, demir oksitten alınmıştır. 2.5 ila 4.0 mg/L başlangıç F konsantrasyonları için % 54 - % 55 florür giderimi elde edilmiştir. Dolayısıyla, demir oksit ile sulardan düşük konsantrasyonlarda florür giderimi ile ilgili çalışmaları yaygınlaştırılabilir.

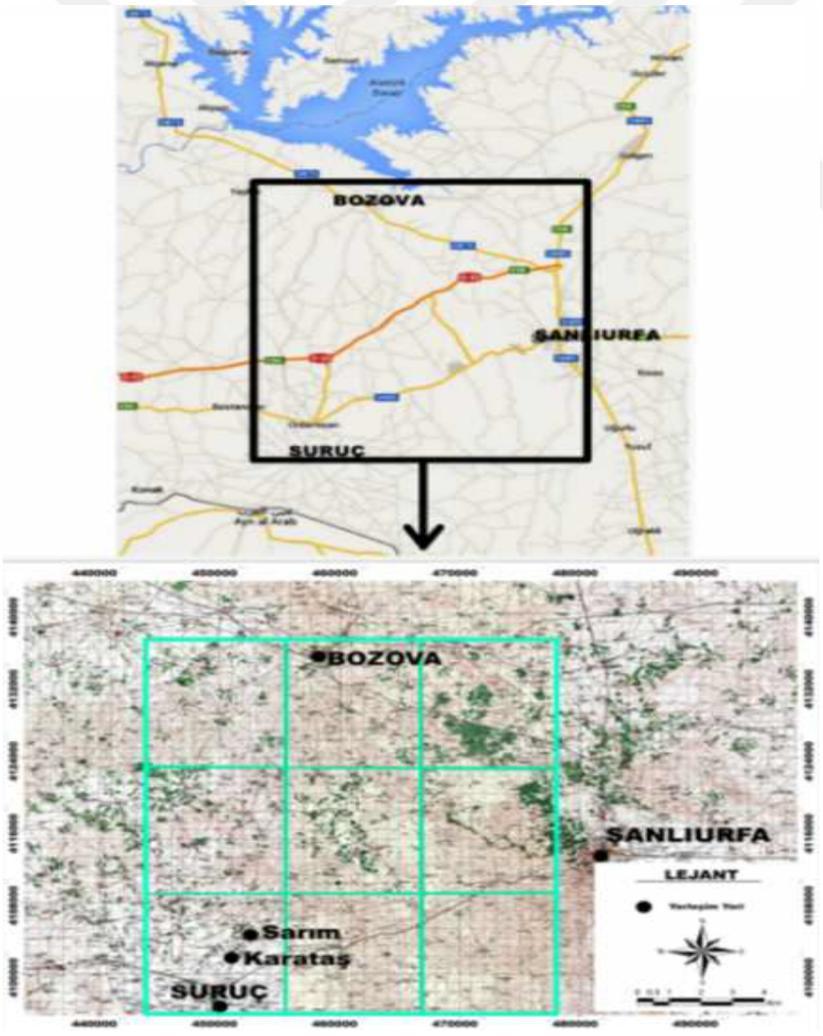
Florürün boksit, kil-yaylak ve kil-yarımtepe üzerindeki adsorpsiyonunun Langmuir izotermine uyumu da yüksek olmuştur. Florürün boksit, kil-yaylak, kil-yarımtepe ve demiroksit üzerinde adsorpsiyonunda, Langmuir izotermine uygunluğunu ifade eden R2 değerleri sırasıyla 0.99, 0.99, 0.95 ve 0.77 olarak bulunmuştur (Yeşilnacar ve ark., 2013b).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

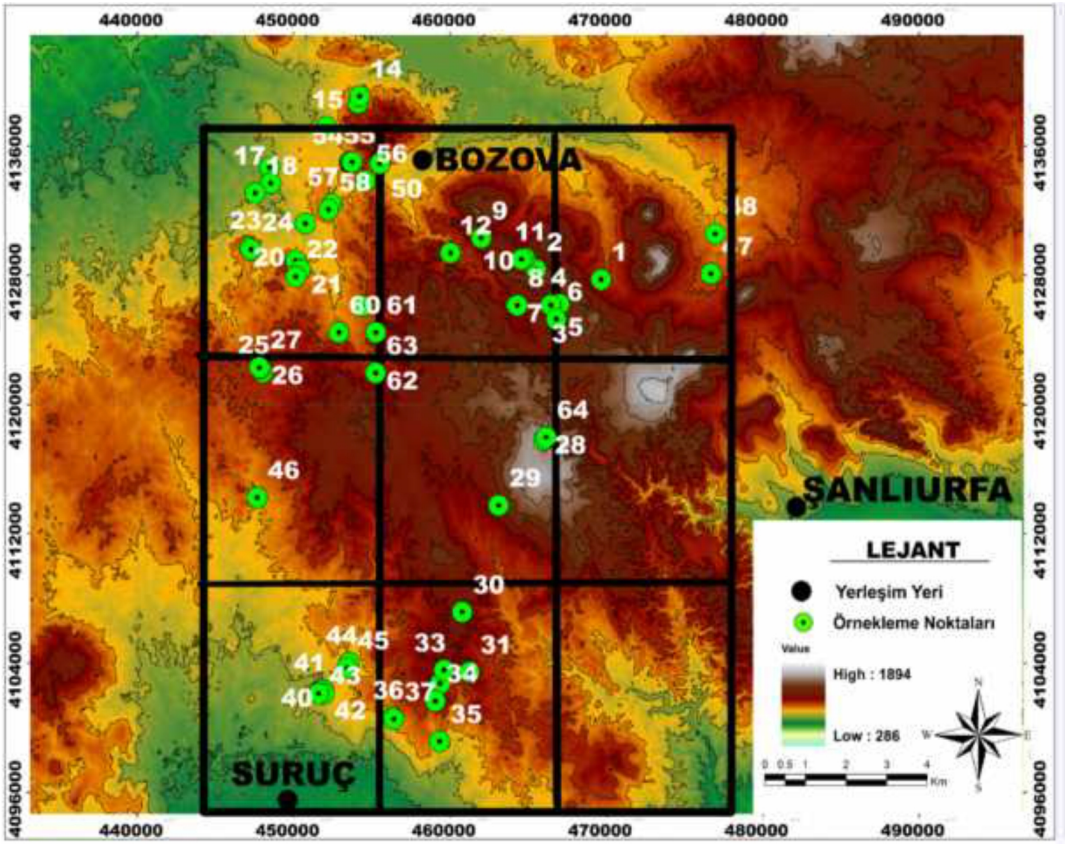
3.1.1. Çalışma alanı

Şanlıurfa'nın batısı, Suruç ve Bozova arasında kalan yerleşim yerlerini kapsayan alanında içeren sahada çalışma yapılmıştır. Büyüklük olarak çalışma alanı (33 km x 41 km) kapsar. Çalışma alanın lokasyonu ve genel durumu Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma alanı yer buldu haritası

Çalışma sahası, bölgenin tipik olan karasal iklimi görülmektedir. Metroloji verilerine göre sıcaklık ortalaması 18.40 ºC, göreceli nem % 51.60, toplam yağış yüksekliği 432.50 mm'dir. Çalışma sahasının yükselti durumunu gösteren haritası Şekil 3.2'de verilmiştir.

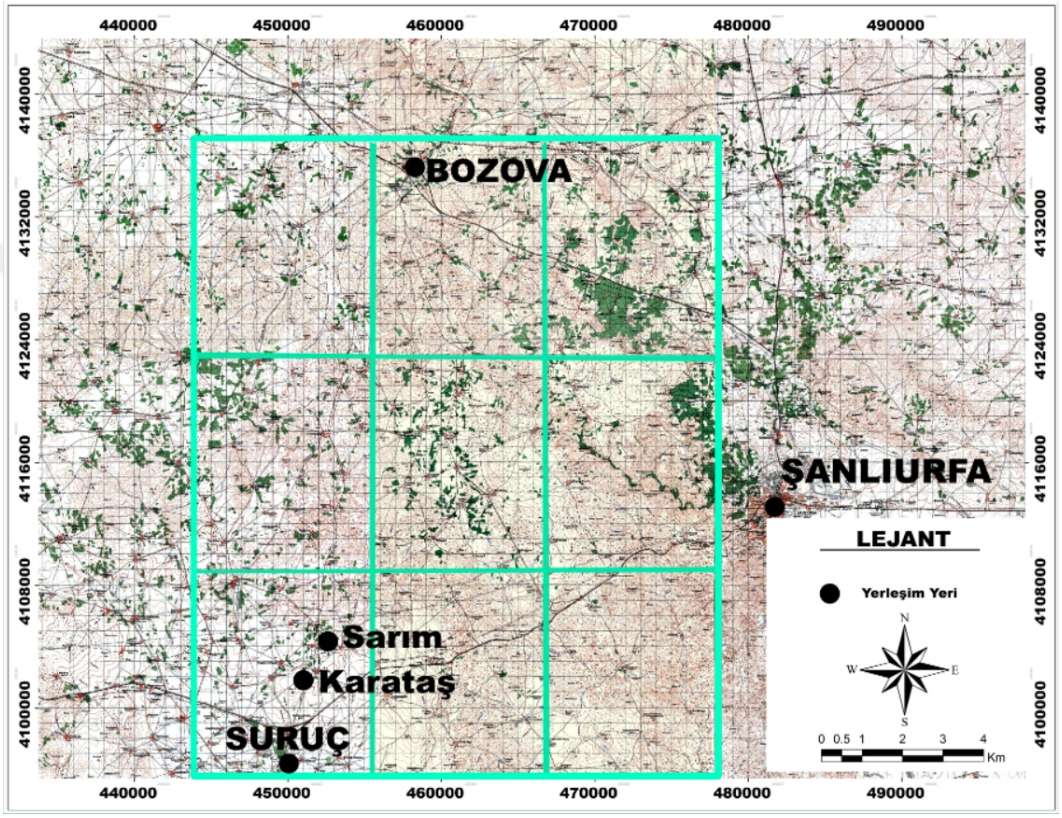


Şekil 3.2. Bölgenin sayısal yükselti haritası

Bölgenin topoğrafına bakıldığında arazi kullanımı, tahıl ürünleri buğday, arpa gibi ürünler ekilmekte ve arazi genellikle taşlık alanları da kapsamaktadır. Güneydoğu Anadolu bölgesinde çoğunlukla küçükbaş hayvancılık yayılım şeklinde yapılmakta ve büyükbaş hayvancılıkta mandıra şeklinde yapılmaktadır. Yerleşimlerinde içme suyunu daha çok arazi sahiplerinin kendi imkânları dâhilinde açılan kuyulardan karşılamaktadır. Köylerde merkezi içme suyu şebekesi sorumlu devlet kuruluşları tarafından açılmaktadır.

3.1.1.1. Topografik özellikler

Çalışma alanın belirlenmesinden sonra bölgede numunelerin alınacak noktaların belirlenmesinden sonra yol güzergâhların çıkarılmasıyla zamanın daha verimli kullanılması için (Şekil 3.3) hazırlanmıştır.

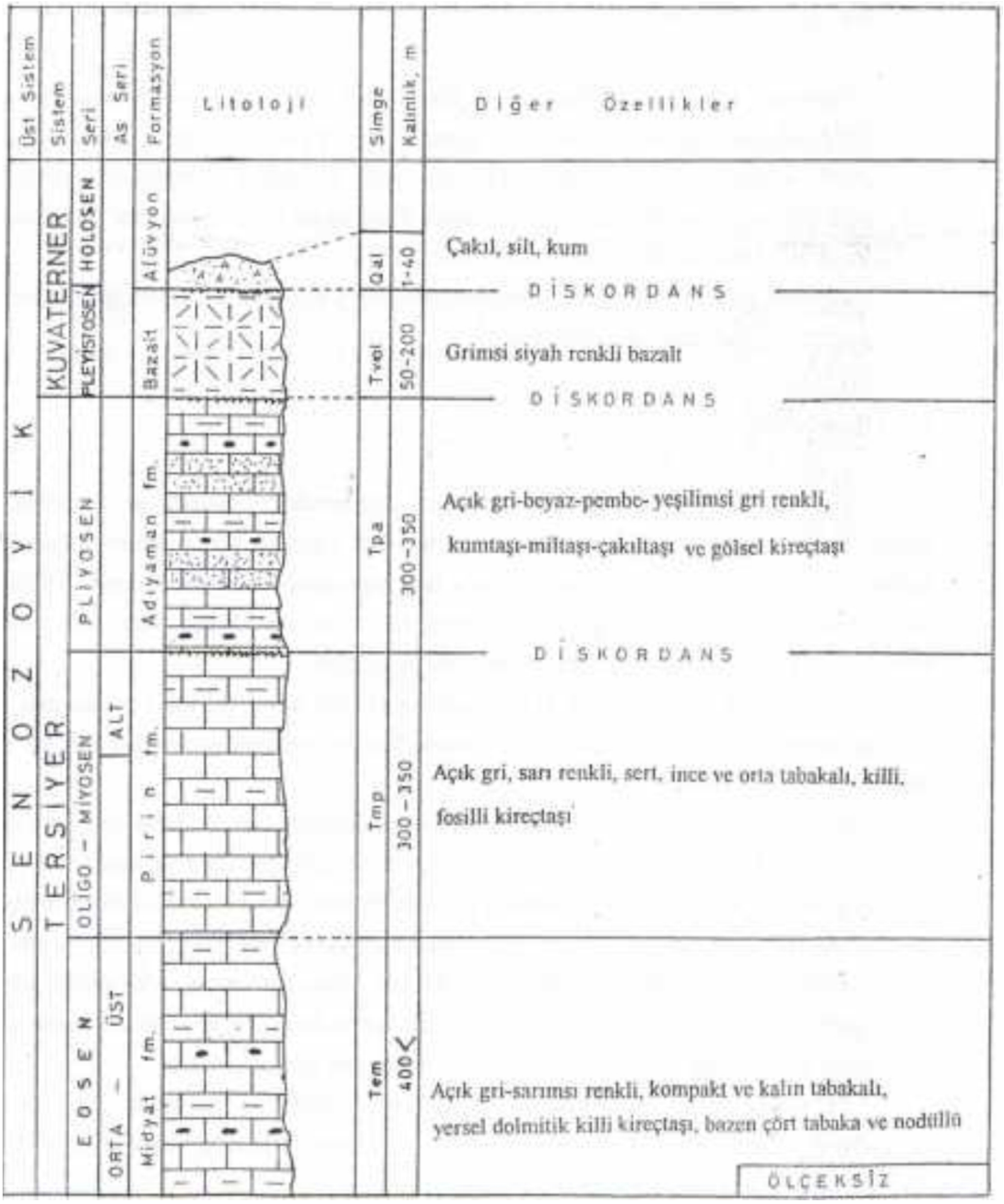


Şekil 3.3. Çalışma alanının 1:25.000 ölçekli topografik paftaları (Yeşilnacar ve ark., 2013b)

