

**EDİRNE İLİNDEKİ SULAMA SUYU KAYNAKLARININ  
KALİTESİ VE AĞIR METAL İÇERİKLERİNİN TESPİTİ**

**Fatih AYDOĞAN**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. M. Turgut SAĞLAM**

**2013**

**T.C.  
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**EDİRNE İLİNDEKİ SULAMA SUYU KAYNAKLARININ KALİTESİ  
VE AĞIR METAL İÇERİKLERİNİN TESPİTİ**

**FATİH AYDOĞAN**

**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: Prof. Dr. M. TURGUT SAĞLAM**

**TEKİRDAĞ – 2013**

**Her hakkı saklıdır.**

Prof. Dr. M. Turgut SAĞLAM danışmanlığında, Fatih AYDOĞAN tarafından hazırlanan “Edirne İlindeki Sulama Suyu Kaynaklarının Kalitesi ve Ağır Metal İçeriklerinin Tespiti” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof. Dr. M. Turgut SAĞLAM

*İmza :*

Üye : Doç. Dr. Murat DEVECİ

*İmza :*

Üye : Yrd. Doç. Dr. Korkmaz BELLİTÜRK

*İmza :*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

**Enstitü Müdürü**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### EDİRNE İLİNDEKİ SULAMA SUYU KAYNAKLARININ KALİTESİ VE AĞIR METAL İÇERİKLERİNİN TESPİTİ

Fatih AYDOĞAN

Namık Kemal Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. M. Turgut SAĞLAM

Bu araştırmanın amacı, Edirne İli sınırları içerisinde bulunan Merkez dahil her ilçeden olmak üzere tarımsal amaçla kullanılan sulama suyu kaynaklarının, kalitelerinin ve bazı ağır metal içeriklerinin belirlenmesidir. Su örnekleri Ekim ve Mayıs aylarında olmak üzere iki dönemde 25'er kaynaktan toplam 50 adet alınmıştır.

Araştırılan örneklerin genelde pH yönünden “kullanılabilir” sulama suyu sınıfına girdiği görülmüştür. Alınan örnekler ABD Tuzluluk Laboratuvarı Sistemi'ne göre sınıflandırıldığında; 3, 8, 13, 20 ve 21 nolu örneklerin  $C_2 - S_1$ , 7 nolu örneğin  $C_2 - S_2$ , 5 ve 18 nolu örneğin  $C_2 - S_3$ , 1, 4, 9 ve 19 nolu örneklerin  $C_3 - S_2$  ve 2, 6, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 22, 23, 24 ve 25 nolu örneklerin ise  $C_3 - S_1$  sınıfına girdiği tespit edilmiştir. Sonuçlara göre; örneklerin genellikle orta ve yüksek tuz konsantrasyonuna sahip sular olduğu görülmektedir. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin değerlendirilmesine göre; Fe ve B değerlerinin sulama suyu sınır değerlerini aşmadığı, diğer parametrelerin ise (Cu, Zn, Mo, Ni, Pb, Cr, Co, Cd) genelde aştığı görülmektedir. Su örneklerinin analiz sonuçlarının dönemler arasında ve örnekleme noktaları arasında farklılık gösterdiği görülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Edirne, su, kalite, ağır metal, kirlilik

**2013, 72 sayfa**

## **ABSTRACT**

MSc. Thesis

### **THE QUALITY OF IRRIGATION WATER RESOURCES AND THE DETECTION OF HEAVY METAL LEVELS IN EDİRNE REGION**

Fatih AYDOĞAN

Namık Kemal University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. M. Turgut SAĞLAM

The aim of this research is to investigate the quality of agricultural irrigation water and the detection of heavy metal levels of Edirne region, including the center and all districts of Edirne. 50 water samples were taken in two terms in October and May from 25 sources.

Based on the results obtained from the study; investigated samples were generally including usable irrigation water class in terms of pH. When the collected water samples classified in American Salinity Laboratory System; determined that sample number 3, 8, 13, 20 and 21 classified in C<sub>2</sub>-S<sub>1</sub>, sample number 7 classified in C<sub>2</sub>-S<sub>2</sub>, sample number 5 and 18 classified in C<sub>2</sub>-S<sub>3</sub>, sample number 1, 4, 9 and 19 classified in C<sub>3</sub>-S<sub>2</sub> and samples number 2, 6, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 22, 23, 24, 25 in C<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>. According to the results; appears that the samples usually contains medium and high salinity concentration. After comparison of the maximum allowable irrigation water according to the evaluation of heavy metals and toxic elements; irrigation water limit values does not exceed for Fe and B, but the other parameters (Cu, Zn, Mo, Ni, Pb, Cr, Co, Cd) were generally exceeds. It is observed that the results of water analysis among terms and sampling points are different.

**Key words:** Edirne, water, quality, heavy metal, impurity

**2013, 72 pages**

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma sürecinin her safhasında değerli bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren, görüşlerini ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. M. Turgut SAğLAM' a sonsuz teőekkürlerimi ve saygılarımı arz ederim.

Yüksek Lisans süreci boyunca ihtiyacım olan tüm bilgi birikimini paylaşan, yol gösteren ve yardımımı esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Korkmaz BELLİTÜRK' e,

Gerek ders aşaması gerekse laboratuvar aşamasında bilgi ve yardımlarını esirgemeyen tüm "Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü" akademik kadrosuna,

Yüksek Lisans dönemim boyunca iş yerinde gösterdiği anlayış ve sabrı için Havsa Gıda Tarım ve Hayvancılık İlçe Müdürü Ahmet GÜNEŐ' e,

Su örneklerinin alınması konusunda bana yardımlarını esirgemeyen mesai arkadaşım Serdar TAMKURU' ya,

Su örneklerinin analizlerini yaptırmamda bana yardımlarını esirgemeyen Havsa Ziraat Odası Başkanlığına ve özellikle ilgilenen Genel Sekreter Taner BOZKURT' a,

Biricik kızımınla birlikte, bana maddi ve manevi her konuda göstermiş olduğu desteği, sabrı ve anlayışı için çok kıymetli eşim Derya AYDOğAN' a,

Teőekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ.....</b>	<b>6</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>12</b>
3.1 Materyal.....	12
3.1.1 Coğrafi Durum.....	12
3.1.2 İklim.....	13
3.1.3 Sulama.....	15
3.1.4 Çalışma Alanının Tanıtılması.....	16
3.2 Yöntem.....	19
3.2.1 Su Örneklerinin Alınması.....	19
3.2.2 Su Örneklerinin Analizinde Kullanılan Yöntemler.....	19
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....</b>	<b>24</b>
4.1 Örneklerin Analiz Sonuçları.....	24
4.2 Araştırma Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	30
4.2.1 Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Kalite Parametrelerinin Değerlendirilmesi.....	30
4.2.1.1 pH Değerleri.....	30
4.2.1.2 EC Değerleri.....	31
4.2.1.3 Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR) Değerleri.....	33
4.2.1.4 Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC) Değerleri.....	35
4.2.1.5 Çökeltme İndeksi (Çİ) Değerleri.....	36
4.2.1.6 Sodyum Yüzdesi (% Na) Değerleri.....	37
4.2.1.7 Potasyum Konsantrasyonları.....	39
4.2.1.8 Ca+Mg Konsantrasyonları.....	40
4.2.1.9 NH <sub>4</sub> -N ve NO <sub>3</sub> -N Konsantrasyonları.....	42
4.2.1.10 Karbonat (CO <sub>3</sub> ) Konsantrasyonları.....	44
4.2.1.11 Bikarbonat (HCO <sub>3</sub> ) Konsantrasyonları.....	45
4.2.1.12 Klor Konsantrasyonları.....	46
4.2.1.13 Sülfat Konsantrasyonları.....	48
4.2.2 Sulama Sularında İzin Verilebilen Maksimum Ağır Metal ve Toksik Elementlerin Değerlendirilmesi.....	50
4.2.2.1 Demir Konsantrasyonları.....	53
4.2.2.2 Bakır Konsantrasyonları.....	54
4.2.2.3 Çinko Konsantrasyonları.....	55
4.2.2.4 Molibden Konsantrasyonları.....	56
4.2.2.5 Bor Konsantrasyonları.....	57

4.2.2.6 Nikel Konsantrasyonları.....	59
4.2.2.7 Kurşun Konsantrasyonları.....	60
4.2.2.8 Krom Konsantrasyonları.....	61
4.2.2.9 Kobalt Konsantrasyonları.....	62
4.2.2.10 Kadmiyum Konsantrasyonları.....	63
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>64</b>
<b>6. KAYNAKLAR.....</b>	<b>67</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>72</b>