3.1.1.2. Jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri

Çalışma alanının (Şekil 3.4) jeolojisi ve petrografisi Yeşilnacar (1995) tarafından incelenmiştir. Buna göre, çalışma alanında sedimanter kayalar ve volkanikler olmak üzere iki farklı kaya turu vardır. Pleyistosen yaşlı bazaltlar, Karacadağ intruzyonu esnasında magmanın bacalarla kırık ve çatlaklar boyunca yüzeye çıkıp yayılması sonucu oluşmuştur. Yüzeyde ve yüzeye yakın olan bu birim bu bölgede bir akifer özelliği taşımamaktadır. Ancak, Siverek- Karacadağ bölgesinde bazaltlardan yıllardır lokal olarak kaynak suyu olarak yararlanılmaktadır. Bugüne

kadar, bazaltlardan kaynaklanan bir florür problemi rapor edilmemiştir. Pliyosen yaşlı formasyonun akifer özelliği bulunmamakla birlikte çok az su veren kesimlerde su kalitesi çok düşüktür. Oligosen – Alt Miyosen yaşlı formasyonun akifer özelliği yoktur, hidrojeolojik olarak akiklud olarak tanımlanabilir. Eosen yaşlı formasyon, genellikle kristalize kirectaşlarından oluşmuştur. Karstik yapılar iyi geliştiğinden bölgenin önemli akiferi konumundadır. Bölgede içme suyu amaçlı acılan kuyularda Eosen yaşlı birimden yararlanılmaktadır. Bu birimin ince kesitlerinde florit mineraline rastlanılmamıştır (Yeşilnacar, 1995). Ancak, Şanlıurfa ili yeraltı kaynakları bakımından çok sınırlı bir çeşitliliğe ve potansiyele sahiptir. İl ve civarında MTA tarafından yapılan çalışmalar sonucunda, Bozova ilçesinde fosfat yatakları ortaya çıkarılmıştır. Bozova ilçesindeki Bostancık koyu civarında gözlenen fosfat cevherleşmelerinde % 3-5 P_2O_5 içerikli 40 000 ton görünür, 31 260 ton muhtemel ve 1 400 000 ton mümkün olmak üzere toplam 1 471 260 ton rezerv belirlenmiştir (MTA, 2010a). Bozova ve Tut koyu fosfat zuhurlarının tümü, fosfat içeren çökellerdir. Bunların içinde mercek biçiminde fosforit yatakları vardır (Beer, 1966; 1967). Fakat halihazırda işletilen bir fosfat sahası bulunmamaktadır.



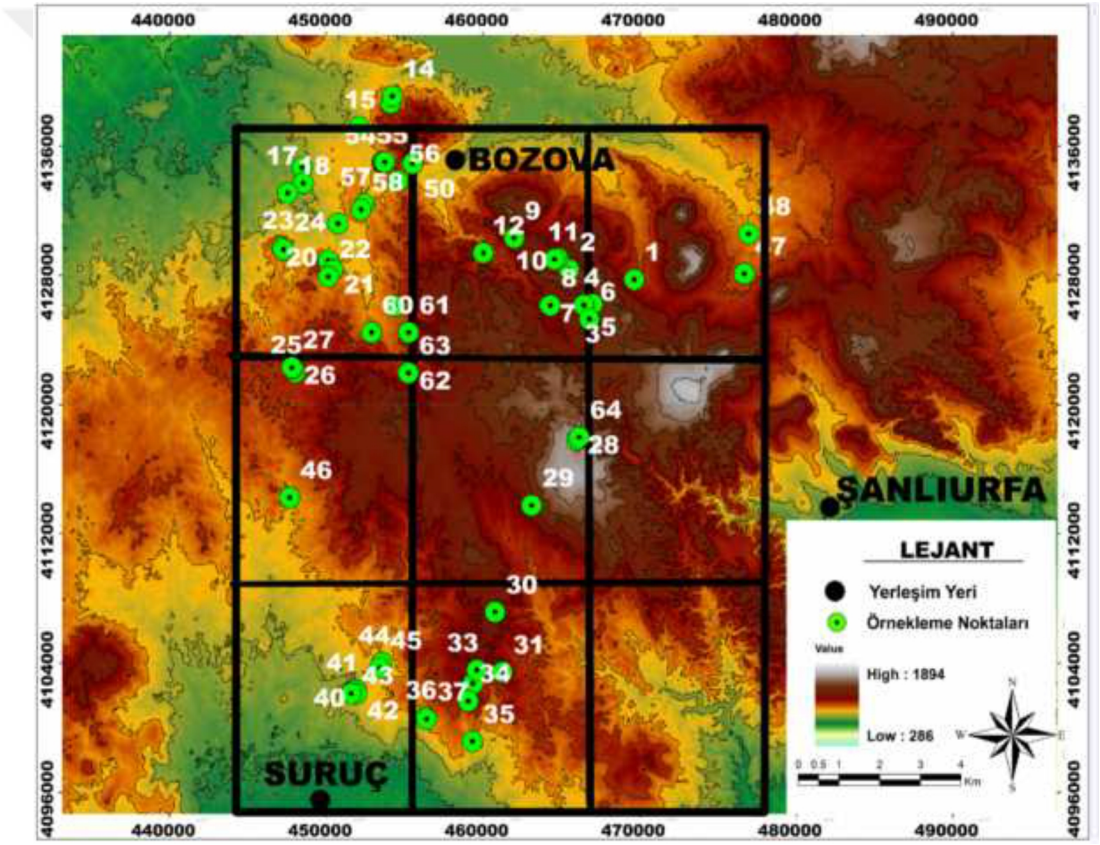
Şekil 3.4. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Yeşilnacar, 1995)

Çalışma alanına en yakın Bozova fosfat sahasının (% 3-5 P_2O_5 tenorlu), Güneydoğu Türkiye Üst Kretase fosfat bölgesinin paleocoğrafyası ve fasiyesi (Beer, 1967) konulu çalışmaya göre; Mazıdağı (Mardin) fosfat yataklarına (% 15-21 P_2O_5 tenoru) bağlı olarak oluştuğu belirtilmiştir. Bu saha, 1993 yılına kadar işletilmiş bugün için özelleştirme kapsamındadır (MTA, 2010b). Yüksek florürün fosfatlardan kaynaklanabileceği olasılığı için Sağlık Bakanlığının hazırladığı ve 1999-2003 yılını

kapsayan Türkiye'nim Su Flüor Haritasına bakıldığında Mardin ili ve ilçelerinde içme suyunda florür oranının ortalama 0.50 mg/L olduğu görülür.

3.1.1.3. İklim şartları ve hidrolojik özellikleri

Çalışma sahası, bölgenin tipik olan karasal iklimi görülmektedir. Metroloji verilerine göre sıcaklık ortalaması 18.40 ºC, göreceli nem % 51.60, toplam yağış yüksekliği 432.50 mm'dir. Çalışma sahasının yükselti durumunu gösteren harita Şekil 3.5'de verilmiştir.



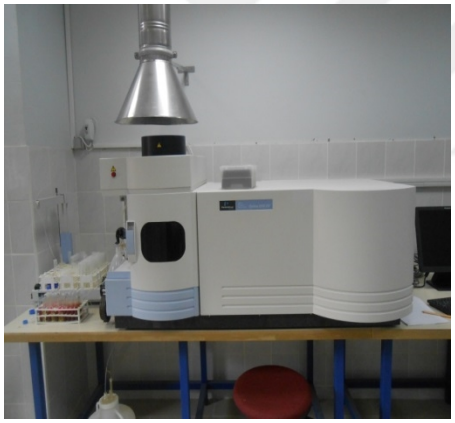
Şekil 3.5. Çalışma alanı sayısal yükselti modeli haritası (Yeşilnacar ve ark., 2013b)

3.1.1.4. Arazi kullanım özellikleri

Bölgenin topoğrafına bakıldığında arazi işlenmesi, tahıl ürünleri gibi ürünler ekilmekte ve arazi genellikle taşlık alanları da kapsamaktadır. Güneydoğu Anadolu bölgesinde çoğunlukla küçükbaş hayvancılık yayılım şeklinde yapılmakta ve büyükbaş hayvancılıkta mandıra şeklinde yapılmaktadır. Yerleşimlerinde içme suyunu daha çok arazi sahiplerinin kendi imkânları dâhilinde açılan kuyulardan karşılamaktadır. Köylerde merkezi içme suyu şebekesi sorumlu devlet kuruluşları tarafından açılmaktadır.

3.1.1.5. Kullanılan alet ve cihazlar

Kullanılan cihaz ve malzemelerin isimleri ve bunlara ait resimler Şekil 3.6'da sunulmuştur.



Perkin Elmer Optima 5300 DV Optik Emisyon (ICP)



GPS cihazı



Hach HQ40d portative multi parameter cihazı



Arazi çalışmaları



Arazi çalışmaları

Şekil 3.6. Alet, cihazlar ve laboratuvar çalışmasına ait resimler

3.2. Metot

3.2.1. Numune noktalarının belirlenmesi ve numunelerin alınması

Çalışma sahası 1 353 km^2'lik bir alana sahiptir. Çalışma alanında yapılan ön çalışmadan sonra numune alma noktaların 65 örnekleme yerleri belirlendi. Numune alma noktaları GPS ile konumları elde edilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. GPS cihazı ile kuyu koordinatlarının belirlenmesi

Belirlenen kuyulardan mevsimsel olarak numunelerin "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği" ne uygun olarak alınması ve uygun koşullarda saklanarak laboratuvara getirilmiştir.

3.2.2. YAS sınıflaması

3.2.2.1. YAS kalite sınıflaması

Suyun; nitel ve nicel anlamda kaliteli olması insan, hayvan, tarım, endüstri ve çevre açısından hayati bir öneme sahiptir. Suyun kalitesi, önceleri, insanlar tarafından nitel gözlemler sayesinde (tat, koku, sıcaklık, renk vb.) kabul edilmiştir. Gelişen teknolojiyle birlikte bugün doğadaki suyun kalitesi, fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreleri tanımlanmış alt ve üst sınırlarının konulmasıyla mümkün olabileceği gösterilmiştir İnsanların sağlıklı yaşayabilmeleri ve yaşamlarını devam ettirebilmeleri için gerekli olan suyun kullanım amacı doğrultusunda kullanılması, suyun fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özelliklerinin bilinmesi ve bu özelliklerin belli sınırları aşmaması gerekmektedir (Varol ve ark., 2008). Bu nedenle, dünyada ve ülkemizde kullanılmakta olan kullanım koşullarına (içme, kullanma, sulama) göre geliştirilmiş standart değerler bulunmaktadır. Yeraltı suyu kalitesini insani tüketim amaçlı ve tarımsal kullanım amacına göre belirlemek ve değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan ulusal ve uluslararası yönetmelikler ve sınıflamalar; SKKY, Yeraltı Sularının Kirlenmeye ve Bozulmaya Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik, TSE TS-266, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, WHO ve USEPA gibi standartları içermektedir (Yetiş, 2013).

3.2.3. Laboratuvar ve arazi çalışmaları

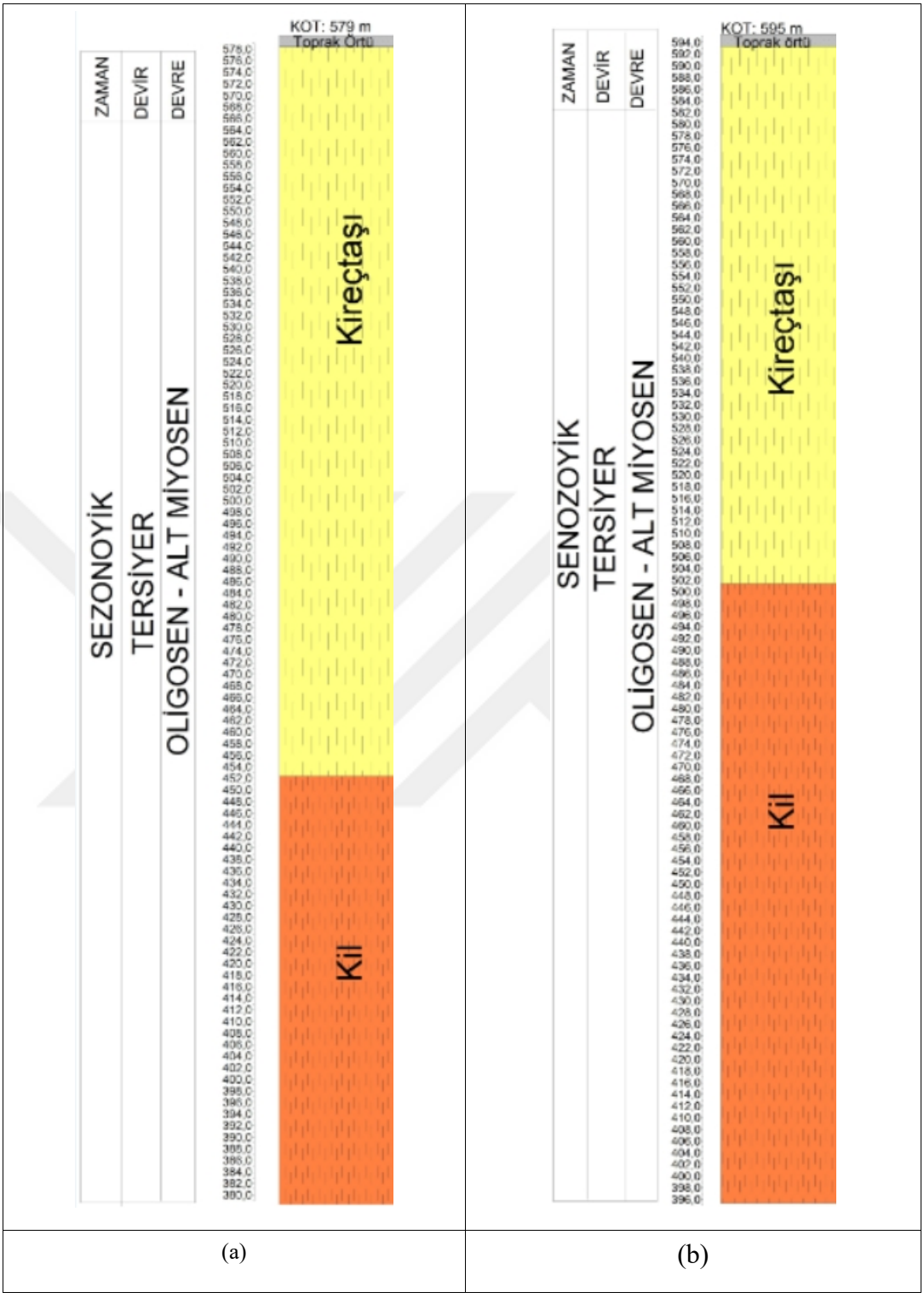
Bu çalışma, arazi ve laboratuvar çalışmalarını kapsayan iki ana bölümden oluşmuştur. Numune alınan bu kuyularda, su kalitesi sınıflaması ve ağır metal içeriği belirlemesi için örnekler alınarak aşağıdaki parametreler belirlenerek analizler yapılmıştır. Bu iyonlar (F^-, SO_4^{-2}, Cl^-, NO_3^{-2}, NO_2^-, PO_4^{-2} gibi) bölüm laboratuvarımızda iyon kromatografisi (IC) analizleri yapılmıştır. Diğer elementler için, Harran Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında üniversite Inductive Coupling

Plasma (ICP) Optik Emisyon Spektrometresiyle analizler yaptırılacaktır. F, Ca, Mg, Na, K, HCO_3, SO_4, Cl, NO_3, NO_2, PO_4, pH, EC, sıcaklık, bulanıklık, Al, Cd, Co, Cr, Mn, Ni, Pb, Si, Ti, Zn. Arazi çalışması sırasında bazı ölçümlerin yerinde yapılması gerekmekte ölçülmesi gereken parametreler; F, pH, EC ve sıcaklıktır. Ölçüm için taşınabilir Hach HQ40d portatif multi parametre cihazına verilmiştir. Cihazda bulunan problarla sıcaklık, pH, EC ve F ölçümlerinde kullanılmıştır.

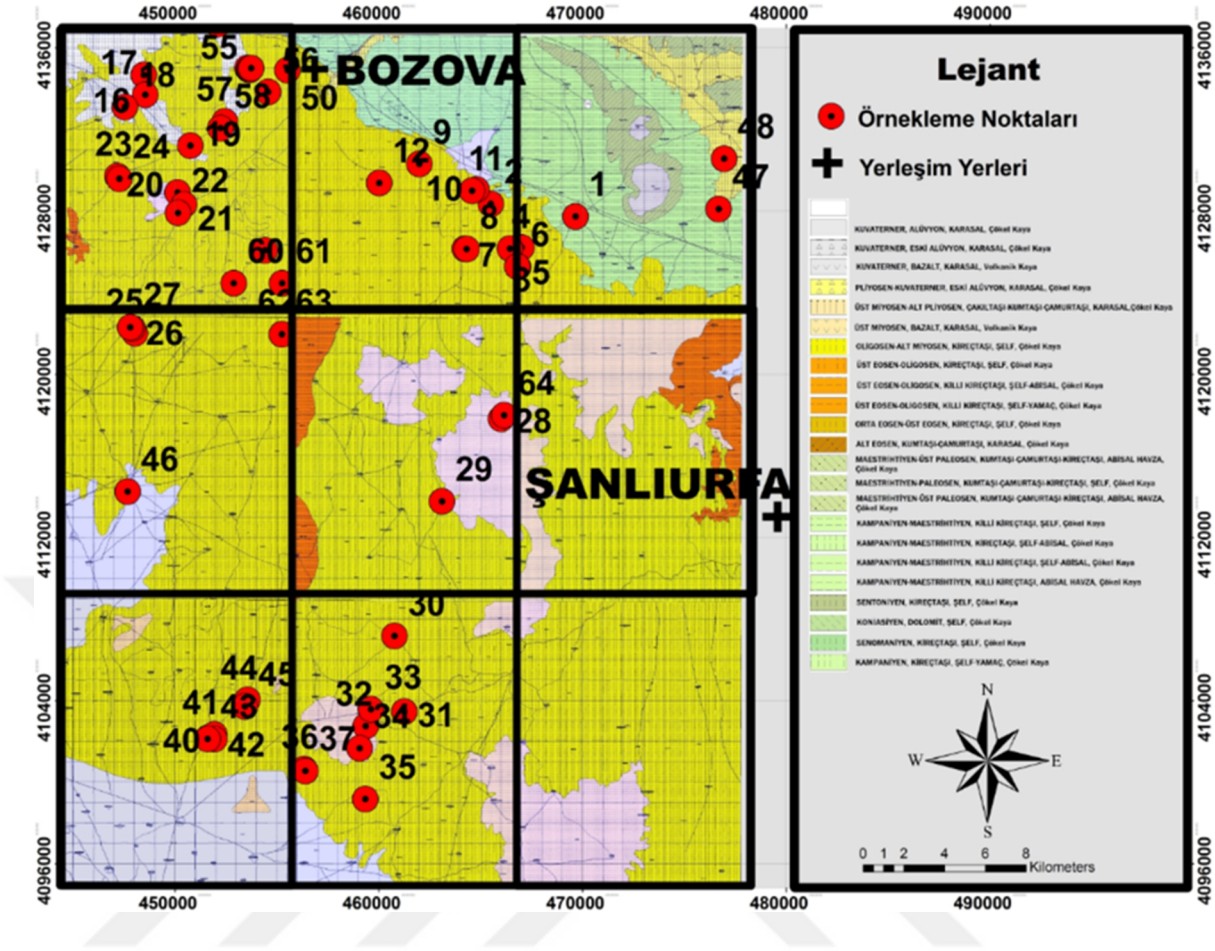
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Çalışma Alanın Jeolojisi

Çalışma alanı içerisinde yer alan Sarım Köyü ve Karataş Köyününde darbeli sondaj yöntemi ile izlme kuyuları açılmıştır. Sondaj çalışmaları sırasında açılan 200 metre derinlikteki kuyulardan her 2 metre derinlikte kırıntı numunelerin mineralojik-petroğrafik tanımlamada kireçtaşı ve kil olmak üzere iki tip litoloji bulunmuştur. Çalışma sonucunda elde edilen verileri ile bölgenin jeoloji haritalarıyla uyuşmakta numune alma noktaların geneli Oligosen-Altmiyosen yaşlı biriminden oluşmakta (Şekil 4.1) kuyu loğunun görüldüğü gibi, açılan kuyularda 75-80 metrede 1-2 L/s debiye sahip suya rastlanılmıştır. İzleme kuyularıda mevsimsel olarak numuneler alınarak sukalitesi bakımında sınıflandırmaya tabii tutulmuş, yapılan deneylerde florür miktarı optimal değerden düşük çıkmıştır.



Şekil 4.1.Karataş (a) ve Sarım (b) koyu loğları kuyu (Yeşilnacar ve ark.. 2013b)



Şekil 4.2. Çalışma alanının 1:25.000 ölçekli jeoloji haritası (Yeşilnacar ve ark.. 2013b)

Yeraltı sularında florür içeriği yağın olarak doğal oluşumlardan kaynaklanmakta, flor maddesinin su içerisinde çözülme ve yayılma mekanizması tam olarak belirlenmemiştir (Yeşilnacar ve ark., 2013a).

Yeraltı sularında florür miktarı, fizikokimyasal tepkimeler ile karışma, bekleme ve kayaç içerisindeki F minerallin konsantrasyonuna ve ayrışma, iyonlaşma ve çözünme sürecine işleyişine bağlı olarak değişmektedir (Yeşilnacar ve ark., 2013a).

Sonuç olarak, yeraltı sularındaki florür konsantrasyonun fazla oluşumunda aşağıdaki şartların oluşmasıyla meydana gelmektedir (Yeşilnacar ve ark., 2013a). Bunlar;

1. jeolojik formasyon içerisinde kriyolit ve florit gibi F bulunduran minerallerin ihtiva etmesi.
2. Akifer içerisinde meydana gelecek kayaç-su çözünmesiyle kayaç içerisindeki F mineralleri suya geçişini sağlayacaktır.
3. Fiziksel ve kimyasal şartların gerçekleşmesi için aşağıdaki koşulların sayganması gerekmektedir. Bunlar;

a. Elektriksel İletkenlik: 1.000 – 2.000 µS/cm aralığında.

b. Suyun pH: 7.5 – 8.5 aralığında.

c. HCO_3/Ca : 0.8 – 2.3 aralığında

d. Ca ve HCO_3 oranı florür ile orantılı olmalıdır.

4.2. YAS Kalite Parametrelerine Ait Analiz Sonuçları ve Bölgenin Florür Kirliliği Açısından Değerlendirilmesi

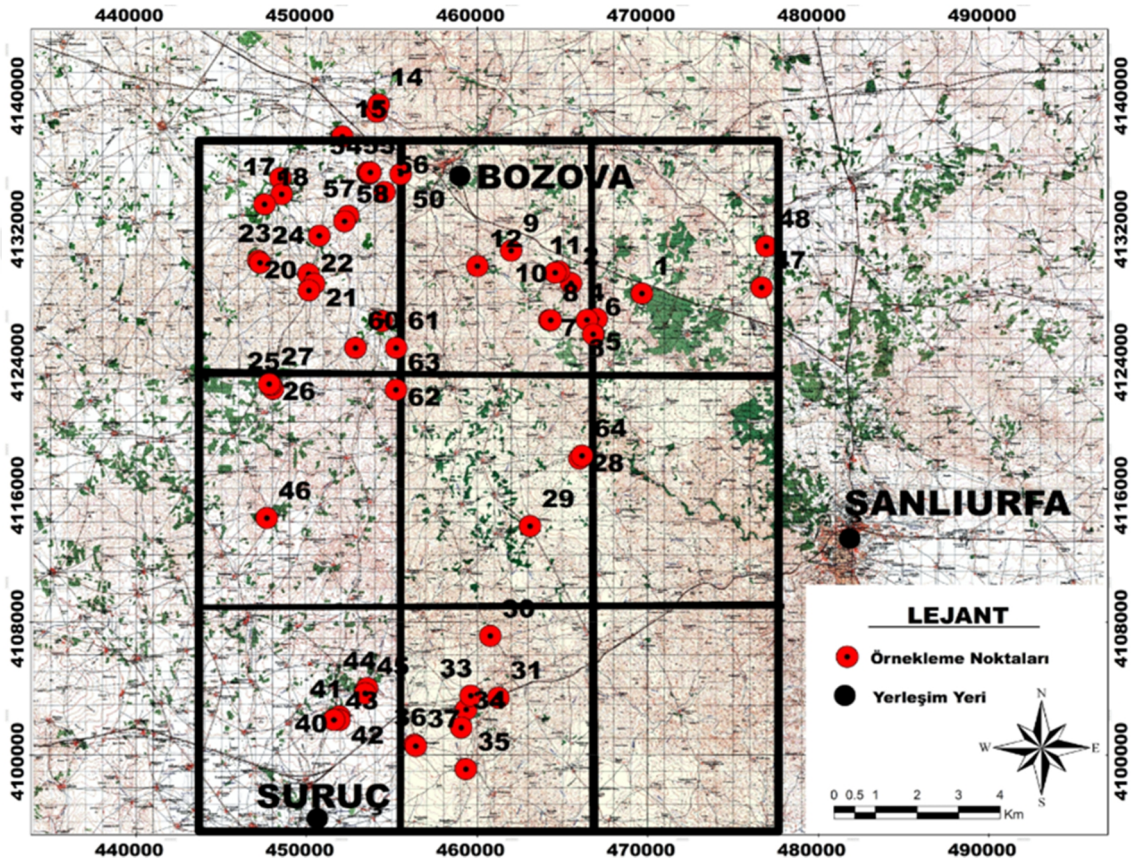
Çalışma bölgesinde numune alma noktaların su kalitesini belirlenmesi için 4 dönem yani dört mevsim alarak analizler yapılarak su kalitesi gözlenmiştir. Çalışma alanında numune alma noktaların belirlenmesi için ön araştırma sonucunda en uygun güzergâh ile numune alma noktalarını belirlemek, bu sayede çalışmanın daha verimli olarak gerçekleştirmektir. (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Örnekleme noktalarının ve koordinatları

Örnekleme No	**Örnekleme noktası adı**	X	Y	Kot (m)
1	Tülmen Sağlık Ocağı	469660	4127740	688
2	Çıtıkale Leymun Canbek	465500	4128357	809
3	Baltaş Ahmet Demirer	467005	4126217	762
4	Baltaş Mehmet Durmaz	466440	4126162	746
5	Yenikent Gurbet Durmaz	466832	4125268	766
6	Yenikent Bakır Durmaz	466801	4125287	765
7	Karpuzlu Musa Taş	464227	4126153	716
8	Karpuzlu Mehmet Taş	464312	4126140	717
9	Avlak Tunahan Çelik	461994	4130311	750
10	Kesmetaş Mücahit Arslan	464797	4129060	734
11	Kesmetaş Osman fırat	464576	4128996	751
12	Taşlıdere Fidan Kaya	460019	4129389	661
13	Bağlıca Fatma Kılıç	454116	4138658	646