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
°	Derece
°C	Santigrat derece
µmhos/cm	Mikromhos bölü santimetre
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
Ag	Gümüş
AgNO <sub>3</sub>	Gümüş nitrat
As	Astanin
B	Bor
BaSO <sub>4</sub>	Baryum sülfat
BOI <sub>5</sub>	Biyokimyasal oksijen ihtiyacı
C <sub>1</sub>	Az tuzlu su
C <sub>2</sub>	Orta tuzlu su
C <sub>3</sub>	Fazla tuzlu su
C <sub>4</sub>	Çok tuzlu su
Ca	Kalsiyum
CaCO <sub>3</sub>	Kalsiyum karbonat
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
CO <sub>3</sub>	Karbonat
Cd	Kadmiyum
Cl	Klor
Cr	Krom
Cu	Bakır
Çİ	Çökeltme indeksi
ÇO	Çözünmüş oksijen
D.S.İ.	Devlet Su İşleri
EC	Elektriksel İletkenlik
F	Flor
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
Fe	Demir
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sülfürik asit
ha	Hektar
HCO <sub>3</sub>	Bikarbonat
Hg	Cıva
ICP-OES	İndüktif eşleşmiş plazma – Optik emisyon spektroskopisi
km	Kilometre
km <sup>2</sup>	Kilometre kare
kg/m <sup>2</sup>	Kilogram bölü metre kare
K.H.G.M.	Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü
KOI	Kimyasal oksijen ihtiyacı
m <sup>3</sup>	metre küp
m/sn	Metre bölü saniye
meq/l	Mili ekivalan bölü litre
mg/l	Miligram bölü litre
Mg	Magnezyum
mm	Milimetre

mmhos/cm	Milimho bölü santimetre
Mn	Mangan
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Sodyum karbonat
Ni	Nikel
NH <sub>4</sub>	Amonyum
NH <sub>4</sub> -N	Amonyum azotu
NO <sub>3</sub> -N	Nitrat azotu
OM	Organik madde
Pb	Kurşun
pH	Hidrojen iyonu aktivitesinin negatif logaritması
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Fosfat
ppm	Milyonda bir kısım
RSC	Sodyum karbonat kalıntısı
S <sub>1</sub>	Az sodyumlu su
S <sub>2</sub>	Orta sodyumlu su
S <sub>3</sub>	Yüksek sodyumlu su
S <sub>4</sub>	Çok yüksek sodyumlu su
SAR	Sodyum adsorbsiyon oranı
Se	Selenyum
Sn	Kalay
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Sülfat
TÇM	Toplam çözünmüş katı madde
Ti	Titanyum
TS	Toplam sertlik
U	Uranyum
UV	Ultraviyole ışını
V	Vanadyum
W	Volfram (Tungsten)
Zn	Çinko

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Su çevrimi ve insan faaliyetleri.....	3
Şekil 3.1. Su örneklerinin alındığı noktalar.....	18
Şekil 4.1. Su örneklerinin Ekim ve Mayıs aylarındaki ortalama pH değerleri.....	30
Şekil 4.2. Su örneklerinin Ekim ve Mayıs aylarındaki ortalama EC değerleri.....	32
Şekil 4.3. Su örneklerinin Ekim ve Mayıs aylarındaki ortalama RSC değerleri.....	35
Şekil 4.4. Su örneklerinin Ekim ve Mayıs aylarındaki ortalama % Na değerleri.....	38
Şekil 4.5. Su örneklerinin Ekim ve Mayıs aylarındaki ortalama K değerleri.....	39
Şekil 4.6. Su örneklerinin Ekim ve Mayıs aylarındaki ortalama Ca+Mg değerleri.....	41
Şekil 4.7. Su örneklerinin Ekim ve Mayıs aylarındaki ortalama CO <sub>3</sub> değerleri.....	44
Şekil 4.8. Su örneklerinin Ekim ve Mayıs aylarındaki ortalama HCO <sub>3</sub> değerleri.....	45
Şekil 4.9. Su örneklerinin Ekim ve Mayıs aylarındaki ortalama Cl değerleri.....	47
Şekil 4.10. Su örneklerinin Ekim ve Mayıs aylarındaki ortalama Sülfat değerleri.....	49

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Edirne İli 1970-2011 yılları ortalama iklimsel değerler.....	14
Çizelge 3.2. Araştırmanın yapıldığı sulama kaynaklarına ilişkin bazı bilgiler.....	17
Çizelge 3.3 Kıtaıçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri.....	21
Çizelge 3.4. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite parametreleri.....	22
Çizelge 3.5. Sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları.....	23
Çizelge 4.1. Su örneklerinin bazı kalite özellikleri (Genel).....	25
Çizelge 4.2. Su örneklerinin bazı kalite özellikleri (Katyonlar).....	26
Çizelge 4.3. Su örneklerinin bazı kalite özellikleri (Anyonlar).....	27
Çizelge 4.4. Su örneklerinin mikro element içerikleri.....	28
Çizelge 4.5. Su örneklerinin ağır metal içerikleri.....	29
Çizelge 4.6. Sulama suyu tuzluluk sınıfları.....	31
Çizelge 4.7. Sulama suyu SAR sınıfları.....	33
Çizelge 4.8. Sulama suyu RSC değerleri.....	35
Çizelge 4.9. Sulama suları için bazı iz elementlerinin önerilen en fazla konsantrasyon değerleri.....	51
Çizelge 4.10. Bor' a dayanıma göre bitkilerin sınıflandırılması.....	57

## 1. GİRİŞ

Su yaşamın temel öğelerinden biridir. Su, bir besin maddesi olmasının yanında, içerisinde bulunduğu mineral ve bileşiklerle vücudumuzdaki her türlü biyokimyasal reaksiyonların gerçekleşmesinde inanılmaz derecede etkin rol oynamaktadır. Vücudumuzun pH dengesinin korunmasından başlayarak, hücrelerdeki moleküllere ve organellere dağılma ortamı oluşturmasına; besinlerin, artık maddelerin ilgili yerlere taşınmasına kadar pek çok görev alır. Bu nedenle susuz hayat düşünülemez. Su canlının ve canlılığın her şeyidir. Su, aynı zamanda canlılar için bir yaşam ortamıdır (Baysal 1989, Himes 1991, Benjamin ve ark. 1997, Akın ve ark. 2005, Atabey 2005).

Su kullanımı suyun miktarı (niceliği) ve kalitesinin (niteliği) bir bileşeni olarak ortaya çıkar. Bir başka deyişle, kullanılabilir su hem nicelik açısından hem de nitelik açısından yeterli olmalıdır. Dolayısıyla, suyla ilgili araştırma, inceleme ve tartışmaların odak noktasını nicelik ve nitelik bileşenleri oluşturur. Bu bileşenlere göre suyun kullanım alanları ortaya çıkar (Tüsiad 2008).

İkame edilemeyen bir kaynak olan su, yaşayan bütün canlılar için hayati önemli doğal kaynaklardan biridir. İnsan kullanımı, ekosistem kullanımı, ekonomik kalkınma, enerji üretimi, ulusal güvenlik gibi suyun gerekli olduğu birçok sektör vardır. Ancak, özellikle son 20 yıl içinde artan insan nüfusu ve bunun sonucu olarak artan su talebi, küresel bir su krizini gündeme getirmiştir. Bunun yanı sıra, hızla artan dünya nüfusu ve su talebiyle birlikte ekonomik, politik ve çevresel konulardaki mücadeleler ve çekişmeler çok daha yaygın ve ciddi boyutlara ulaşmıştır. Su kaynakları; miktar, kalite ve tüm diğer sektörel kullanımlar açısından birçok ciddi sorunla karşı karşıyadır (Görçün ve ark. 2008)

Genel olarak içme ve kullanma suyu olarak iki şekilde ele alabileceğimiz su tüketiminde ağırlık tarım ve sanayi kullanımındadır. Dünya su tüketiminin % 65'i tarımda gerçekleşmektedir. Bunun yanı sıra toplam su tüketiminde endüstrinin payı % 25, ev ve işyeri gibi yerlerde kullanımın payı ise % 10 civarındadır. Dolayısıyla ilk çağlardan itibaren tarımsal faaliyetin sürekliliği için su vazgeçilmez doğal kaynaklardan biri olarak önemini korumaktadır. Sürdürülebilir tarım açısından, suyun miktar ve kalitesinin korunması, yer altı ve yer üstü sularının kirletilmemesi ve yanlış sulama yöntemlerine bağlı olarak ortaya çıkan su kaybının önlenmesi önemli konulardır (Tan 2004).

Su kaynaklarına etkileyen faktörler çeşitlidir;

1) Nüfus yapısı: Nüfus artışı ve göçler yerleşim alanlarının artması, sanayileşme ve tarım ürünlerinin yapılması dolayısı ile su kaynaklarına olan talep ve etkiyi artırmaktadır. Ayrıca su kalitesinin de zamanla ve konumla kötüleşmesine sebebiyet vermektedir.

2) Ekonomi: Su güvenliği ekonomik gelişmeler için çok önemlidir. Ekonomik gelişmelerle su güvenliği de temin edilebilir. Ekonomik gelişme stratejileri arasında su kaynaklarının geliştirilme ve hizmetlerinin (alt yapı) artırılması gelir,

3) İklim değişikliği: Hidrolojik döngü iklim tarafından ayarlanmakta ve hareket ettirilmektedir. Bu sebeple iklimde olabilecek herhangi bir değişim doğrudan ve hatta dramatik bir biçimde su döngüsünün değişik elemanlarına (sıcaklık, yağış, akış, vb.) tesir etmektedir. Böylece bir iklim bölgedeki hem su varlığına hem de hizmetlerine tesir etmektedir,

4) Enerji: Enerji ve su birbirinden ayrılamayacak bir biçimde bağımlıdır. Hatta enerji için su ve su için enerji söylemi bunu çok açıkça izah etmektedir. Enerji üretimi suyu gerektirir. Diğer taraftan su elde edilmesi, çekilmesi, basılması ve dağıtılması enerjiyi gerektirmektedir,

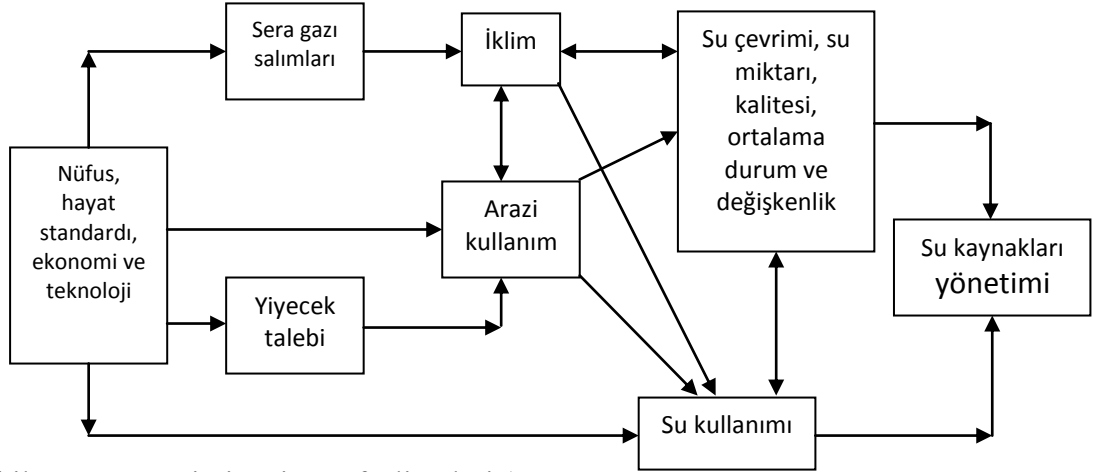
5) Teknoloji: Bazen acaba teknolojik gelişmelerin mi su taleplerini veya su talepleri ile ilgili çalışmaların mı teknolojiyi etkilediğini söylemek zor olmaktadır. Yeni teknolojiler suya olan talebi ve su sarfiyatını azaltabilir (mesela kuraklığa dayanıklı bitkiler) veya su varlığını artırabilir (mesela yağmur hasatı) ve bazı gelişen teknolojilerde (bitkilerin biyo yakıt olarak kullanılması) suya olan talebi artırmaktadır,

6) Sosyoloji: Hayat tarzında değişimler insan tüketimini ve üretimini artırmaktadır. Kültür değerleri de su kaynaklarını doğrudan etkileyebilir. Gelir seviyesinin artması ile evsel su tüketimi de artmaktadır. Bu sebeple özellikle gelişmiş ülkelerde gelişmekte olanlardan su tüketimi daha fazladır,

7) Hukuk, politika ve kuruluşlar: Su yönetimi ile ilgili kanun, politika ve kuruluş kararları çoklu sosyo-ekonomik durumlar, finans ve aydınlanma seviyelerine göre

yapılmaktadır. Böylece geliştirilmiş su yönetimi politik istek, yatırım riskleri, kültür kabulleri, kuruluşların etkinlikleri, yönetimde ve karar vermede şeffaflık süreçlerine bağlıdır,

8) Çevre: Fizik çevre ve kaynakları doğal çevrenin bir elemanı olarak insan faaliyetlerindeki su davranışlarını etkiler.



Şekil 1.1. Su çevrimi ve insan faaliyetleri (Şen 2009)

Tüm ekonomik gelişme ve faaliyetler için suyun göreceli olarak temini bile önemlidir. Su kalitesi de bir etkidir. Suyun kirlenmesi canlıların faydalandıkları su miktarını azaltır. Ekosistem ve hizmetlerin aksamadan devamı için gerekli olan sağlıklı çevre su kaynakları kalitesine bağlıdır. Burada kirlenme, suyun gereğinden fazla tüketilmesi, canlı hayat ortamının kötüleşmesi ve biyo farklılıklara dikkat edilmelidir (Şekil 1.1.)(Şen 2009).

Ülkeler, yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarına göre sınıflandırılırlar. Buna göre, yıllık kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı  $1000 \text{ m}^3$ 'ten az ise su fakiri,  $1000-2000 \text{ m}^3$  arasında su azlığı çeken ve  $2000 \text{ m}^3$ 'ten çok ise su zengini ülkeler olarak nitelendirilirler. Bugün ülke nüfusumuzun tahmini 72 milyon olduğu kabul edilirse, kişi başına düşen  $1555 \text{ m}^3$ 'lük yıllık kullanılabilir su miktarıyla su azlığı yaşayan bir ülke olduğumuz söylenebilir (Atalık 2006, Burak ve ark. 1997).

Yurdumuzda yıllık ortalama  $501 \text{ milyar m}^3$  yağmur suyunun  $274 \text{ milyar m}^3$  ünün toprak ve su yüzeylerinden ve bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri döndüğü;  $41 \text{ milyar m}^3$  ünün yüzeyden sızmalar suretiyle yeraltı suyu rezervlerini beslediği;  $186 \text{ milyar m}^3$  ünün ise çeşitli büyüklükteki akarsular aracılığıyla denizlere, kapalı havzalardaki göllere

boşalmak suretiyle akışa geçtiği kabul edilmektedir. Ayrıca, komşu ülkelerden doğan akarsular ile yılda 7 milyar m<sup>3</sup> suyun ülkemiz su potansiyeline dahil olduğu göz önünde bulundurulduğunda, toplam yenilenebilir tatlı su potansiyelimiz brüt 243 milyar m<sup>3</sup> olmaktadır. Resmi tahminlere göre; bu kaynakların geliştirilmesi sonucunda toplam su kaynaklarının yıllık ortalamasının % 47'si olan 110 milyar m<sup>3</sup> kullanılabilir su elde edilmektedir. Yeraltı suları toplam kaynakların küçük bir kısmını (% 8) oluştururken, toplam su kullanımının % 17'sini oluşturmaktadır (Anonim 2004).

Genel bir değerlendirmeyle 2008 yılı sonu itibariyle ülkemizde 34 milyar m<sup>3</sup> sulama sektöründe, 7 milyar m<sup>3</sup> içme suyu sektöründe, 5 milyar m<sup>3</sup> sanayide olmak üzere toplam 46 milyar m<sup>3</sup> su tüketilmiştir. Bu rakam mevcut su potansiyeli olan 112 milyar m<sup>3</sup>'ün % 41'ine karşılık gelmektedir. Türkiye'nin ekonomik kullanılabilir potansiyeli olan 112 milyar m<sup>3</sup> su miktarının tamamını 2023 yılına kadar geliştirmesi hedeflenmektedir. Mevcut durumda yaklaşık % 2 olan yıllık nüfus artışının yavaşlayacağı ve 2023 yılında Türkiye nüfusunun yaklaşık 100 milyon olacağı tahmin edilmektedir. Türkiye'de hızla gelişen turizm sektöründe 2023 yılında yılda 5 milyar m<sup>3</sup> su tüketileceği tahmin edilmektedir. Böylece 2023 yılında toplam içme-kullanma suyu tüketiminin 18 milyar m<sup>3</sup>'e ulaşacağı öngörülmektedir. Sanayi sektörünün % 4 yıllık artış oranı devam ederse, 2023 yılında sanayi suyu ihtiyacı toplam 22 milyar m<sup>3</sup> olacaktır. Tarımda su kullanım etkinliği göstergelerinden sulama oranı ve sulama randımanı ülkemizde çok düşüktür. Türkiye'de sulama randımanını düşüren en önemli faktör tarımda aşırı su kullanımudur (Evsahibioğlu ve ark. 2010)

Bugün dünyada yaklaşık 300 milyon hektar alan sulanmaktadır. Sulama tarımsal üretimin artmasını, gıda üretimi ve fiyatların dengeli hale gelmesini sağlamıştır. Ancak nüfus ve gelirdeki artış, gıda üretimi gereksinimini karşılayabilmek için sulama suyu talebini arttırmıştır. Sulama alanındaki gelişmeler göz kamaştırıcı olmasına rağmen, dünyanın birçok yerinde yanlış sulama yönetimi uygulamaları, yeraltı suyu seviyelerini önemli düzeyde düşürmüş, toprakları tahrip etmiş ve su kalitesini azaltmıştır. Her yıl yanlış ve bilinçsizce sulama uygulamaları sonucunda verimli toprakların % 10'unun erozyon ve tuzlanma sonucunda kaybedildiği belirtilmektedir. Suyun vazgeçilmez bir girdi olarak ön plana çıktığı bir sektör de sanayi sektörüdür. Sanayide, bir arabanın üretiminde yaklaşık 378 ton, bir ton çelik üretiminde 246 ton; bir ton kağıt için 350 ton, bir ton alüminyum üretimi için 1350 ton su gerekmektedir. Dünyada her yıl, 2 milyon ton atık çeşitli etkinlikler sonucunda su ortamlarına bırakılmaktadır. Bir litre atık su, sekiz litre temiz su kaynağını kirletebilmektedir.



Bu kirlenme nüfus artışı ile birleştiğinde 2025' te su kaynaklarını ciddi sorunların beklediği dşnlmektedir (Arapkirlioğlu 2003).