14	Bağlıca Merkez Kuyu Cami	454220	4139092	625
15	Çakmaklı M. Şevket Caminin yanı	452098	4137176	588
16	Mülkören Merkez Kuyu Cami	448457	4134677	566
17	Soğukkuyu Merkez kuyu Muhtar	448532	4133706	562
18	Argıncık Erdal ekinci	447532	4133102	573
19	Atgüden M. Mustafa Çakmak	450747	4131213	597
20	Tunalı Sabahattin Özcan	450120	4128909	631
21	Tunalı İsmail Doğan	450441	4128324	619
22	Tunalı Emre Mustafa Ercan	450138	4127924	623
23	Üçdirek Mustafa Yıldız	447166	4129712	646
24	Üçdirek M. Ramazan Yıldız	447267	4129593	643
25	Gerdek Ece Şahin	448031	4122011	676
26	Gerdek Hacer Güneş	447904	4122258	679
27	Gerdek Hatice Güneş	447801	4122305	678
28	Büyükalanlı Fatih Akkuş	466002	4117823	872
29	Kızılburç M. Mahmut akbaş Muhtar	463105	4113770	742
30	İnlice (merkezi Kuyu) Kuyudan	460775	4107166	741
31	Esentepe Bekir.Fatma Toprak	461249	4103457	687
32	Dolunay Emine Durmaz	459362	4102747	713
33	Güveren Yasin demirel	459620	4103574	716
34	Duracık Güler Akdemir	459064	4101665	698
35	Yaykılıç Merkezi kuyu	459335	4099168	606
36	Kırkmagara D. Menekşe Akgöz	456332	4100642	607
37	Kırkmağara Müslim Kılıç	456399	4100552	604
38	Karataş Mevlüt karataş	451626	4102174	579
39	Karataş Ayvaz Karataş	451799	4102199	583
40	Karataş Udman Karataş (eski)	451915	4102303	585
41	Karataş Udman Karataş (yeni)	451924	4102335	585
42	Karataş Muhtar Karataş	451926	4102113	588
43	Karataş Karataş okul	451595	4102123	579
44	Sarım Sarım okul	453548	4104060	595
45	Sarım Sarım merkezi kuyu	453421	4103716	596
46	Akmağara Merkezi kuyu	447667	4114254	625
47	Yarımtepe köyü M.ali Çoban	476684	4128106	655
48	yeniköy Hasan kapaklı	476957	4130575	630
49	Kayagözü Mehmet Kılıç	453558	4135024	625
50	kayagözü Ayhan Hurma	455516	4134917	666
51	Kayagözü Mehmet Toprak	453645	4134962	627
52	Kayagözü sinem.Mustafa Hurma	453624	4134931	628
53	Kayagözü Dilek Kılıç	453669	4134931	628
54	Kayagözü Besime.Sinan Kılıç	453673	4134984	627
55	Kayagözü Mustafa arslan	453735	4135014	627
56	Örünce Talip çetintaş	454571	4133842	635
57	Örünce İ.Halil Savaş	452437	4132403	623
58	Örünce cebrail Dedeoğlu	452222	4132069	643

59	Kılçıkakören Hüseyin Verdi	454413	4126084	654
60	Halkbilir (depo) Nebi Aslan	452875	4124469	667
61	Konaklı Avni Maral (merkezi kuyu)	455253	4124469	671
62	Çiftekemer Mahmut koçyiğit	455245	4121963	695
63	Çiftekemer Yusuf Koçyiğit	455245	4121963	697
64	Büyükalanlı Fatih Akkuş (taşıma)	466152	4117992	848
65	Tülmen Mustafa Karataş	469694	4127620	693

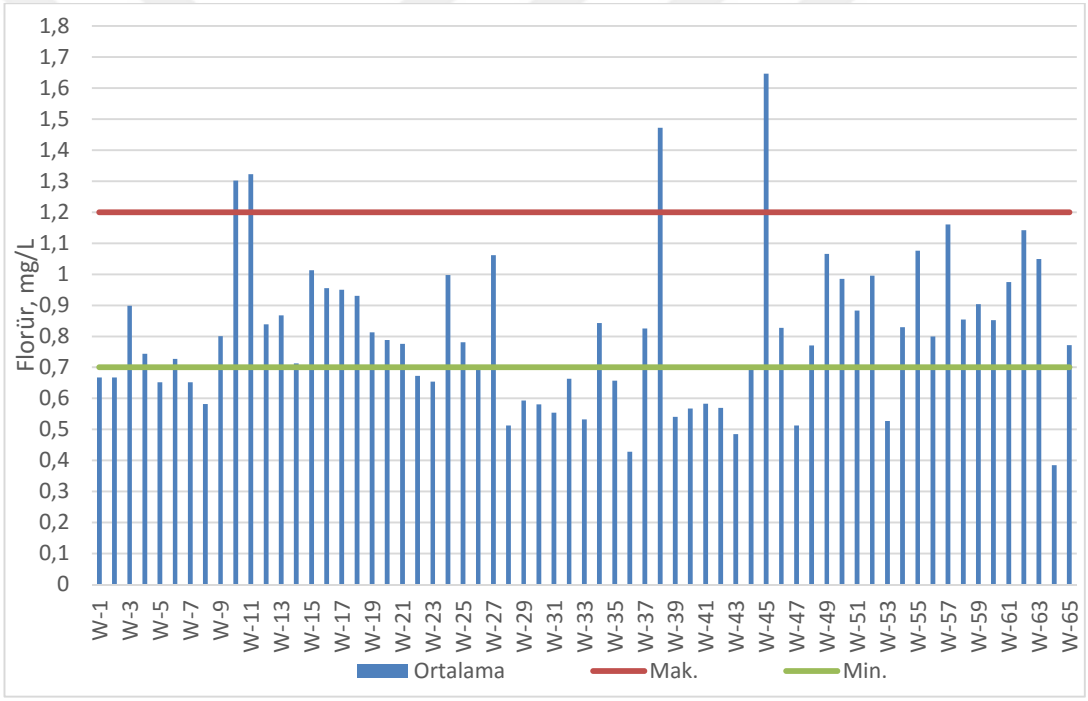


Şekil 4.3. Örnekleme noktaları lokasyon haritası (Yeşilnacar ve ark.. 2013b)

Çalışma alanlarının geniş olan çalışmalarda numunelerin alınması, alınan numunelerin laboratuvara zaman kaybetmeden gönderilmesi için titiz bir çalışmayı öngörmektedir. Ulusal ve uluslararası numune alma standartları D4448-01, D6517-00, TS 5090 EN 25667-2/Nisan 1997, TS 5106 ISO 5667-3/Nisan 1997, Numune Alma Kılavuzu 2004-1 ve SKKY Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği numunelerin korunması için gerekli koşulların sağlanması amacıyla standartlar uygun çalışılmıştır.

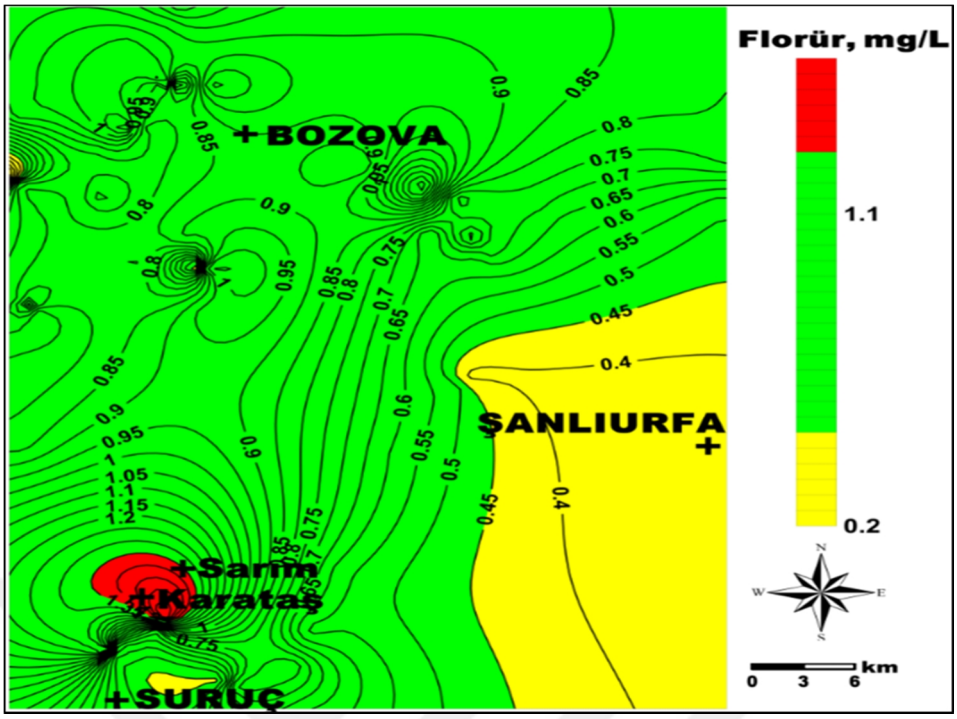
Tez çalışma alanında yerinde, laboratuvar ve büroda hesaplanan parametreler; sıcaklık, pH, EC, F, Ca, Mg, K, HCO_3, Na, CI, SO_4, NO_2, NO_3, Mn, Al, Co, Ba, Cr, Cd, Ni, Fe, Si, Pb, ve Zn ölçümleri yapılmıştır. Toplam Sertlik, %Na, SAR ve RSC hesaplanmıştır. Bu kısımda yeraltı suyun kalitesi ve sınıflandırılması ve yorumlaması yapılmıştır.

Çalışma alanında yer alan altmış beş örnekleme noktalarında dönemsel olarak alınan numunelerin ortalama florür konsantrasyonun dağılımını Şekil 4.4'de gösterilmektedir.



Şekil 4.4. Ortalama florür konsantrasyonlarının örnekleme noktalarına göre dağılımı

Şekil 4.4. bakıldığında yeraltı suları içeriğinde bulunan florür miktarı 1.2 mg/L'den yüksek çıkan alanlar Sarım (W-45), Karataş (W-38) ve Kesmetaş (W-10 ile W-11) çalışma alanlarında diğer numune alma noktalarından yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.5. Ortalama florür konsantrasyonunun mekânsal dağılımı (Yeşilnacar ve ark.. 2013b)

Çizelge 4.2. (W-10, W-11,W-38, W-45) yaz dönemi analizlerin korelasyon matrisi

	pH	EC	^{0}C	Ca	Mg	K	Na	HCO_3	SO_4	Cl	NO_3	F	Ba	Si
pH	1	0,202	-0,306	-0,379	-0,055	-0,033	0,560	-0,490	0,085	0,240	-0,023	0,168	-0,069	-0,555
EC	0,202	1	0,853	-0,510	0,721	0,435	0,620	0,715	0,750	0,806	-0,227	0,724	0,643	0,579
^{0}C	-0,306	0,853	1	-0,445	0,836	0,269	0,430	0,879	0,793	0,542	-0,382	0,732	0,783	0,910
Ca	-0,379	-0,510	-0,445	1	-0,848	0,538	-0,96	0,032	-0,898	0,044	0,900	-0,936	-0,871	-0,460
Mg	-0,055	0,721	0,836	-0,848	1	-0,251	0,785	0,474	0,990	0,176	-0,813	0,974	0,994	0,850
K	-0,033	0,435	0,269	0,538	-0,251	1	-0,36	0,626	-0,252	0,865	0,767	-0,303	-0,353	-0,056
Na	0,560	0,620	0,430	-0,967	0,785	-0,362	1	-0,014	0,861	0,154	-0,760	0,905	0,787	0,340
HCO_3	-0,490	0,715	0,879	0,032	0,474	0,626	-0,01	1	0,407	0,679	0,078	0,322	0,397	0,743
SO_4	0,085	0,750	0,793	-0,898	0,990	-0,252	0,861	0,407	1	0,212	-0,813	0,995	0,982	0,771
Cl	0,240	0,806	0,542	0,044	0,176	0,865	0,154	0,679	0,212	1	0,391	0,180	0,069	0,154
NO_3	-0,023	-0,227	-0,382	0,900	-0,813	0,767	-0,76	0,078	-0,813	0,391	1	-0,835	-0,869	-0,576
F	0,168	0,724	0,732	-0,936	0,974	-0,303	0,905	0,322	0,995	0,180	-0,835	1	0,970	0,707
Ba	-0,069	0,643	0,783	-0,871	0,994	-0,353	0,787	0,397	0,982	0,069	-0,869	0,970	1	0,837
Si	-0,555	0,579	0,910	-0,460	0,850	-0,056	0,340	0,743	0,771	0,154	-0,576	0,707	0,837	1

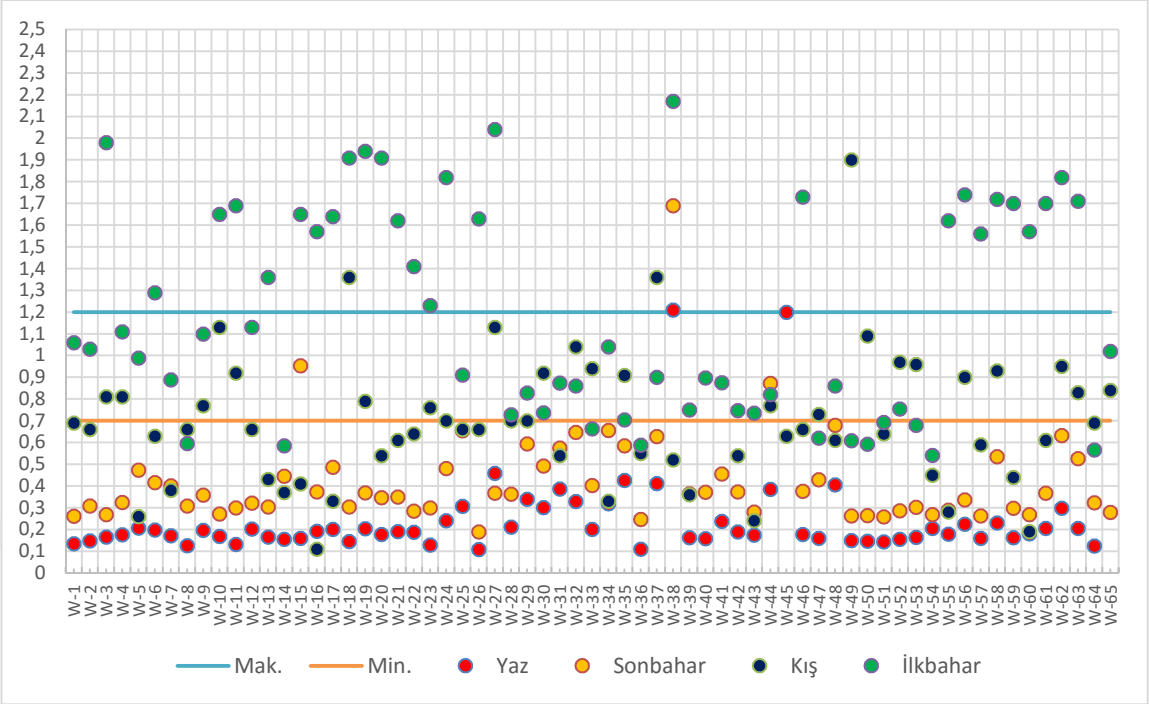
Yaz döneminde örnekleme noktalarından (W-10, W-11, W-38 ve W-45) alınan yeraltı sularında analizler yapılmış. Florür değeri yüksek çıkan kuyuların analiz sonuçlarını korelasyon matrisinde incelendiğinde florürün EC, sıcaklık, Mg, SO_4, Ba, Si ve Ca etkileşimin olduğu görülmektedir. Florür içeriğinin fazla olmasında

fizikokimyasal şartların olgunlaşmasıyla ortama yayılan florür miktarında artış gözlenmektedir.