Bu alışmada Edirne ilini temsilen merkez ilçe dahil her ilçeden olmak üzere önemli sulama suyu kaynaklarının, kalitesinin belirlenmesi ve ağır metal içeriklerinin tespitinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca gelecek yıllarda yapılacak çalışmalara da kaynak niteliği taşması hedeflenmiştir.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Su, insan yaşamının en önemli ihtiyaçlarından biridir. Yaşamın sağlıklı bir şekilde sürdürülmesinde oynadığı rol itibariyle su çok önemli bir yere sahiptir. Ancak, ülkemizin su kaynakları her geçen gün kirlenmekte ve kişi başına düşen su miktarı ihtiyacı nüfus artışı ile birlikte yıldan yıla hızla artmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma için en önemli yaşamsal kaynaklardan biri sudur. Türkiye' de su kalitesi gerektiği biçimde izlenememekte ve gereksinimi duyulan veri bankası oluşturulamamaktadır. Su kaynağının korunması ve yararlı kullanımı doğrultusunda değerlendirilmesi ancak bütünleşik bir yönetim mekanizması ile gerçekleştirilebilir. Ülke genelinde su kaynaklarının kirlenmeye karşı korunmasında bazı temel aksamalar yaşanmaktadır. Türkiye'de Avrupa Birliği (AB) Su Çerçeve Direktifinin uygulanması konusunda en öncelikli ele aldığı konular, kurumsal yapılanmada su ile ilgili görevlerin birçok kuruluşa dağılmış olması ve bundan doğan koordinasyon eksikliği ile havzaların sınırlarının idari-siyasi sınırlarla örtüşmemesi hususlarına çözüm getirmektir (Turan ve Eren 2008)

Bir bölgedeki suyun kalitesi ve miktarı üzerinde çeşitli faktörlerle birlikte toprak yüzeyini örten bitki formasyonlarının da büyük etkisi vardır. Bitki formasyonlarının su üretimini artırmadaki fonksiyonu fazladan aza doğru; otsu, makilik (çalı) ve boylu ağaçların oluşturduğu ormanlar şeklindedir. Bitki formasyonlarını oluşturan ağaç, çalı ve otsu türlerin formları da su kaynaklarının kalite ve kantitesinde önemli rol oynamaktadır. Ağaç türünün ibrelili olması, yapraklı türlere oranla, alana düşen yağışın daha fazla kısmının buharlaşmasına neden olmaktadır. Bitkisel ekosistemlerin, toprağı kalkan gibi koruyan tepe yapısı, toprağı yerinde tutan kök sistemi ve suyu adeta süzen ölü örtüsü ile erozyon kontrolünde vazgeçilmez bir veri bulunmaktadır. İleride doğabilecek muhtemel kuraklığın insan yaşamında doğuracağı zararlı etkilerin azaltılmasında bitki formasyonlarının çok önemli işlevinin olduğu açıktır. Bu nedenle, mevcut formasyonların iyi korunması, planlı işletilmesi ve geliştirilmesi önem arz etmektedir (Fidan ve ark. 2008).

Asan (1995), Samsun Yöresi, Çarşamba - Bafra yüzey sularında kirlilik düzeylerinin belirlenmesi araştırmasında, organik madde, çözülmüş oksijen, iletkenlik, fosfat ve amonyum derişimleri açısından akarsuların kirlenmekte olduğunu vurgulamaktadır.

Atay (1996), Kovada Kanal ve Gölü'nde bazı kimyasal parametrelerin değişimini araştırmış ve Kovada Gölü'nü, Kovada Kanalı' nın kirlettiğini ve bu kirliliğin organik maddelerden ve katı maddelerden ileri geldiğini bildirmiştir.

Aydınalp (1997), Nilüfer Çayı' nın akış istikameti boyunca altı noktadan alınan su örneklerinde, pH değerinin 7.04' den 6.62' ye düştüğü ve içerisindeki Ag, As, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mg, Ni, Pb, U, ve Zn konsantrasyonlarında akış istikameti boyunca bir artış meydana geldiği tespit etmiştir. Ayvalı Deresi'nden alınan bir adet su örneğinde ise pH' nın 7.16 olduğu ve içerisinde Ca, Cd, Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, U ve Zn olduğu belirlenmiş fakat Nilüfer Çayı'nda mevcut olan Ag, As, Cu ve Hg' ye rastlanmamıştır. Elde edilen bulgular yöredeki bu su kaynaklarının ciddi bir şekilde kentsel ve sanayi kökenli atıklarla kirlendiğini göstermiştir. Ayrıca bu su kaynaklarının tarımsal faaliyetlerde kullanılmasından dolayı çevre için tehlike arz eden bu elementlerin besin zincirine de girmesiyle uzun vadede sağlık problemlerinin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir.

Başar ve ark. (1999), Marmara Bölgesi'nin en büyük gölü olan İznik Gölü ve bölgede kullanılan değişik sulama suyu kaynaklarının, kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Su örnekleri sulama mevsiminin başında ve sonunda olmak üzere 2 defa alınmıştır. Analiz sonuçlarına; göl ve artezyen sularının C<sub>3</sub> – S<sub>1</sub>, akarsuların ise C<sub>2</sub> – S<sub>1</sub> kalite sınıfında olduğu, artezyen ve akarsuların pH' larının sırasıyla 8.85 - 9.26, 7.32 - 7.67 ve 8.11 - 8.62 arasında değiştiği, göl suyunun HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> içeriğinin sınır değerlerinin yakınında olduğu incelenen su kaynaklarının Bor (B), Cl ve SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> içeriklerinin normal düzeylerde oldukları belirlenmiştir.

Katkat ve Özgüven (2000), Biga yöresinde sanayi domatesi yetiştirilen toprakların ve sulamada kullanılan yeraltı sularının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada; Biga yöresinde sanayi domatesi yetiştirilen alanlardan toplam 18 adet toprak ve 11 adet de su örneği alınmıştır. Bu çalışma ile Biga yöresi topraklarının tuzluluk yönünden herhangi bir problemi bulunmadığı, organik madde ve kireç yönünden yetersiz olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık azotlu gübrelemenin fazla miktarda yapılmasına bağlı olarak toprakların azot kapsamları ve özellikle bazı alanlarda nitrat azotu miktarları yüksek bulunmuştur. Toprakların yarayışlı fosfor, değişebilir potasyum, kalsiyum ve magnezyum yönünden herhangi bir problem yoktur. Yapılan analiz sonucu pH' ları 8.0

civarındaki sulama sularının biri kullanılamaz, biri sakıncalı, biri kullanılabilirlik sınırında olup öteki sulama suları kullanılabilir ve iyi sınıfına girmekte olduklarını tespit edilmiştir.

Taşdemir ve Göksu (2001), Hatay bölgesinin sahip olduğu en önemli su kaynaklarından biri olan Asi Nehri'nin bazı su kalite özelliklerinin düzeyinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmişlerdir. Çalışma, 1 yıl sürmüş ve bu süre içinde Asi Nehri'nde aylık olarak 12 kez örnekleme yapılmıştır. Su kalite parametrelerinden çözülmüş oksijen, pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, KOİ, amonyak azotu, nitrit azotu, nitrat azotu, fosfat, askıda katı madde, toplam sertlik, silis analizleri yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, Asi Nehrinin az kirli su sınıfında, olası kirlenme tehdidi altında olduğu kanısına varılmıştır.

Kaya ve Öztürk (2003), Elazığ İl Sınırları İçerisindeki Sulama Sularının İncelenmesi adlı çalışmalarında; Elazığ sınırları içerisinde bulunan Tadım, Uluova, Eyüp Bağları tahliye çıkışı, Palu-Kovancılar, Karakoçan ve Kuzova-Cip sulama sahalarındaki tarım arazilerinde sulamada kullanılan su kaynakları ve bunların kalitesi araştırılmış ve bu yerlerdeki sulama sularının genellikle düşük alkali özellikte, sıcaklıklarının mevsime uygun ve her türlü bitki ve toprak çeşidine uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Dişli ve ark. (2004), Şanlıurfa Balıklıgöl sularının kalite yönünden değerlendirilmesi amacıyla yaptıkları çalışmada 2001 yılı boyunca iki ay aralıklarla, periyodik olarak gölün giriş, orta ve çıkış bölümlerinden alınan su numunelerinin analizini yapmışlar ve standartlarla karşılaştırmışlardır. Ölçümü yapılan parametreler; pH, klorür (Cl), amonyum azotu (NH<sup>+</sup><sub>4</sub>), nitrat azotu (NO<sup>-</sup><sub>3</sub>), Toplam alkalinite, ÇO, SO<sup>-2</sup><sub>4</sub>, Na, K, toplam sertlik, Ca, florür (F) ve Mg'dur. Sonuçta göl sularının fiziksel ve kimyasal parametreler yönüyle standartlara uygunluk sağladığı; ancak balık ölümlerinin açıklanabilmesi için çalışmaların bakteriyolojik alanda yoğunlaştırılması gerektiği vurgulanmıştır.

Minareci ve ark. (2004), Temmuz 2001 - Nisan 2002 tarihleri arasında Manisa Belediyesi Evsel Atık Su Arıtma Tesisi'nin Gediz Nehri'ne boşalttığı su ve sediment örneklerinde bazı ağır metal (Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Co, Cr, Ni, Pb) konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre su örneklerinde ortalama değerler; Cu 0.0161; Fe 0.0103; Mn 0.0075; Zn 1.0579; Cd 0.0036; Co 0.0063; Cr 0.1055; Ni 0.0796; Cd 0.2183 mg l<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Bu değerler, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen, Sulara Boşaltılacak Atıklar İçin

Deşarj Kriterleri ile karşılaştırılmış, atık sudaki ağır metal konsantrasyonlarının yüksek düzeyde olmadığı saptanmıştır.

Verep ve ark. (2005), Kasım 2003 – Mayıs 2004 tarihleri arasında Trabzon ve Rize illerine sınır olan İyidere' nin denize döküldüğü nehir ağzından 30 km iç kısımlara doğru 263 m yükseltiye kadar 10 km aralıklarla seçilmiş 4 farklı istasyondan alınan su örneklerinde; pH, bikarbonat ( $\text{HCO}_3$ ), karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ), biyokimyasal oksijen ihtiyacı ( $\text{BOI}_5$ ), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), toplam sertlik, nitrit ( $\text{NO}_2$ ), amonyum ( $\text{NH}_4$ ), fosfat ( $\text{PO}_4$ ), askıda katı madde ve alkalinite gibi kimyasal ölçümler sonucunda, İyidere sularının fiziksel ve kimyasal tüm özelliklerinin Su kirliliği mevzuatında bildirilen kıta içi su kalite standartlarına göre incelendiğinde (Sınıf 1) yüksek kaliteli su standardında olduğunu dolayısıyla İyidere sularının: sadece dezenfeksiyon ile içme suyu temini, rekreasyonel amaçlar, hayvan üretimi, çiftlik ihtiyacı ve diğer amaçlar için kullanılabilir bir su kaynağı özelliğinde olduğu tespit edilmiştir.