Çizelge 4.3. (W-10, W-11,W-38, W-45) ortalama analizlerin korelasyon matrisi

	pH	EC	sıcaklık	Ca	Mg	K	Na	HCO3	SO4	Cl	NO3	NO2	F	Mn	Al	Co	Cr	Ba	Fe	Ni	Pb	Si	Zn
pH	1	0,204	-0,105	-0,523	0,381	-0,569	0,703	-0,308	0,361	0,824	-0,370	0,315	0,765	-0,638	-0,049	-0,215	0,814	0,821	-0,564	-0,666	0,376	-0,389	-0,860
EC	0,204	1	0,864	-0,122	0,791	0,526	0,595	0,844	0,879	0,699	-0,800	0,240	0,515	0,571	0,248	0,191	0,543	0,503	0,617	-0,519	0,466	0,641	-0,517
sıcaklık	-0,105	0,864	1	-0,313	0,854	0,447	0,568	0,781	0,888	0,335	-0,863	-0,258	0,471	0,597	-0,156	-0,153	0,443	0,413	0,880	-0,547	0,667	0,936	-0,072
Ca	-0,523	-0,122	-0,313	1	-0,696	0,710	-0,836	0,330	-0,576	-0,299	0,684	0,627	-0,857	0,564	0,843	0,916	-0,802	-0,823	-0,015	0,896	-0,916	-0,280	0,138
Mg	0,381	0,791	0,854	-0,696	1	-0,022	0,912	0,435	0,987	0,615	-1,000	-0,280	0,860	0,117	-0,376	-0,447	0,838	0,823	0,529	-0,900	0,910	0,703	-0,371
K	-0,569	0,526	0,447	0,710	-0,022	1	-0,365	0,890	0,116	-0,032	0,004	0,400	-0,457	0,973	0,678	0,749	-0,426	-0,468	0,638	0,438	-0,368	0,429	0,077
Na	0,703	0,595	0,568	-0,836	0,912	-0,365	1	0,095	0,872	0,740	-0,906	-0,200	0,993	-0,271	-0,434	-0,553	0,985	0,982	0,138	-0,992	0,901	0,366	-0,565
HCO3	-0,308	0,844	0,781	0,330	0,495	0,890	0,095	1	0,556	0,284	-0,450	0,270	-0,010	0,921	0,467	0,492	0,013	-0,033	0,791	-0,020	0,072	0,682	-0,139
SO4	0,361	0,879	0,888	-0,576	0,987	0,116	-0,365	0,890	0,116	-0,032	0,004	0,400	-0,457	0,973	0,678	0,749	-0,426	-0,468	0,638	0,438	-0,368	0,429	0,077
Cl	0,824	0,699	0,335	-0,299	0,615	-0,032	0,740	0,284	0,671	1	-0,613	0,510	0,742	-0,090	0,261	0,109	0,808	0,788	0,565	-0,656	0,388	-0,435	-0,959
NO3	-0,370	-0,800	-0,863	0,684	-1,000	0,004	-0,906	-0,450	-0,989	-0,613	1	0,274	-0,852	-0,135	0,365	0,434	-0,830	-0,814	-0,541	0,893	-0,904	-0,712	0,368
NO2	0,315	0,240	-0,258	0,627	-0,280	0,400	-0,200	-0,280	-0,989	-0,613	0,274	1	-0,186	0,192	0,930	0,858	-0,079	-0,105	-0,370	0,312	-0,590	-0,508	-0,680
F	0,765	0,515	0,471	-0,857	0,860	-0,457	0,993	-0,010	0,810	0,742	-0,852	-0,186	1	-0,376	-0,451	-0,577	0,994	0,027	0,796	-0,989	0,876	0,265	-0,590
Mn	-0,638	0,571	0,597	0,564	0,117	0,973	-0,271	0,921	0,234	-0,090	-0,135	0,192	-0,376	1	0,493	0,577	-0,367	-0,407	0,325	-0,618	-0,192	0,618	0,193
Al	-0,049	0,248	-0,156	0,843	-0,376	0,678	-0,434	0,467	-0,225	0,261	0,365	0,930	-0,451	0,493	1	0,986	-0,357	-0,389	-0,112	0,542	-0,720	-0,321	-0,408
Co	-0,215	0,191	-0,153	0,916	-0,447	0,749	-0,553	0,492	-0,297	0,109	0,434	0,858	-0,577	0,577	0,986	1	-0,494	-0,526	-0,031	0,651	-0,778	-0,265	-0,251
Cr	0,814	0,543	0,443	-0,802	0,838	-0,426	0,985	0,013	0,802	0,808	-0,830	-0,079	0,994	-0,367	-0,357	-0,494	1	0,999	-0,019	-0,969	0,823	0,207	-0,674
Ba	0,821	0,503	0,413	-0,823	0,823	-0,468	0,982	-0,033	0,779	0,788	-0,814	-0,105	0,995	-0,407	-0,389	-0,526	0,999	1	-0,047	-0,971	0,827	0,186	-0,657
Fe	-0,564	0,617	0,880	-0,015	0,529	0,638	0,138	0,791	0,565	-0,117	-0,541	-0,370	0,027	0,796	-0,112	-0,031	-0,019	-0,047	1	-0,139	0,378	0,964	0,354
Ni	-0,666	-0,519	-0,547	0,896	-0,900	0,438	-0,992	-0,020	-0,841	-0,656	0,893	0,312	-0,989	0,325	-0,388	-0,526	-0,969	-0,971	-0,139	1	-0,938	-0,381	0,473
Pb	0,376	0,466	0,667	-0,916	0,910	-0,368	0,901	0,072	0,831	0,388	-0,904	-0,590	0,876	-0,192	-0,720	-0,778	0,823	0,927	0,378	-0,938	1	0,610	-0,152
Si	-0,389	0,641	0,936	-0,280	0,703	0,429	0,366	0,682	0,708	-0,013	-0,712	-0,508	0,265	0,618	-0,321	-0,265	0,207	0,186	0,964	-0,381	0,610	1	0,284
Zn	-0,860	-0,517	-0,072	0,138	-0,371	0,077	-0,565	-0,139	-0,435	-0,959	0,368	-0,680	-0,590	0,193	-0,408	-0,251	-0,674	-0,657	0,354	0,473	-0,152	0,284	1

Örnekleme noktaları (W-10, W-11, W-38 ve W-45) analizlerin ortalama değerlerinin korelasyon matrisinde incelendiğinde (çizelge 4.3) florürün pH, EC, sıcaklık, Mg, Na, SO_4, CI, Cr, Ba, ve Pb etkileşimin olduğu görülmektedir. Yeraltı suyunda florür içeriğinin fazla olmasında fizikokimyasal şartların ile suyun kayaçlarla etkileşimin süresi etkisiyle ortama yayılan florür miktarında artışlar meydana gelmektedir.



Şekil 4.6. Florür konsantrasyonları için örnekleme noktalarının mevsimsel dağılımı

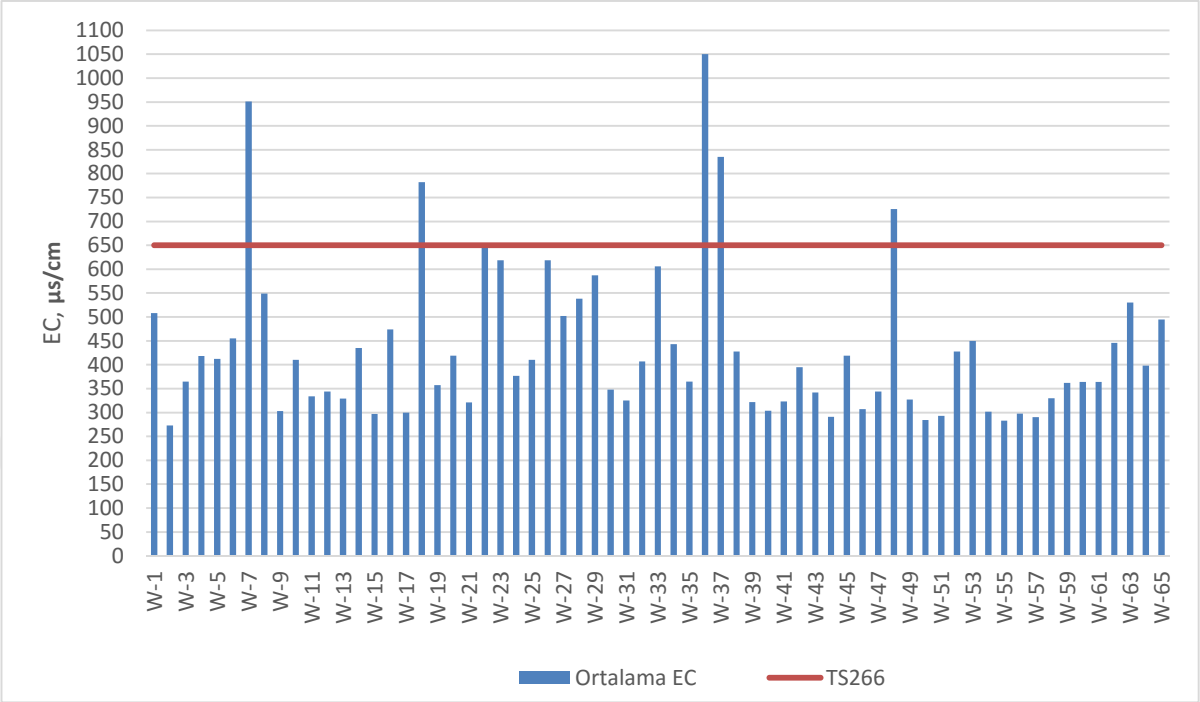
Ortalama florür konsantrasyonları için örnekleme noktalarının mevsimsel dağılımında ise genellikle ilkbahar aylarında florür değerlerinin yüksek olduğu görülmüştür. Bunun sebebi ise genellikle yağışların ilkbahar aylarında yeraltı suyu geçişlerin hızlanması ile kayaçların ve o bölgede bulunan mineralojik yapılar ile etkileşime geçerek ortamdaki florür konsantrasyonunu arttırmaktadır. (Şekil 4.6)

İyonların su içerisindeki derişimi, hareketi, yüklerine, anlık değişmeleri ve suyun sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Elektriksel iletkenlik ile toplam çözünmüş madde arasındaki dönüşümünde aşağıda bulunan 4.1'deki denklemden faydalanılmaktadır (HEM. 1989):

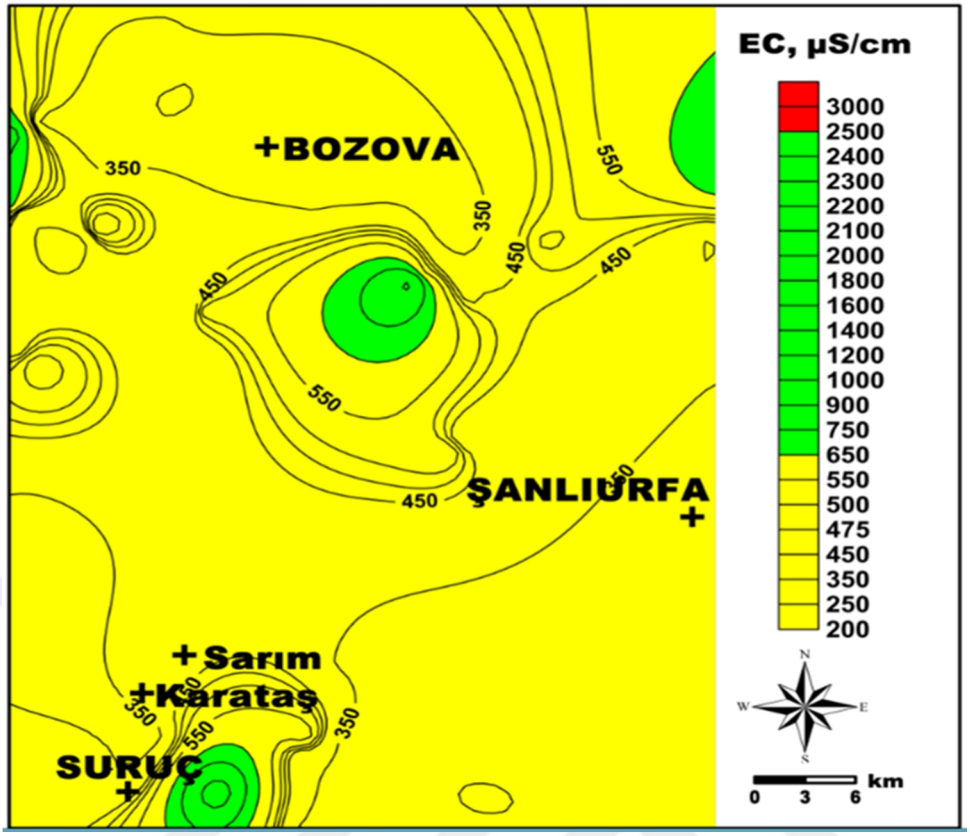
$$TDS = AC \qquad (4.1)$$

C; mikrosiemens iletkenlik, A; da dönüşüm faktörü, TDS g/m^3 şeklinde gösterilmektedir. Yeraltı sularında A değeri 0.55-0.75 aralığında yer alır. TS 266'da EC 20 ^{0}C'ta 650-2500 µS/cm aralığındadır. Bu kapsamda Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de

görüldüğü gibi EC ve TDS açısından çalışma sahası yeraltı suları uygun sınırlar dâhilindedir.



Şekil 4.7. Ortalama EC değerlerinin örnekleme noktalarına göre dağılımı



Şekil 4.8. Ortalama EC değerlerinin mekânsal dağılımı

Sularda birden fazla olayın gerçekleşmesinde pH'ın etkisi daha fazla görülmekte, pH yüksek veya düşük olması durumunda ortamın asit yada baz olma karakterize bir özellik gösterir. Ortamda yer alan H^+ iyonun konsantrasyonunun yorumlanmasıyla bulunmaktadır. İçme ve kullanma yeraltı sularında pH değerinin 6.5-8.5 aralığında olması ve tarımda amacıyla kullanılan suların pH değeri 6.5-8.4 aralığında olması istenmektedir. Suların pH değerlerine göre sınıflandırılması (Çizelge 4.4) verilmiştir.

Çalışma alanında örnekleme yapılan kuyulardaki pH değeri 45. Noktadaki örnekleme noktasında florür konsantasyonunun yüksek olması içme suyu olarak kullanılması açısından sakıncalıdır. Aynı zamanda pH değişmesiyle florur konsantasyonun değişmesi etkileşimin olduğunu göstermekte ancak düzenli ve tutarlı bir değişim gözlenmemiştir. Ancak her koşulda 38. ve 45. noktadaki örnekleme noktalarında florür konsantrasyon da artış gözlenmiştir.

Çizelge 4.4. pH'ın ulusal ve uluslar arası standartlardaki sınır değerleri (Yetiş. 2013)

pH	**SKKY**				**Sağlık Bakanlığı (2005)**	**TS266 (2005)**	**WHO (2011)**	**USEPA (2012)**
	I	II	III	IV				
	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-9.0	6.5-8.5 dışında	6.5-9.5	6.5-9.5	6.5-8.5	6.5-8.4

Arazide yerinde yapılan ölçümlerin kıyaslandığında sıcaklık, iletkenlik ve pH etkileri dikkate alındığında değerlerin belirli oranda değişim göstermesi gerekmekteydi. Yapılan ölçüm ve değerlendirmede florürün aktivitesinin değişkenlik göstermesi ile flor iyonun kendine özgü bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Yapılan analizlerin sonucu elde edilen parametreler ile korelasyon matrisi oluşturulmuştur (Çizelge 4.5). Oluşturulan matrise göre değişkenler arasına anlamlı bir ilişki çıkmamıştır.

Çizelge 4.5. Ortalama analizlerin korelasyon matrisi

Sütu	Ph	Ec	Sıcak	Ca	Mg	K	Na	HCO	SO4	Cl	NO3	NO2	F	Mn	Al	Cd	Co	Cr	Ba	Fe	Ni	Pb	Si	Zn
Ph	1,00	-0,47	0,20	-0,63	-0,11	-0,19	0,11	-0,37	0,00	0,05	-0,17	0,08	0,05	0,11	0,30	0,09	0,04	-0,04	-0,34	0,04	-0,14	0,05	-0,46	0,35
Ec	-0,47	1,00	0,07	0,67	0,44	0,74	0,47	0,22	-0,09	0,09	0,40	-0,08	-0,24	-0,23	-0,11	-0,05	-0,07	0,14	0,40	-0,10	-0,03	-0,16	0,39	-0,13
Sıcaklık	0,20	0,07	1,00	-0,34	0,35	-0,04	0,13	-0,10	-0,04	-0,04	0,04	0,04	0,01	-0,23	0,03	-0,16	-0,10	0,09	-0,04	-0,06	-0,28	-0,01	0,30	-0,07
Ca	-0,63	0,67	-0,34	1,00	-0,09	0,46	0,16	0,15	0,02	0,12	0,29	0,15	-0,17	-0,10	-0,20	0,03	0,01	-0,01	0,34	0,17	0,14	-0,08	0,02	-0,12
Mg	-0,11	0,44	0,35	-0,09	1,00	0,12	0,57	0,51	-0,12	-0,05	0,11	-0,07	-0,10	0,00	0,02	-0,14	-0,17	0,02	0,45	-0,17	-0,22	-0,14	0,55	0,01
K	-0,19	0,74	-0,04	0,46	0,12	1,00	0,33	-0,11	-0,08	0,05	0,24	-0,10	-0,15	-0,12	-0,05	0,01	-0,06	0,20	0,02	-0,08	0,02	-0,16	0,10	-0,06
Na	0,11	0,47	0,13	0,16	0,57	0,33	1,00	0,25	0,06	0,10	0,16	0,07	0,05	0,00	-0,12	-0,09	-0,15	0,02	0,41	0,01	-0,28	-0,05	0,23	0,05
HCO3	-0,37	0,22	-0,10	0,15	0,51	-0,11	0,25	1,00	0,00	-0,03	0,02	0,07	0,27	-0,13	-0,22	0,14	-0,12	0,01	0,57	-0,04	0,14	-0,06	0,33	-0,02
SO4	0,00	-0,09	-0,04	0,02	-0,12	-0,08	0,06	0,00	1,00	0,48	0,16	0,07	0,05	0,00	-0,12	-0,09	-0,15	0,02	0,41	0,01	-0,28	-0,05	0,23	0,05
Cl	0,05	0,09	-0,04	0,12	-0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	1,00	0,33	0,16	0,11	0,03	-0,06	0,02	-0,05	0,03	-0,04	-0,09	-0,27	-0,02	-0,07	-0,07
NO3	-0,17	0,40	0,04	0,29	0,11	0,24	0,16	0,02	0,16	0,33	1,00	0,11	-0,14	-0,14	0,11	0,03	-0,19	-0,04	0,15	-0,05	-0,24	0,00	0,09	-0,03
NO2	0,08	-0,08	0,04	0,15	-0,07	-0,10	0,07	0,07	0,07	0,16	0,11	1,00	0,02	-0,14	-0,10	0,27	-0,03	-0,09	0,11	0,70	0,18	-0,07	-0,11	-0,08
F	0,05	-0,24	0,01	-0,17	-0,10	-0,15	0,05	0,27	0,05	0,11	-0,14	0,02	1,00	0,06	-0,02	0,17	0,13	0,03	-0,08	0,02	0,15	0,07	0,03	-0,13
Mn	0,11	-0,23	-0,23	-0,10	0,00	-0,12	0,00	-0,13	0,00	0,03	-0,14	-0,14	0,06	1,00	0,08	0,01	-0,10	-0,04	-0,15	-0,03	-0,19	-0,05	-0,13	0,28
Al	0,30	-0,11	0,03	-0,20	0,02	-0,05	-0,12	-0,22	-0,12	-0,06	0,11	-0,10	-0,02	0,08	1,00	-0,05	0,09	-0,10	-0,10	-0,07	-0,08	-0,10	-0,06	-0,04
Cd	0,09	-0,05	-0,16	0,03	-0,14	0,01	-0,09	0,14	-0,09	0,02	0,03	0,27	0,17	0,01	-0,05	1,00	0,09	-0,08	-0,01	0,00	0,20	-0,11	-0,21	0,01
Co	0,04	-0,07	-0,10	0,01	-0,17	-0,06	-0,15	-0,12	-0,15	-0,05	-0,19	-0,03	0,13	-0,10	0,09	0,09	1,00	-0,02	-0,07	-0,02	0,22	-0,02	-0,01	-0,04
Cr	-0,04	0,14	0,09	-0,01	0,02	0,20	0,02	0,01	0,02	0,03	-0,04	-0,09	0,03	-0,04	-0,10	-0,08	-0,02	1,00	-0,05	-0,06	0,15	0,11	-0,14	-0,10
Ba	-0,34	0,40	-0,04	0,34	0,45	0,02	0,41	0,57	0,41	-0,04	0,15	0,11	-0,08	-0,15	-0,10	-0,01	-0,07	-0,05	1,00	-0,05	-0,11	0,05	0,18	-0,02
Fe	0,04	-0,10	-0,06	0,17	-0,17	-0,08	0,01	-0,04	0,01	-0,09	-0,05	0,70	0,02	-0,03	-0,07	0,00	-0,02	-0,06	-0,05	1,00	0,00	0,00	-0,05	-0,05
Ni	-0,14	-0,03	-0,28	0,14	-0,22	0,02	-0,28	0,14	-0,28	-0,27	0,24	0,18	0,15	-0,19	-0,08	0,20	0,22	0,15	-0,11	0,00	1,00	0,13	-0,09	-0,18
Pb	0,05	-0,16	-0,01	-0,08	-0,14	-0,16	-0,05	-0,06	-0,05	-0,02	0,00	-0,07	0,07	-0,05	-0,10	-0,11	-0,02	0,11	0,05	0,00	0,13	1,00	-0,22	-0,04
Si	-0,46	0,39	0,30	0,02	0,55	0,10	0,23	0,33	0,23	-0,07	0,09	-0,11	0,03	-0,13	-0,06	-0,21	-0,01	-0,14	0,18	-0,05	-0,09	-0,22	1,00	-0,18
Zn	0,35	-0,13	-0,07	-0,12	0,01	-0,06	0,05	-0,02	0,05	-0,07	-0,03	-0,08	-0,13	0,28	-0,04	0,01	-0,04	-0,10	-0,02	-0,05	-0,18	-0,04	-0,18	1,00

4.3. Sulama Suyu Özellikleri ve Sınıflaması

Sulama suyu kalitesi açısından; magnezyum tehlikesi, tuzluluk tehlikesi, SAR, ve RSC değerlerine bakılmıştır. (Çizelge 4.6). Görüldüğü gibi yeraltı suyunu sulama suyu kullanım açısında orta kalitede olan sular sınıfında yer almakta, tuzluluk riski bulunmamaktadır. Araştırma bölgesindeki yeraltı suları için genelme yapılırsa içme, kullanma ve azda olsa tarımda sulama suyu olarak kullanılmaktadır.

Çizelge 4.6. Örnekleme noktaları ve sulama suyu kalitesi

Örnekleme Noktaları	Tuzluluk Tehlikesi	SAR	RSC	Magnezyum Tehlikesi
W-1	Orta	0.158	0.046	15.1
W-2	Orta	0.118	0.049	13.9
W-3	Orta	0.116	0.042	13
W-4	Orta	0.135	0.044	25.1
W-5	Orta	0.166	0.057	37
W-6	Orta	0.157	0.051	46.5
W-7	Yüksek	0.394	0.122	32.6
W-8	Orta	0.206	0.071	19.4
W-9	Orta	0.172	0.061	44
W-10	Orta	0.124	0.042	15.1
W-11	Orta	0.17	0.07	14.3
W-12	Orta	0.153	0.06	21.2
W-13	Orta	0.0648	0.025	8.5
W-14	Orta	0.218	0.078	21.3
W-15	Orta	0.414	0.17	20
W-16	Orta	0.201	0.073	22.4
W-17	Orta	0.162	0.07	18.2
W-18	Orta	0.336	0.105	16.6
W-19	Orta	0.136	0.055	19.3
W-20	Orta	0.235	0.082	23.7
W-21	Orta	0.401	0.161	20.7
W-22	Orta	0.301	0.096	29
W-23	Orta	0.207	0.072	32.5
W-24	Orta	0.13	0.047	41.3
W-25	Orta	0.162	0.058	47.5
W-26	Orta	0.154	0.049	9.06
W-27	Orta	0.353	0.117	53.9
W-28	Orta	0.358	0.119	31.4
W-29	Orta	0.199	0.074	40.9
W-30	Orta	0.131	0.052	39.8

W-31	Orta	0.168	0.064	48.4
W-32	Orta	0.315	0.113	49.2
W-33	Orta	0.288	0.087	32.3
W-34	Orta	0.398	0.145	50.3
W-35	Orta	0.252	0.095	41.8
W-36	Orta	0.423	0.115	23
W-37	Orta	0.596	0.175	38.9
W-38	Orta	0.528	0.189	44.5
W-39	Orta	0.156	0.061	16.1
W-40	Orta	0.233	0.092	20.1
W-41	Orta	0.249	0.095	24.7
W-42	Orta	0.24	0.087	17.4
W-43	Orta	0.338	0.12	30
W-44	Orta	0.483	0.176	45.7
W-45	Orta	0.892	0.345	51.3
W-46	Orta	0.261	0.089	8.32
W-47	Orta	0.646	0.22	34.9
W-48	Orta	0.517	0.137	36.4
W-49	Orta	0.142	0.057	15.8
W-50	Orta	0.105	0.034	21.5
W-51	Orta	0.18	0.072	16.2
W-52	Orta	0.23	0.085	17.6
W-53	Orta	0.248	0.091	18.5
W-54	Orta	0.266	0.093	31.3
W-55	Orta	0.272	0.096	31.1
W-56	Orta	0.232	0.085	26.5
W-57	Orta	0.136	0.052	17.8
W-58	Orta	0.167	0.063	27
W-59	Orta	0.15	0.057	14.1
W-60	Orta	0.173	0.064	21.1
W-61	Orta	0.184	0.065	29.4
W-62	Orta	0.296	0.109	40
W-63	Orta	0.187	0.059	34.5
W-64	Orta	0.471	0.169	21.6
W-65	Orta	0.125	0.04	19.3

Çalışma alanında yeraltı suları genellikle sulama suyu olarak kullanılmakta ve suyun uygunluğu belirlenmesinde sodyum adsorpsiyon oranın belirlenmesi önemlidir. Yeraltı suların olası sodyum kirliliğin belirlenmesi için kullanılmakta ve tarımda kullanılan suların sodyum içeri önem arz eder. Sulardaki aşırı olan sodyum topraktaki porozitesini düşür, toprağın geçirimsiz yapıya dönüşmesi ile pH'ın

artmasıyla birlikte toprağın yapısında bozulmalar meydana gelir. Toprağın üst katmanında biriken sodyum toprak üzerini kaplayan sert bir katman oluşur. Suyun içerisinde çözünmüş halde bulunan sodyumlu suyun bitkilere verilmesi durumunda gelişmenin düşük olması ve verimin düşmesine neden olur.

Çalışma alanında SAR değerleri tüm noktalarda 10 değerinden küçük olduğu için Çizelge 4.7 de de görüldüğü gibi "çok iyi" sular sınıfında yer almaktadır. Sarım Köyü'nde alınan numunede çıkan maksimum SAR değeri 45. Noktada ki örnekleme noktası olan Sarım Merkezinin kuyusunda SAR değeri 0.892 tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. SAR'a göre sulama suyu sınıflaması (Yetiş, 2013)

SAR	Sulama suyu sınıfı
<10	Çok iyi
10-18	İyi
18-26	Orta
>26	Kötü

Kalıcı sodyum karbonat (RSC), yeraltı suyunun sınıflandırılması için yapılan araştırmada sulama suyunun sınıflandırmasında genellikle kullanılmaktadır. Su içeriğinde ihtiva eden karbonat ve bikarbonat değerleriyle birlikte Ca^{+2} ve Mg^{+2} arasındaki eşitlik incelendiğinde oluşacak $NaCO_3$ oluşumuna bakılır. RSC değeri 4.2'deki denklemle ortaya çıkarılmakta;

$$RSC = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg) \qquad (4.2)$$

Eşitlikte elde edilen sonuç meq/L olarak çıkmaktadır. Deney sonuçların hesaplanması ile (+) bulunması ortamın RSC oluşturulacak CO_3 ve HCO_3 ihtivası ile birlikte tuzluluk tehlikesine neden olacak bir durumdur. Yapılan değerlendirme (-) çıkması halinde ortamının tuzluluk riskleri görülmemektedir. Geneleme yapılırsa RSC>2.5 yüksek olan yeraltı sularını kullanmak uygun görülmemektedir. Yapılan analizler sonuçlarına bakıldığında çoğu noktalarda (-) çıktığı tespit edilmiş olup bir Na^+ zararı olasılığı olmadığı anlaşılmaktadır. Yapılan tüm analizlerin sonuçlarında

RSC değerleri 2.5 meq/L değerinin altında olduğu tespit edilmiş "çok iyi sular" içerisinde yer aldığını göstermektedir.