Tan (2006), Atık sularda bazı kirlilik parametrelerinin incelenmesi adlı çalışmada 2005 yılında dört ay süreyle Çorlu deresinin altı farklı yerinden su örnekleri alınarak kimyasal analizleri yapılmıştır. Kimyasal kirliliği belirleyen Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Fenol, Amonyum Azotu, Sülfür, Toplam Fosfat, pH, Yağ ve Gres gibi önemli parametreler uygun metotlarla ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerde Çorlu deresinin kimyasal kirliliğinin limit değerlerin üstünde olduğu anlaşılmaktadır. Çerkezköy çevresinde sanayileşmenin gün geçtikçe artması kimyasal kirliliğin üst düzeylerde çıkmasına sebep olmakta ve çevresindeki yaşamı tehdit etmektedir. Çorlu deresinin renginin koyulaşması ve çevreye verdiği kötü koku oldukça rahatsız edici durumdadır. Trakya'da tarım önemlidir ve sulama için Çorlu Deresi suyu kullanılmaktadır. Bu çalışmadaki sonuçlara göre Çorlu Deresinin oldukça kirli olduğu ve tarımsal faaliyetlerde -sulamada- kullanılmasının sakıncalı olduğu saptanmıştır.

Yıldıztekin (2007), Muğla Karabağlar yöresi kuyu sularının sulama suyu kalitesi ve ağır metal içeriklerini saptamak amacıyla, Muğla Karabağlar yöresi kuyu sularından, 4 mevsim boyunca 20' şer adet rastgele seçilmiş kuyu sularında kış mevsiminde alınan su örneklerinin % 50' si  $\text{C}_2\text{S}_1$ ; % 50' si  $\text{C}_3\text{S}_1$ ; ilkbahar mevsiminde % 40' ı  $\text{C}_2\text{S}_1$ ; % 60' ı  $\text{C}_3\text{S}_1$ ; yaz mevsiminde %35' i  $\text{C}_2\text{S}_1$ ; % 65' i  $\text{C}_3\text{S}_1$ ; sonbahar mevsiminde ise % 30' u  $\text{C}_2\text{S}_1$ ; % 70'i  $\text{C}_3\text{S}_1$  sulama suyu sınıfı içerisinde yer aldığını tespit etmiştir. Mevsimsel olarak alınan su örneklerinde, analizleri yapılan ağır metal ve iz elementlerden Cd, Co, Ni, Pb, Cu, Fe ve Mn

konsantrasyonlarının 4 mevsimde de izin verilen maksimum sınır değerlerini aşmadığı görölmektedir. Al konsantrasyonu 4 mevsim boyunca 4 ve 6 nolu kuyular dışında izin verilen maksimum sınır değerini aşmamıştır. Cr konsantrasyonu bakımından değerlendirildiğinde, 6 ve 10 nolu kuyularda Cr konsantrasyonu yönünden 3. sınıf kalitede olduğu ve izin verilen maksimum sınır değerini aşmadığı belirlenmiştir. Zn konsantrasyonu ise 7, 11, 15 ve 17 nolu kuyularda izin verilen maksimum sınır değerini aşmıştır. Nitrat iyonu değeri 3, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 ve 19 nolu kuyularda sorun oluşturabileceği için izlemeye alınmalıdır. Bor konsantrasyonları yönünden araştırma alanındaki tüm kuyu suları 1. sınıf sulama suyu özelliğindedir.

Demirtaş (2008), Iğdır Ovası drenaj sularının kalite durumlarının belirlenmesi adlı çalışmasında; 2005 – 2006 yıllarında arazilerden drene olan suyun en fazla olduğu Ekim-Kasım ve Aralık olmak üzere 3 ay boyunca drenaj kanallarında seçilen 4 ayrı yerden usulüne uygun olarak, her bir istasyondan 20' şer örnek almak kaydıyla aylık olarak yapılan analizler sonucunda ele alınan kalite ve kirlilik parametrelerine göre; görünüş, bulanıklık, renk, koku ve tat gibi fiziksel özellikleri bakımından sular normal bulunmuş, kimyasal parametre özelliklerinin verilen sınırlar arasında değiştiği belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, tarımsal alanların sulanmasında kullanılan bu suların ve diğer atık suların deşarj edildiği kanallardaki suların yeniden tarımsal alanların sulanmasında kullanımı, sulama suyu kriterleri bakımından değerlendirildiğinde, her ne kadar fiziksel özellikler bakımından bir sorun görünmese de kimyasal özellikleri bakımından özellikle artık  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  değeri 2.5 me/1 den fazla olduğunda suyun uzun süre kullanımına bağlı olarak tarımsal alanlarda toprak tuzluluğunun artmasına neden olacağı tespit edilmiştir. Bu nedenle söz konusu kanal sularının kullanımında yetiştirilecek bitkinin tuz toleransı ve su ihtiyacı dikkate alınarak bölgede toprakların var olan tuzluluk probleminin artırılmaması için söz konusu kanal sularının kontrollü olarak kullanımı sağlanmalıdır.

Kali (2008), Erzurum Ovasının su kalitesi ve kirlilik durumunu ortaya koymak için yaptığı çalışmada; çalışma alanındaki yer altı ve yüzey sularının ABD Tuzluluk diyagramına göre suları  $\text{C}_1\text{-S}_1$ ,  $\text{C}_2\text{-S}_1$  ve  $\text{C}_3\text{-S}_1$  niteliğinde olduğunu belirlemiştir. Ayrıca çalışma alanındaki suların Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne (2004) göre;  $\text{CO}$ , T, pH,  $\text{BOI}_5$ , TÇM,  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2^-\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ,  $\text{o-PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , parametrelerine göre değerlendirmeler yapmış ve bunların kirleticiler ile ilişkisi ortaya koymuştur. Değerler TS 266 (2005) standartları ile karşılaştırılmış ve bazı numunelerde As, bazılarında Pb, Fe, Mn ve  $\text{NO}_3$  miktarlarının önerilen

maksimum sınırları aştığını belirlemiştir. Erzurum ovasında kaynak başında belirlenen elektriksel iletkenlik (Eİ) değerleri ve laboratuvar analiz sonuçlarından elde edilen  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$ , TS ve  $\text{SO}_4^{2-}$  konsantrasyon değerleri inceleme sahasının Dadaşköy kesimlerinde arttığını belirlemiştir. Sonuç olarak; inceleme alanında katı atık sahası, endüstriyel ve zirai faaliyetler ile litolojik özelliklerden kaynaklanan kirlilikler nedeni ile suyun kalitesinin olumsuz yönde etkilendiğini tespit etmiştir.

Şen ve Gölbaşı (2008), Doğu Anadolu Bölgesinin en önemli yüzey su kaynaklarından Hazar Gölü' ne dökülen başlıca akarsulardan Kürk Çayı' nın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini tespit etmek amacıyla yaptıkları çalışmada; Aralık 2004 - Kasım 2005 tarihleri arasında Kürk Çayı üzerinde kaynaktan mansaba doğru belirlenen beş istasyondan ayda bir kez olmak üzere su örnekleri alınmış ve su kalite parametrelerinden akım, su sıcaklığı, elektriksel iletkenlik, bulanıklık, pH, çözülmüş oksijen, toplam sertlik, toplam alkalinite ve klorür değerleri her bir istasyon için ayrı ayrı belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, Kürk Çayı' nın hafif alkali karakterde su özelliğinde olduğu tespit edilmiştir. Kıta içi su kaynakları için belirlenen kalite kriterleri dikkate alındığında, Kürk Çayının klorür değerleri bakımından II. Sınıf (az kirlili su) ve diğer parametreler açısından ise I. sınıf (yüksek kaliteli su) su özelliğine sahip olduğu belirlenmiştir.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

##### **3.1.1. Coğrafi Durum**

Edirne İli, Marmara Bölgesi' nin Trakya kısmında yer alır. Güneyinde Ege denizi, kuzeyde Bulgaristan, batısında Yunanistan, doğusunda Tekirdağ, Kırklareli ve Çanakkale illeri ile çevrilidir. Yüzölçümü 6.098 km<sup>2</sup> olan Edirne'nin, deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 41 metredir. İdari olarak, biri merkez ilçe olmak üzere 8 ilçe ve 248 köyden oluşmaktadır.

Edirne ili, Trakya Yarımadasında; kuzeyde Istranca Dağları, güneyinde Kuru Dağları ve Ege Denizi - Saroz Körfezi, batısında Meriç Nehri ve Meriç Ovası, doğusunda da Ergene Ovasını içine almakta olup, il topraklarının % 80' i tarıma elverişlidir.

Türkiye' nin batı sınır topraklarının önemli bir bölümünü içine alan ilin Bulgaristan' la 88 km' lik bir sınırı vardır. Bulgaristan' la olan sınır, Kırklareli il sınırından başlayarak, Tunca Irmağı' nı kesip, güneybatı yönünde uzanarak Meriç Irmağı' nda sona ermektedir. Burada, Türk, Bulgar ve Yunan sınırları birleşmektedir. Meriç Irmağı, ilin Yunanistan' la sınırını oluşturur. Irmağın doğu yakası Edirne, batı yakası Yunanistan' dır. Edirne - Yunanistan sınırının uzunluğu 204 km' dir. Bu sınır, Enez' de sona ermektedir.

Edirne gerek D-100 devlet yolu, gerekse TEM otoyolu üzerinden İstanbul' a dolayısıyla Anadolu'ya ve D-550 devlet yolu ile Çanakkale'den Ege'ye bağlanan karayollarının üzerindedir. Ayrıca Kapıkule Sınır Kapısından Bulgaristan ve Avrupa' ya sadece karayoluyla değil demiryolu ile de bağlanmaktadır.

Pazarkule ve İpsala Sınır Kapısıyla karayolundan, Uzunköprü demiryolu ile de Yunanistan' a ulaşım sağlanmaktadır. Edirne, İstanbul ve Çanakkale üzerinden Anadolu ile düzenli bir ulaşımına sahiptir (Anonim 2010).



### 3.1.2. İklim

Marmara bölgesinin Trakya kesiminde yer alan Edirne ili soğuk yani karasal bir iklime sahiptir. Fakat bazı yıllarda ılık ve yağışlı bazen de tamimiyle Karadeniz iklimi hüküm sürmektedir. İlin yıllık sıcaklık ortalaması 13,5 derece ve ortalama yıllık yağış miktarı da 600 mm civarındadır. Yılda ortalama olarak 20 gün karla örtülüdür. 60 gün kadarda donlu gün görülür.

Ortalama rüzgâr hızının 1,7 m/sn olduğu kentte, egemen rüzgar, yıl içerisinde toplam 4 bin kez esen, kuzey rüzgarıdır. (Yıldız) Bunu kuzeybatı (yıldız-karayel) ve güneydoğu (Keşişleme) rüzgârları izler. Kentte en hızlı rüzgar, saniyede 28,9 m hızla esen güney rüzgarıdır. Mahalli en yüksek basınç 1931–1965 yılları arasında yapılan rasatlara göre 1038,1 en düşük basınç ise 979,9 olarak tespit olunmuştur. Nispi nem ise % 71 olarak tespit olunmuştur. Ortalama buharlaşma miktarı 910 mm; sisli günler sayısı da 27' dir. Güneşleme müddeti 6.5 saat, hakim rüzgar istikameti ise kuzey yönüdür (Çizelge 3.1).

Edirne, her Akdeniz ikliminin hem de Orta Avrupa'ya özgü kara ikliminin etkisi altında kalan bir geçiş bölgesidir. Bölge Karadeniz, Ege ve Marmara denizlerin de etkileriyle zaman zaman ve yer yer farklı iklim özellikleri gösterir. Kışları, Akdeniz iklimi etkisini gösterdiği zamanlarda ılık ve yağışlı, kara iklimi etkisini gösterdiğinde de oldukça sert ve kar yağışlı geçmektedir. Yazlar sıcak ve kurak, bahar dönemi yağışlıdır. İlin bitkisel üretim açısından önem taşıyan Ergene Havzası' nda ise sert bir kara iklimi egemendir. Çevresi dağlara sınırlı olan bu yörenin denizlerden gelen yumuşatıcı etkilere kapalı olması bu iklim yapısını ortaya çıkarmaktadır (Anonim 2010).

Çizelge 3.1. Edirne İli 1970-2011 yılları ortalama iklimsel değerler (Anonim 2012c)

<b>EDİRNE</b>	<b>OCAK</b>	<b>ŞUBAT</b>	<b>MART</b>	<b>NİSAN</b>	<b>MAYIS</b>	<b>HAZİRAN</b>
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1970 - 2011)						
Ort. Sıcaklık (°C)	2.8	4.4	7.7	12.9	18.1	22.5
Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)	6.7	9.3	13.4	19.2	24.7	29.3
Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	-0.5	0.3	2.9	7.1	11.4	15.4
Ort. Güneşlenme Süresi (saat)	2.3	3.5	4.4	6.3	8.3	9.5
Ort. Yağışlı Gün Sayısı	11.9	8.8	9.5	10.5	9.9	8.1
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ort. (kg/m <sup>2</sup> )	53.5	50.3	51.9	47.4	53.1	40.5
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1970 - 2011)						
En Yüksek Sıcaklık (°C)	20.5	23.2	28.0	29.8	35.3	42.6
En Düşük Sıcaklık (°C)	-19.0	-19.0	-12.0	-4.1	0.7	6.0
<b>EDİRNE</b>	<b>TEMMUZ</b>	<b>AĞUSTOS</b>	<b>EYLÜL</b>	<b>EKİM</b>	<b>KASIM</b>	<b>ARALIK</b>
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1970 - 2011)						
Ort. Sıcaklık (°C)	24.7	24.2	19.8	14.0	8.6	4.4
Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)	31.7	31.5	27.2	20.3	13.6	8.2
Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	17.3	17.1	13.4	9.0	4.6	1.1
Ort. Güneşlenme Süresi (saat)	10.4	10.0	7.5	5.1	3.2	2.1
Ort. Yağışlı Gün Sayısı	5.9	4.5	4.8	7.7	10.3	12.9
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ort. (kg/m <sup>2</sup> )	33.8	25.1	38.9	56.8	67.4	64.1
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1970 - 2011)						
En Yüksek Sıcaklık (°C)	44.1	40.7	37.8	35.8	28.0	22.8
En Düşük Sıcaklık (°C)	9.3	9.4	1.3	-3.7	-6.6	-13.4

### 3.1.3. Sulama

İnsanoğlu çok eski tarihlerden beri sulamayı uygulamaktadır. Arkeolojik alışmalar bölgede sulamanın 4000 yıl önceden beri bilindiğini göstermektedir. Ancak bölgenin ılıman iklime sahip olması, bugün dahi sulama uygulamalarının henüz yeterli bir düzeye ulaşmasını engellemiştir. Daha çok içme ve kullanma suyu getirilmesine dönük su kaynakları geliştirilmiştir. Roma, Bizans ve Osmanlı İmparatorlukları dönemlerinde yapılmış çok sayıda su yapısı bulunmaktadır. Anılan yapıların bir kısmı bugün hala kullanılmaktadır. Özellikle Osmanlı İmparatorluğu, en çok su yapısını bölgede yer alan İstanbul'da yapmıştır. Daha öncede belirtildiği üzere yapılan eserlerin çoğu içme suyu teminine yönelik olmuştur. Bu amaçla birçok toprak bentler, sarnıçlar, su yolları, kemerler ve çeşmeler inşa edilmiştir (İski 2004).

Cumhuriyet döneminde, bölgede özellikle İstanbul ve civarında kentleşmede görülen hızlı artış, su ihtiyacını da hızlandırmıştır. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünün (DSİ) 1954 yılında kuruluşunu takiben 1955 yılında Bursa I. Bölge Müdürlüğüne bağlı olarak İpsala İşletme Başmühendisliği ile Edirne şube Başmühendisliği kurulmuştur. İpsala'da kurulan İşletme Başmühendisliği, 1957 yılında Keşan'a daha sonraları tekrar İpsala'ya taşınarak faaliyetlerine devam etmiştir. Edirne şube Başmühendisliği ise 1960 yılında DSİ XI. Bölge Müdürlüğüne dnştrlmştir. Bölgenin bir diğer DSİ kuruluşu ise 1968 yılında İstanbul'da kurulan XIV. Bölge Müdürlüğüdür. Bu müdürlük 1981 yılında kapatılmış fakat 1993 yılında tekrar açılmıştır. Bölgede DSİ tarafından inşa edilen sulama şebekelerinin işletme-bakım işleri, başta yoğun tarımı yapılan eltik alanlarında olmak üzere 2001 yılından itibaren "Sulama Kooperatifleri" ne devredilmiştir. Sulama suyu dağıtım sistemlerinin işletilmelerinin sulama kooperatiflerine devri, beklenilmeyen lde başarılı olmuştur. şimdilik pek fazla sorun gözükmemekle birlikte, politik çıkar gruplarının işletme kararlarında etkin olmaya çalışmaları, gelecekte istenmeyen sorunların ortaya çıkmasına neden olacağı dşnlmektedir.

Bölgede DSİ ve KHGM tarafından yapılan sulama suyu dağıtım sistemlerinin (şebekelerinin) ok büyük bir bölümü (% 98) yüzey sulama yöntemlerine göre planlanmış, inşa edilmiş ve işletilmektedir. Ancak sulanan alanlarda, tarla içi su dağıtım ve yüzey drenaj sistemleri ile arazi tesviyesi gibi tarla içi geliştirme hizmetlerinin mevcut olmaması nedeniyle, yre çiftçisi çoğu kez suyu tarlaya yağmurlama yöntemi ile vermektedir. Bunu yaparken de

yağmurlama sisteminin gerektirdiği planlama ve uygulama koşullarını da dikkate almamaktadır. Son yıllarda DSİ ve KHGM tarafından yapılacak sulama sistemlerinin, artık yağmurlama yöntemine göre planlanıp inşa edilmesinin kararlaştırılması çok önemli bir gelişmedir. Zira bölgedeki mevcut su kaynaklarının optimum kullanımı için bu tür bir planlama zaten zorunludur. Hatta tüm sebze ve meyve tarımında damla sulama yöntemi uygulaması gereklidir (İstanbuluoğlu ve ark. 2006).