Çizelge 4.8. Suların RSC sınıfı (Yetiş, 2013)

Suyun Sınıfı	RSC (meq/L)
1.Sınıf (iyi)	<1.25
2.Sınıf (orta)	1.25-2.50
3.Sınıf(uygun değil)	>2.50

Çizelge 4.9. Örnekleme noktalarının SAR ve RSC değerlerinin mevsimsel değişimleri

Lokasyon	SAR					RSC				
Yerleri	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Ortalama
W- 1	0.09	0.09	0.36	0.1	0.16	0.02	-0.49	-0.43	-1.37	-0.57
W- 2	0.09	0.09	0.19	0.1	0.12	0.17	-0.82	-0.51	-0.25	-0.35
W- 3	0.1	0.09	0.16	0.11	0.12	-0.04	-1.06	-1.75	-0.92	-0.94
W- 4	0.11	0.11	0.2	0.12	0.14	-0.03	-1.28	-1.53	-1.65	-1.12
W- 5	0.14	0.16	0.22	0.17	0.17	0.38	-0.9	-0.25	-1.37	-0.53
W- 6	0.14	0.14	0.24	0.14	0.16	-0.16	-1.16	0.34	-1.6	-0.65
W- 7	0.37	0.49	0.03	0.5	0.35	-0.31	1.43	-1.33	0.54	0.08
W- 8	0.22	0.25	0.12	0.22	0.2	0.7	-0.38	0.64	-0.28	0.17
W- 9	0.12	0.12	0.28	0.13	0.16	0.27	-0.35	-2.05	-0.93	-0.76
W- 10	0.14	0.16	0.04	0.17	0.13	-0.03	-1.2	-1.65	-0.92	-0.95
W- 11	0.12	0.11	0.5	0.13	0.22	0.08	-0.06	2.02	-0.56	0.37
W- 12	0.14	0.14	0.23	0.15	0.16	0.19	-0.91	0.46	0.2	-0.02
W- 13	0.06	0.07	0.07	0.06	0.07	-0.29	-1.38	0.66	-1.14	-0.54
W- 14	0.21	0.22	0.25	0.22	0.22	-0.43	-0.6	1.26	-1.15	-0.23
W- 15	0.11	0.11	1.63	0.11	0.49	0.27	-1.75	-0.09	-1.12	-0.67
W- 16	0.18	0.18	0.31	0.18	0.21	-0.08	-1.6	0.12	-1.79	-0.84
W- 17	0.13	0.11	0.4	0.14	0.19	0	-1.08	1.45	-0.28	0.02
W- 18	0.27	0.29	0.55	0.39	0.37	0.14	-0.39	1.65	-1.13	0.07
W- 19	0.18	0.17	0.01	0.13	0.12	0.16	0.3	1.68	-0.22	0.48
W- 20	0.18	0.19	0.4	0.2	0.24	-0.23	-0.52	0.11	-0.34	-0.25
W- 21	0.14	0.13	1.61	0.12	0.5	0.22	-0.97	0.37	-1.24	-0.4
W- 22	0.37	0.36	0.07	0.36	0.29	-0.13	0.72	-3.59	0.7	-0.58
W- 23	0.31	0.31	0.06	0.29	0.24	-0.59	-0.63	0.73	-1.71	-0.55
W- 24	0.15	0.15	0.06	0.15	0.13	-0.06	-0.8	0.56	-1.07	-0.34
W- 25	0.15	0.16	0.2	0.15	0.16	0.35	0.57	0.51	0.01	0.36
W- 26	0.14	0.15	0.18	0.17	0.16	-0.24	-0.07	0.83	-0.34	0.05
W- 27	0.24	0.25	0.85	0.24	0.39	0.61	0.99	0.67	0.41	0.67
W- 28	0.23	0.27	0.83	0.26	0.4	0.1	-0.31	0	-0.53	-0.18

W- 29	0.18	0.19	0.18	0.24	0.2	0.24	-0.86	1.1	-0.16	0.08
W- 30	0.11	0.12	0.32	0.13	0.17	-0.1	-0.22	2.47	-0.48	0.42
W- 31	0.12	0.12	0.34	0.11	0.17	0.16	-0.94	-0.36	-0.28	-0.35
W- 32	0.29	0.35	0.26	0.35	0.31	0.26	-0.52	-0.14	-0.72	-0.28
W- 33	0.23	0.24	0.52	0.23	0.3	-0.47	-0.57	-0.91	-0.73	-0.67
W- 34	0.43	0.45	0.2	0.47	0.39	0.6	-0.29	0.46	-0.54	0.06
W- 35	0.34	0.26	0.22	0.18	0.25	0.14	0.18	-0.15	-0.2	-0.01
W- 36	0.47	0.46	0.15	0.48	0.39	-2.32	-3.13	-0.78	-0.87	-1.78
W- 37	0.66	0.72	0.15	0.71	0.56	-0.83	-0.84	0.53	0.66	-0.12
W- 38	0.52	0.53	0.49	0.56	0.53	0.87	0.83	-0.25	0.71	0.54
W- 39	0.13	0.14	0.23	0.13	0.16	0.31	-0.66	-0.2	-1.07	-0.41
W- 40	0.2	0.27	0.32	0.15	0.24	0.42	-1.55	-2.93	-1.31	-1.34
W- 41	0.21	0.25	0.35	0.19	0.25	0.29	-0.49	-3.37	-0.58	-1.04
W- 42	0.25	0.33	0.17	0.21	0.24	0.35	-1.55	-1.83	-1.46	-1.12
W- 43	0.13	0.13	0.88	0.13	0.32	0.27	-1.02	-1.27	-0.79	-0.7
W- 44	0.33	0.43	0.92	0.19	0.46	0.35	-0.14	-1.38	-0.66	-0.46
W- 45	1.06	1.08	0.32	1.1	0.89	0.73	0.65	-0.55	0.35	0.3
W- 46	0.12	0.12	0.56	0.13	0.23	0.25	0.02	-3.57	-0.86	-1.04
W- 47	0.58	0.66	0.75	0.62	0.65	-0.48	-1.45	-2.25	-0.72	-1.23
W- 48	0.43	0.44	0.83	0.43	0.53	-2.1	-2.3	-0.28	-1.89	-1.64
W- 49	0.13	0.13	0.19	0.13	0.14	0	-0.47	-0.29	-1.13	-0.47
W- 50	0.11	0.11	0.22	0.11	0.13	0.06	-1.44	-0.65	-1.23	-0.81
W- 51	0.11	0.11	0.39	0.11	0.18	0.1	-0.62	0.01	-1.01	-0.38
W- 52	0.2	0.19	0.32	0.22	0.23	-0.04	-1.47	-0.74	-1.71	-0.99
W- 53	0.17	0.14	0.35	0.32	0.25	0.2	0.12	0.13	0.7	0.29
W- 54	0.11	0.11	0.59	0.12	0.23	0.24	-0.59	-1.67	-0.46	-0.62
W- 55	0.11	0.11	0.62	0.11	0.24	0.25	-1.53	-1.58	-1.26	-1.03
W- 56	0.11	0.12	0.53	0.12	0.22	0.11	-0.09	0.08	-0.41	-0.08
W- 57	0.11	0.11	0.2	0.12	0.14	-0.02	-1.95	-1.45	-1.08	-1.13
W- 58	0.14	0.17	0.21	0.15	0.17	-0.09	-0.15	-1.08	-0.61	-0.48
W- 59	0.12	0.13	0.23	0.13	0.15	0.11	-0.32	-0.52	-0.73	-0.37
W- 60	0.16	0.16	0.23	0.16	0.18	0.21	-1.54	0.04	-0.97	-0.56
W- 61	0.12	0.13	0.35	0.13	0.18	0.33	-1.53	-1.27	-0.32	-0.7
W- 62	0.15	0.18	0.23	0.17	0.18	0.11	-2.49	0.68	-1.49	-0.79
W- 63	0.21	0.16	0.21	0.18	0.19	-0.76	-1.36	-0.38	-2.23	-1.18
W- 64	0.5	0.62	0.3	0.49	0.48	-0.43	-1.53	-1.77	-1.3	-1.26
W- 65	0.14	0.1	0.18	0.1	0.13	-0.83	-2.11	-1.63	-1.83	-1.6

Yapılan çalışma da genellikle tüm mevsimlerde SAR ve RSC oranları istenilen aralıklarda çıkmış olup mevsimlerin değişmesi ile değerlerin pek etkilenmediği tespit edilmiştir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Canlıların gerekli olan minerallerin çoğunu tabii sulardan karşılanmakta, yüzeysel ve yeraltı sularında bulunan mineral maddelerden olan florürün standartlardan (0.7-1.2 mg F/L) yüksek olan bölgelerde bulunan canlılarda endemik florozisin oluşumu ile birlikte halk sağlığı problemlerine neden olmaktadır.
Dental florozis probleminin görüldüğü Sarım ve Karataş (Şanlıurfa) köylerinde, yeraltı suyunun fiziksel ve kimyasal niteliklerinin özellikle de florür açısından konsantrasyonunun belirlenmesi için bir yıl süreyle (2012-2013) mevsimsel olarak izleme çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmayla, 65 örnekleme noktasında (kuyularda) yerinde pH, sıcaklık, EC ve florür konsantrasyonuna, laboratuvar da ise ağır metaller Al, Cd, Co, Cr, Fe, Ni, Pb, Si, Ba ve Zn gibi bir takım metaller (Ca, Mg, Na, K,) ile (Cl), (F), (SO_4), alkalinite, nitrit, nitrat ve toplam fosfat gibi parametrelerin analizleri yapılmıştır.

Karataş, Kesmetaş ve Sarım yerleşim alanlarında içme ve sulama suyu olarak kullanılan yeraltı sularında standartların üzerinde florür gözlenmiştir. Bölgenin jeolojisi incelendiğinde Oligosen- Alt Miyosen yaşlı killi-kireçtaşlarının içerisinde yumru şeklinde bulunan mineraller içerisindeki F muhtevası fiziksel ve kimyasal etkileşimle suyun içerisine florür geçişleri olabilmektedir. Bölge su ihtiyaçlarını karşılamak için sondaj yapılarak kuyular açılmış, bu kuyular son 10-15 yıl içerisinde devreye alınmış ve florozis görülme yaşları 7-13 olması yapılan çalışmayı desteklemektedir. Numune alınan diğer noktalarda yeraltı sularında florürün gözlenmemesi sebebi, yeraltı suyunun alındığı litolojinin Eosen yaşlı kireçtaşı kısmından elde edilmesidir. Yeraltı suyunun karşılandığı kısmın olan Oligosen-Alt Miyosen de yüzeyden süzülen suların debilerin düşük olması olmasından dolayısıyla su ile minerallerin etkileşim için yeterli çözünmenin olmadığı ve bekleme süresinin kısa olmasından dolayı florür içeriğin düşük çıkmasına etki etmektedir.

Çalışma alanı içerisinde bulunan sarım merkezi kuyu (W-45), Karataş şahıs kuyusu (W-38) ve Kesmetaş köylerindeki şahıs kuyuları (W-10 ve W11) örnekleme noktalarından florür konsantrasyonu 1.2 mg/L üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Florür konsantrasyonları için örnekleme noktalarının mevsimsel ortalama dağılımında ise genellikle ilkbahar aylarında florür değerlerinin yüksek olduğu görülmüştür. Bunun sebebi ise genellikle yağışların ilkbahar aylarında yeraltı suyu geçişlerin hızlanması ile kayaçların ve o bölgede bulunan mineralojik yapılar ile etkileşime geçerek ortamdaki florür konsantrasyonunu arttırmaktadır.

Elektriksel iletkenlik ve toplam çözünmüş katı madde açısından çalışma alanı içerisinde bulunan yeraltı suları uygun değerler içerinde yer almaktadır.

Yapılan analizlerin sonucu elde edilen parametreler ile korelasyon matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan korelasyon matrisi arasında anlamlı bir etkileşimin olmadığı gözlemlenmiştir.
Yeraltı sularında alınan numunelerin analizleri sonuçların değerlendirilmesiyle; SAR, RSC, Tuzluluk ve Magnezyum Tehlikesi hesaplanmıştır. Analizlere bakıldığında tarımsal faaliyetler için orta kalitede su ve tuzluluk tehlikesi de görülmemiştir. Numune alınan kuyuların çoğu içme suyunu karşılamak için kullanılmaktadır.

Çalışma alanında SAR değerleri tüm noktalarda 10 değerinden düşük olduğundan "çok iyi" sular sınıfında yer almaktadır. Sarım Köyü'nde görülen maksimum SAR değeri 45. Noktada ki örnekleme noktası olan Sarım Merkezinin kuyusunda bulunan 0.892 değeri olarak bulunmuştur.

Bu çalışmada örnekleme noktalarında RSC değerleri (-) çıktığı tespit edilmiş olup bir Na^+ zararı olasılığı olmadığı anlaşılmaktadır. Yapılan analiz sonuçlarında RSC değerleri 2.5 meq/L değerinin altında olduğu tespit edilmiş "çok iyi sular" içerisinde yer aldığını göstermektedir.

Yapılan çalışma da genellikle tüm mevsimlerde SAR ve RSC oranları istenilen aralıklarda çıkmış olup mevsimlerin değişmesi ile değerlerin pek etkilenmediği tespit edilmiştir.

5.2. Öneriler

Dünya kurulduğundan bu yana medeniyetler su kaynakların yakınlarında yaşamlarını sürdürmüşlerdir. Suyun önemi hayatın devamlığı için gerekli olduğundan önem arz etmektedir. Su sorunların çözülmesi ve kaynakların korunması için gerekli önlemlerin sadece bölgesel olarak ele alınması günümüz şartlarında eksik kalmaktadır. Bu sebeple küresel olarak suyun kullanım kalitesini daha ayrıntılı bir şekilde ele alınmalıdır.