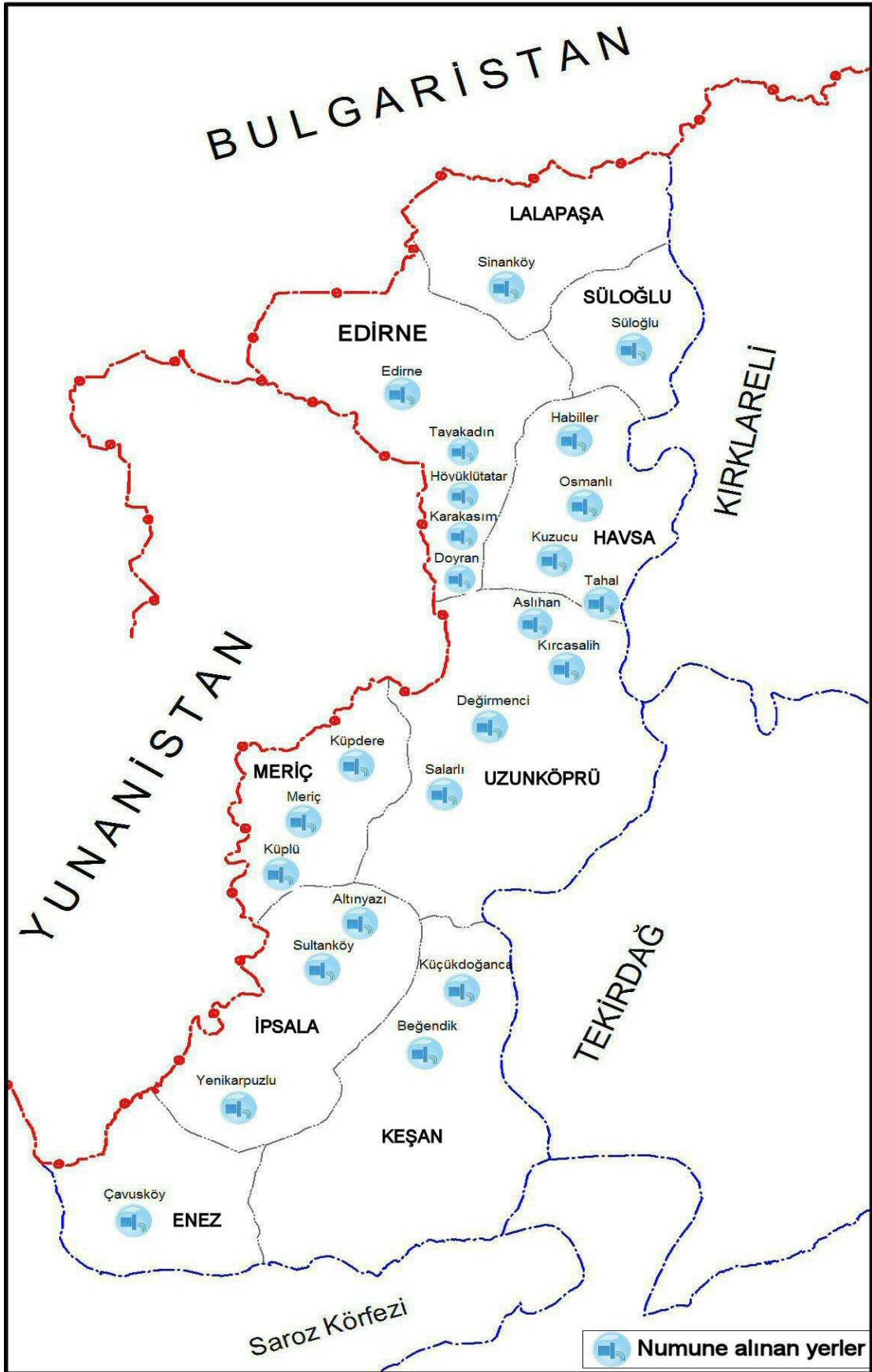
Edirne ili, gerek mevcut nehirleri ve gölleri gerekse devlet ve özel teşebbüsler tarafından yaptırılan göletler, sulama kanalları ve yeraltı sulama kuyuları ile su potansiyeli oldukça yüksek bir ildir. İlin önemli akarsularından olan Meriç, Tunca, Arda ve Ergene nehirlerinin debileri Mart - Nisan aylarında yoğun yağışlara bağlı olarak maksimum seviyeye ulaşmaktadır. Yaz aylarında da normal debilerini muhafaza etmektedir. Yörenin en önemli tarım potansiyeli olan çeltik ekim ve sulama zamanlarında ise nehir debileri en az seviyeye ulaşmaktadır. Edirne, akarsular dışında kalan yüzey sularını, doğal göller, barajlar, rezervuarlar ve göletler oluşturmaktadır. Doğal göllerin başlıcaları Meriç'in denize döküldüğü Enez yöresindedir. Bu göller Gala, Dalyan, Taşaltı, Tuzla, Bücürmene, Sığırcık ve Pamuklu gölleridir. Ayrıca halen faaliyette olan yaklaşık 450 adet gölet sulama amacıyla kullanılmaktadır (Anonim 2010).

### **3.1.4 Çalışma Alanının Tanıtılması**

Bu araştırmada Edirne İli Merkez ilçe dahil olmak üzere her ilçeden, ilin tamamını temsil edecek sulama imkanına sahip yaklaşık 26000 ha' lık bir alanda 25 adet sulama kaynağından Ekim ve Mayıs aylarında olmak üzere iki farklı periyotta toplam 50 adet su örneği alınmıştır. Örnekleme yerlerine ilişkin bazı bilgiler Çizelge 3.2.' de ve su örneklerinin alındığı noktalar Şekil 3.1' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Araştırmanın yapıldığı sulama kaynaklarına ilişkin bazı bilgiler

Örnek No	İlçe	Sulamamın adı	Kaynak	Sulama Alanı (ha)
1	MERKEZ	Karakasım	Sulama kanalı	910
2	MERKEZ	Kirişhane	Sulama kanalı	1188
3	MERKEZ	Höyükütatar	Sulama kanalı	1480
4	MERKEZ	Tayakadın	Sulama kanalı	845
5	SÜLOĞLU	Süloğlu	Baraj	3500
6	LALAPAŞA	Sinanköy	Sulama Kanalı	80
7	HAVSA	Tahal	Sulama kanalı	715
8	HAVSA	Osmanlı	Gölet	66
9	HAVSA	Kuzucu	Sulama kanalı	420
10	UZUNKÖPRÜ	Değirmenci	Gölet	330
11	UZUNKÖPRÜ	Aslıhan	Sulama kanalı	250
12	UZUNKÖPRÜ	Kırcasalih	Sulama kanalı	230
13	KEŞAN	Beğendik	Gölet	91
14	KEŞAN	Küçükdoğanca	Gölet	383
15	İPSALA	Sultanköy	Gölet	5133
16	İPSALA	Altinyazı-Karasaz	Gölet	5300
17	İPSALA	Yenikarpuzlu	Gölet	2426
18	MERİÇ	Meriç	Gölet	70
19	MERİÇ	Küpdere	Gölet	50
20	ENEZ	Çavuşköy	Gölet	280
21	HAVSA	Necatiye	Sulama Kanalı	250
22	İPSALA	Küplü	Gölet	1300
23	UZUNKÖPRÜ	Salarlı	Sulama Kanalı	400
24	MERKEZ	Doyran	Sulama Kanalı	780
25	HAVSA	Habiller	Sulama Kanalı	150
			<b>TOPLAM</b>	<b>26627</b>



Şekil 3.1. Su örneklerinin alındığı noktalar

## **3.2. Yöntem**

### **3.2.1. Su Örneklerinin Alınması**

Araştırmada materyal olarak kullanılan su örnekleri daha önceden temizlenmiş ve saf sudan geçirilmiş olan numune kapları önce bir miktar su numunesi ile çalkalanmış ve akmakta olan sudan bir miktar doldurulmuştur. Numune kaplarının üzerine etiket bilgileri yazılarak numaralandırılmış ve en kısa sürede laboratuvara getirilmiştir.

### **3.2.2. Su Örneklerinin Analizinde Kullanılan Yöntemler**

pH: Su örneklerinin pH ölçümlerinde cam elektrotlu pH metre kullanılmıştır.

Elektriksel İletkenlik (EC): Elektriksel iletkenlik standart Wheatstone köprüsü bulunan konduktivite aleti ile direkt olarak ölçülmüştür.

Klor: Su örneklerinde klorür analizi, normalitesi belli  $\text{AgNO}_3$  çözeltisi % 5'lik potasyum kromat indikatörü kullanılarak volümetrik olarak tayin edilmiştir.

Karbonat ve Bikarbonat: Karbonat analizi için fenolftaleyn, bikarbonat analizi için metil oranj indikötürü kullanılarak normalitesi belli  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ile titre edilerek belirlemeler yapılmıştır.

Sülfat: Su örneklerinde mevcut sülfat anyonu çöktürülerek ( $\text{BaSO}_4$ ) gravimetrik olarak tayin edilmiştir (Richards 1954).

Sodyum, Kalsiyum ve Potasyum: Su örneklerinde,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$  ve  $\text{K}^+$  katyonları dalga boyları ayarlanmış Flame Spektrofotometre cihazında yapılan ölçümlerle tayin edilmiştir.

Bor: Bor analizleri Azomethin-H kullanılarak kolorimetrik yöntemle yapılmıştır (Wolf 1971).

Sertlik: Su örneklerinde sertlik analizleri; Lunge ve Wartha-Pfeifer Yöntemine göre yapılmıştır (Tuncay 1994).

Nitrat: HCl çözeltisi kullanılarak, dalga boyu ayarlanmış UV- Spektrofotometre cihazında yapılan ölçümlerle belirlenmiştir (Tokalıoğlu ve Kartal).

Ağır Metaller (Co, Cr, Ni, Cd, Pb): rnekle rin ağır metal içerikleri ICP-OES ile doğrudan ölçüm yoluyla belirlenmiştir.

Mikro elementler (Fe, Mn, Zn): Su örnekle rindeki Fe, Mn ve Zn içerikleri ICP-OES ile belirlenmiştir.