Suyun kullanımı yönünde ortak yönetim hayata geçirerek dünya üzerindeki suların çevre dengesini de gözeterek kimyasal içeriğini korunmasıyla suyun özelliklerinde iyileşmeler meydana gelecektir.

Yeraltı suları diğer sulara kıyasla organik, inorganik ve mikroorganizma bakımında daha azdır, fiziksel özellikleri zaman içerisinde fazla değişime uğramaz. Bu sebeple yeraltı suyu diğer yüzeysel sulardan daha fazla ilgi görmektedir. Her şey gibi sınırlı olan yeraltı suların korunması için belirli zamanlarda gözlenmesi ve kirlenmeye neden olacak biri durumun gözlenmesi halinde zaman kaybetmeden gerekli tedbirlerin alınması ile birlikte havzanın koruması için planlar yapılması gerekmektedir.

Yeraltı sularında yüksek florür içeren Sarım, Karataş ve Kesmetaş alanlarında yaşayanların suyu sadece temizlik ve sulama suyu olarak kullanmasına izin verilmelidir.

Florür konsantrasyonu yüksek olan alanlarda su ihtiyaçlarını karşılamak için Suruç sulama kanalından içme suyu paket arıtmalar yapılarak halka içme suyu ihtiyacı giderilebilir.

Araştırma alanlarında su ihtiyaçlarını karşılamak için halkın kendi olanaklarıyla kuyular açmaktadır. Açılan bu kuyuların su kalitelerinin belirlenmesi ve sınıflandırmaya tabii tutulmasıyla birlikte düzenli olarak analizlerin halk sağlığı müdürlükleri tarafından özellikler florür içeriğini de göz önünde bulundurarak suyun kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik analizleri yapılmalıdır.

Yeraltı sularında florür kirliliği tespit edilen noktalarda florür giderimi üzerinde çalışmalar yapılmalı ve giderim yöntemleri üzerinde araştırmalar yapılarak geliştirilmelidir.

Yeraltı sularının gözlemlenmesiyle elde edilen değerler ile kirlilik sınır değerlerin bulunması, yeraltı suyunun içeriğinde artan kimyasal bozulmanın belirlenmesi, önemli ve yükselen kirlilik kaynaklarının değerlendirilmesi önlenmeye yönelik çalışmalar için çıkış kaynaklarının tüm yönleri incelenmesi ve içeriğini korunması sağlamak için gerekli önlemlerin alınması, su rezervlerinin güven altına alınması için önemlidir. Bu nedenle mahalli idareler ve devlet kurumları yeraltı suyu kütlelerinin tespitini ve bu su kütlelerinin karakterizasyon analizlerini yapmalı ve yeraltı suyu kirliliğinin oluşumuna yönelik politikalar geliştirmelidir.

KAYNAKLAR

AKŞİT, M. A., TEL, E., BİLİR, S, 1980. Kızılcaören-A health survey in an endemic fluorosis village. Fluoride. 13:81-85.

ALTUNDAĞ, H., DÜNDAR, M., YÜCEL, Ç. ve ALBAYRAK, S., 2011. Sakarya ili içme sularında flor düzeylerinin iyon seçici elektrot ve iyon kromotografisi ile tayini. Saü., Fen Bilimleri Dergisi, 15. cilt, 2. sayı, s.129-138.

ANONİM, 2015. http://www.zeminarastirma.com/su_arama_sondaji_.html, Erişim tarihi (01.06.2015).

APHA, AWWA, WEF, Standard Methods for the Examination of Water Wastewater, L.S. Clesceri, A.E. Greenberg and A.D. Eaton (Eds), Unite Book Press, Baltimore, MD, USA, 20th edn., 4-103, 1998.

ATABEY, E., 2005. Tıbbi jeoloji. TMMOB Jeoloji Müh. Odası Yayını. Yay. No:88.

BAYINDIR, Y., 2006. Harran ovası serbest akiferinin kirlilik potansiyelinin belirlenmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Şanlıurfa.

BEER, H., 1967. Güneydoğu Türkiye üst kretase fosfat bölgesinin paleocoğrafyası ve fasiyesi. Maden Tetkik ve Arama Dergisi. 68, 98-102.

BENEFIELD, L. D., JUDKINS, J. F., WEAND, B. L., 1982, Process chemistry for water and wastewater treatment. Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.

BEYHAN, M., 2003. Atık çamurlar ve doğal malzemeler ile sularda florür iyonu gideriminin araştırılması. Yıldız Teknik Üni., Fen Bilimleri Enst., Doktora Tezi, İstanbul.

CANİK, B., 1998. Yeraltısularının aranması, işletilmesi ve kimyası. Ankara Üni., Fen Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara.

ÇALIŞKAN, E., 2007. Asit, lantanyum ve alüminyun ile işlem görmüş aktif karbonlar ile florür adsorbsyonu, İstanbul Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.

DALKILIÇ, Y., ve HARMANCIOĞLU N., 2008. Avrupa birliği su çerçeve direktifinin Türkiye'de uygulama olanakları. TMMOB 2. Su PolitikalarıKongresi Cilt- 2, 20-22 Mart 2008. ISBN: 978-9944-89-512-5. Ankara.

DEAN, HT., 1942. The ınvestigation of physiological effects by the epidemiological method. In: Moulton FR, ed. Fluorine and dental health, American Association for the Advancement of Science, Publication No. 19, 23-31., Washington DC.

DEMİREL Ü., 2010. Medical geology and fluorosis problem within the context of medical geology in Turkey. Istanbul University, Istanbul, Turkey.

DISSANAYAKE, C.B., CHANDRAJITH R., 2009. Introduction to medical geology. Erlangen Earth Conference Series, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

DSİ, Su ve Toprak Kaynakları http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari (Bağlantı tarihi: 23.05.2015).

ERGÜN, E., 2008. Elektrodiyaliz yöntemiyle sulardan florür'ün giderilmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.

EROĞLU, V., 2003. http://www.veyseleroglu.gen.tr/haber_detay.asp?habrID=627.

FİDANCI, U.R., SALMANOĞLU, B., MARAŞLI, Ş., MARAŞLI, N., 1998. İç Anadolu Bölgesinde Doğal ve Endüstriyel Florozis ve bunun hayvan sağlığı üzerindeki etkileri. Tr. J. of Veterinary and Animal Sicences, 22, 537–544.

FREEZE A.R., and CHERRY J.A., 2003. Groundwater. Prentice-Hall, Inc., New

HEM J.D., 1989. Study and İnterpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water, US Geol. Survey Water-Supply Paper 1473. 363 pp. Jersey, 604 p, U.S.A.

KALKINMA BAKANLIĞI, Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği Özel İhtisas Komısyonu Raporu ISBN 978-605-4667-82-6 Ankara (2014).

KÜÇÜKIRMAK, G., 2007. Florun fizyolojik ve toksikolojik karakteristikleri. Ege Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Bitirme Tezi, İzmir.

MEMİŞ, Ü. ve DEMER, S., 2011. Isparta ili merkezinde içme sularının farklı florür içeriklerinin incelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi, 32260 Isparta-Türkiye Ekoloji 20, 79, 77-82.

MTA, 2010. Mardin İli Maden ve Enerji Kaynakları. http://www.mta.gov.tr/v1.0/turkiye_maden/maden_potansiyel_2010/Mardin_Maden er.pdf, (Bağlantı tarihi: 25.08.2010).

MTA, 2010. Şanlıurfa İli Maden ve Enerji Kaynakları http://www.mta.gov.tr/v1.0/turkiye_maden/maden_potansiyel_2010/Sanliurfa_Madenler.pdf, (Bağlantı tarihi: 25.08.2010).

ORUÇ, N., 1977. A preliminary study on the effect of water-borne fluoride on the fluoride content of soils and plants: in Seminar on Problems of High Fuoride Waters, CENTO Scientific Problems, Report No: 28, Erzurum.

ORUÇ, N., 2001. Türkiye'de yüksek düzeyde florür içeren kaynak suları ve önemi. 1. Türkiye Su Kongresi, 8-10 Ocak, İstanbul, İTÜ ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi Organizasyonu, s. 629-638.

ORUÇ, N., 2008. Occurrence and problems of high fluoride waters in Turkey: AnOverview, Environ Geochem Health, 30: 315-323.

ORUÇ, N., VİCİL, M., 2001. Uşak esme güllü köyü içme sularında florür düzeyi ve kökeni. Yer altı Suları ve Çevre Sempozyumu, TMMOB Jeoloji Muh. Odası, 21-23 Mart, İzmir.

ÖRNEK, S., 1955. Diş çürüklerinde ve diş florozisinde memleket sularının ıhtiva ettikleri florun rolü, Ankara Üni. Tıp Fak. Mecmuası, cilt:7-8 sayı1-4, s. 129 137.

SARGIN, A. H., 2010. Yeraltı Suları. Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü. Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı suları Dairesi Başkanlığı. 200s. Ankara. SU KİRLİLİĞİ VE KONTROLÜ YÖNETMELİĞİ, 2004. 31. 12.2004 Tarih ve 25687 Sayılı Resmi Gazete.

ŞAHİN, Ö. M., 2013. Killer ile sulardan florür gideriminin araştırılması. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa.

ŞAHİN, Ü., TUNÇ, T., ÖRS, S., 2011. Yeraltı suyu kirliliği açısından atıksu kullanımı. Atatürk Üni. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. Erzurum.

TSE, 1997a. TS 5090 EN 25667-2/Nisan 1997. Su Kalitesi - Numune Alma Bölüm 2: Numune Alma Teknikleri – Kılavuzu.

TSE, 1997b. TS 5106 ISO 5667-3/Nisan 1997. Su Kalitesi - Numune Alma Bölüm 3: Numunelerin Muhafaza ve Taşınma Kuralları.

VAROL, S., DAVRAZ, A., VAROL, E., 2008. Yeraltı suyu kimyası ve sağlığa etkisinin tıbbi jeoloji açısından değerlendirilmesi. TAF Preventive Medicine Bulletin,: 7(4): 351-356.

WHO, World Health Organization, 2006. Fluoride in drinking-water. WHO Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th edition.Washington, D.C.

YESİLNACAR, M. İ., 2010b. Karataş ve sarım köylerinde içme-kullanma suyunda yüksek florür nedeniyle oluşan sorunun incelenmesi, Araştırma Raporu, Şanlıurfa İl Sağlık Müdürlüğü, Şanlıurfa-Türkiye, Pp: 9. YEŞILNACAR, M. İ., DEMIR, Y. A., RASTGELDI, D. T., ATASOY, A. D., TEKINER, S. İ., BAYHAN, İ., İ., DIREK, H., SERIN Ş., 2013a. Yüksek florürlü yeraltı suyuna sahip bir sahanın tıbbı jeolojik açıdan haritalanmasi, 66. Türkiye Jeoloji Kurultayi 1-5 Nisan 2013, ODTÜ, Ankara.

YEŞİLNACAR, M. İ., DÜLGERGİL, Ç. T., DEMİR, A., ATASOY, A.D., TEKİNER, S. İ., BAYHAN, İ., KUMRAL, M. ve AYDOĞDU, M.,. 2012. Yeraltı Sularında Yüksek Florür Ve Dental Florozisin Tıbbi-Jeoloji Açısından Cbs İle Değerlendirilmesi: Şanlıurfa Örneği. 1.Ulusal Sağlık Kuruluşları Çevre Yönetimi Sempozyumu, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, 29-30 Kasım, İstanbul.

YEŞİLNACAR, M. İ., RASTGELDİ DOĞAN, T., 2011b. Yeraltı sularında yüksek florür ve insan sağlığına etkileri: Şanlıurfa Örneği, 1. Çıldır Gölü Çalıştayı, Bildiri Özetleri, s.24, 21-22 Haziran 2011, Ardahan Üniversitesi.

YEŞİLNACAR, M. İ., YENİGÜN, İ., Effect of irrigation on a deep aquifer: a case study from the semi-arid Harran Plain, GAP Project, Turkey Bull Eng Geol Environ 70:213–221 (2011).

YEŞİLNACAR, M. İ., 2010a. Karataş ve sarım köylerinin içme ve kullanma suyununda yüksek florür şüphesiyle çocukların dişlerinde oluşan sorunun incelenmesi, Ön Araştırma Raporu.

YEŞİLNACAR, M. İ., RASTGELDİ D. T., 2011a. Yeraltı sularında Yüksek Florürün Tıbbi Jeoloji Perspektifinden İncelenmesi: Şanlıurfa Örneği, 64. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 25 – 29 Nisan 2011, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

YEŞİLNACAR, M. İ., ATASOY, A.D., KUMRAL, M., DÜLGERGİL, Ç.T., AYDOĞDU, M., 2013b. Yeraltı Sularında Yüksek Florürün Oluşumu, Dağılımı, İnsan Sağlığına Etkileri ve Florür Gideriminin Araştırılması, KB Şanlıurfa TÜBİTAK Proje No: 110Y234.

YEŞİLNACAR, M. İ., DEMİR, F., UYANİK, S., YİLMAZ, G., DEMİR, T., 2007. Harran Ovası Yeraltı Suyu Kalitesi ve Kirlenme Potansiyelinin Belirlenmesi, TUBİTAK Proje Kodu: 104Y188 (ÇAYDAG).

YEŞİLNACAR, M. İ., KADİRAĞAGİL, Z., 2013. Effects of acid mine drainage on groundwater quality: a case study from an open-pit copper mine in eastern Turkey Bull Eng Geol Environ 72:485-493.

YEŞİLNACAR, M.İ.,1995. Suruç (Şanlıurfa) Kuzeydoğusu'nun jeolojik ve petrografik incelemesi. S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Müh. A.B.D., Yüksek Lisans Tezi, Isparta.

YETİŞ, D. A., 2013. Ceylanpınar ovası yeraltı suyu kalitesinin ve kirlenmepotansiyelinin belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana, s.1-4.
[URL 1]: http://yeraltisuyu.nedir.com/

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Sadık İsmail TEKİNER
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Bozova, 01.07.1983
Telefon : 0538 782 63 63
Fax : -
e-mail : tekinerismail@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Atatürk Barajı Lisesi, Bozova, Şanlıurfa	2008
Üniversite	: Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fak., Çevre Mühendisliği, Elazığ	2012
Yüksek Lisans	: Harran Üni., Fen Bilimleri Enst., Çevre Müh. Anabilim Dalı, Şanlıurfa	2015