Yapılan analizler neticesinde elde edilen sonuçlar; Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği esas alınarak izelge 3.3. Kıtaiçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri, izelge 3.4. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite parametreleri ve izelge 3.5. Sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları parametrelerine göre değerlendirilip karşılaştırılarak sınıflandırma yapılmıştır. Söz konusu çizelgeler (izelge 3.3, izelge 3.4 ve izelge 3.5) aşağıda sunulmuştur.



Çizelge 3.3. Kıtaiçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (Anonim 1991)

SU KALİTE SINIFLARI				
SU KALİTE PARAMETRELERİ	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik- kimyasal Parametreler				
1) Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2) pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3) Çözünmüş oksijen (mg O <sub>2</sub> /L) <sup>a</sup>	8	6	3	< 3
4) Oksijen doygunluğu (%) <sup>a</sup>	90	70	40	< 40
5) Klorür iyonu (mg Cl <sup>-</sup> /L)	25	200	400 <sup>b</sup>	> 400
6) Sülfat iyonu (mg SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /L)	200	200	400	> 400
7) Amonyum azotu (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N/L)	0.2 <sup>c</sup>	1 <sup>c</sup>	2 <sup>c</sup>	> 2
8) Nitrit azotu (mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N/L)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
9) Nitrat azotu (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/L)	5	10	20	> 20
10) Toplam fosfor (mg P/L)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
11) Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	> 5000
12) Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13) Sodyum (mg Na <sup>+</sup> /L)	125	125	250	> 250
B) Organik parametreler				
1) Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOl)	25	50	70	> 70
2) Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (m)	4	8	20	> 20
3) Toplam organik karbon (mg/L)	5	8	12	> 12
4) Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	1.5	5	> 5
5) Yağ ve gres (mg/L)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6) Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS) (mg/L)	0.05	0.2	1	> 1.5
7) Fenolik maddeler (uçucu) (mg/L)	0.002	0.01	0.1	> 0.1
8) Mineral yağlar ve türevleri (mg/L)	0.02	0.1	0.5	> 0.5
9) Toplam pestisid (mg/L)	0.001	0.01	0.1	> 0.1
C) İnorganik kirlenme parametreleri <sup>d</sup>				
1) Civa (µg Hg/L)	0.1	0.5	2	> 2
2) Kadmiyum (µg Cd/L)	3	5	10	> 10
3) Kurşun (µg Pb/L)	10	20	50	> 50
4) Arsenik (µg As/L)	20	50	100	> 100
5) Bakır (µg Cu/L)	20	50	200	> 200
6) Krom (toplam) (µg Cr/L)	20	50	200	> 200
7) Krom (µg Cr <sup>+6</sup> /L)	Ölçülmeyecekkadaraz	20	50	> 50
8) Kobalt (µg Co/L)	10	20	200	> 200
9) Nikel (µg Ni/L)	20	50	200	> 200
10) Çinko (µg Zn/L)	200	500	2000	> 2000
11) Siyanür (toplam) (µg CN/L)	10	50	100	> 100
12) Florür (µg F <sup>-</sup> /L)	1000	1500	2000	> 2000
13) Serbest klor (µg Cl <sub>2</sub> /L)	10	10	50	> 50
14) Sülfür (µg S <sup>=</sup> /L)	2	2	10	> 10
15) Demir (µg Fe/L)	300	1000	5000	> 5000
16) Mangan (µg Mn/L)	100	500	3000	> 3000
17) Bor (µg B/L)	1000 <sup>e</sup>	1000 <sup>e</sup>	1000 <sup>e</sup>	> 1000
18) Selenyum (µg Se/L)	10	10	20	> 20
19) Baryum (µg Ba/L)	1000	2000	2000	> 2000
20) Alüminyum (mg Al/L)	0.3	0.3	1	> 1
21) Radyoaktivite (pCi/L)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	> 10
beta-aktivitesi	10	100	100	> 100
D) Bakteriyolojik parametreler				
1) Fekal koliform(EMS/100 mL)	10	200	2000	> 2000
2) Toplam koliform (EMS/100 mL)	100	2000	100000	> 100000

(a) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.

(b) Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.

(c) PH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0.02 mg NH<sub>3</sub>-N/L değerini geçmemelidir.

(d) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.

(e) Bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri 300 µg/L'ye kadar düşürmek gerekebilir.

Çizelge 3.4. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite parametreleri (Anonim 1991)

Sulama suyu sınıfı					
Kalite kriterleri	I. Sınıf su (çok iyi)	II. Sınıf su (iyi)	III. Sınıf su (kullanılabilir)	IV. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı)	V. sınıf su (zararlı) uygun değil
EC <sub>25</sub> ×10 <sup>6</sup>	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	> 3000
Sodyum Yüzdesi (% Na)	< 20	20-40	40-60	60-80	> 80
Sodyum Adsorbsiyon oranı (SAR)	< 10	10-18	18-26	> 26	
Sodyum karbonat kalıntısı (RSC)					
meq/l	> 1.25	1.25-2.5	> 2.5		
mg/l	< 66	66-133	> 133		
Klorür (Cl <sup>-</sup> ),					
meq/l	0-4	4-7	7-12	12-20	> 20
mg/l	0-142	142-249	249-426	426-710	> 710
Sülfat (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> )					
meq/l	0-4	4-7	7-12	12-20	> 20
mg/l	0-192	192-336	336-575	575-960	> 960
Toplam tuz konsantrasyonu (mg/l)	0-175	175-525	525-1400	1400-2100	> 2100
Bor konsantrasyonu (mg/l)	0-0.5	0.5-1.12	1.12-2.0	> 2.0	-
Sulama suyu sınıfı*	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> S <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> S <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> S <sub>3</sub> , C <sub>2</sub> S <sub>3</sub> , C <sub>3</sub> S <sub>3</sub> , C <sub>3</sub> S <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> S <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> S <sub>4</sub> , C <sub>3</sub> S <sub>4</sub> , C <sub>4</sub> S <sub>4</sub> , C <sub>4</sub> S <sub>3</sub> , C <sub>4</sub> S <sub>2</sub> , C <sub>4</sub> S <sub>1</sub>	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> veya NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	0-5	5-10	10-30	30-50	> 50
Fekal Koliform ** 1/100 ml	0-2	2-20	20-100	100-1000	> 1000
BOİ <sub>5</sub> (mg/l)	0-25	25-50	50-100	100-200	> 200
Askıda katı madde (mg/l)	20	30	45	60	> 100
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-9	< 6 veya > 9
Sıcaklık	30	30	35	40	> 40

\*Çizelge 2' den bulunur.

\*\* Bitki türüne göre daha az veya çok olabilir

Çizelge 3.5. Sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları (Anonim 1991)

Elementler	İzin verilen maksimum konsantrasyonlar		
	Birim alana verilebilecek maksimum toplam miktarlar, kg/ha	Her türlü zeminde sürekli sulama yapılması durumunda da sınırlar değerler mg/l	pH değeri 6,0-8,5 arasında olan killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında, mg/l
Alüminyum(Al)	4600	5.0	20.0
Arsenik (As)	90	0.1	2.0
Berilyum(Be)	90	0.1	0.5
Bor (B)	680	-3	2.0
Kadmiyum(Cd)	9	0.01	0.05
Krom (Cr)	90	0.1	1.0
Kobalt (Co)	45	0.05	5.0
Bakır (Cu)	190	0.2	5.0
Florür (F)	920	1.0	15.0
Demir (Fe)	4600	5.0	20.0
Kurşun (Pb)	4600	5.0	10.0
Lityum (Li) <sup>1</sup>	-	2.5	2.5
Manganez(Mn)	920	0.2	10.0
Molibden(Mo)	9	0.01	0.052
Nikel (Ni)	920	0.2	2.0
Selenyum(Se)	16	0.02	0.02
Vanadyum(V)	-	0.1	1.0
Çinko (Zn)	1840	2.0	10.0

<sup>1</sup>Sulanan narenciye için 0.075 mg/l'dir.

<sup>2</sup>Yalnız demir içeriği fazla olan asitli killi topraklarda izin verilen konsantrasyondur.

## **4. ARAŞTIRMA BULGULARI**

### **4.1. rnekle rin analiz sonuçları**

Araştırma sonucunda Ekim ve Mayıs aylarında olmaz üzere 2 periyot halinde alınan toplam 50 adet su örneğinde yapılan analizlerin sonuçları izelge 4.1, izelge 4.2, izelge 4.3, izelge 4.4. ve 4.5' te verilmiŐtir.

Çizelge 4.1. Su örneklerinin bazı kalite özellikleri (Genel)

Örnek No	EC $\mu\text{mhos/cm}$		pH		SAR		RSC meq/l		Çİ	
	Ekim	Mayıs	Ekim	Mayıs	Ekim	Mayıs	Ekim	Mayıs	Ekim	Mayıs
1	790	727	6.83	6.56	20.78	5.85	0.52	0.24	-0.46	-0.51
2	1027	1486	6.75	6.28	6.28	4.84	0.06	0.04	-0.10	-0.63
3	771	701	7.95	7.79	7.37	7.16	0.06	1.16	0.73	0.92
4	795	987	7.31	7.12	12.32	8.33	0.23	1.10	0.09	0.12
5	393	374	7.99	8.12	32.80	5.37	0.08	0.28	0.77	1.05
6	1848	1503	7.00	7.13	8.66	1.70	0	0.36	0.24	0.08
7	660	647	7.10	7.38	20.57	3.60	0.31	0.43	-0.27	0.31
8	650	666	8.11	8.30	2.48	9.33	0.31	0.66	1.18	1.33
9	858	864	7.49	6.99	9.65	24.34	0.06	0.58	0.55	0.05
10	750	812	7.89	8.24	5.76	6.30	0.17	0.34	0.96	1.27
11	1818	1695	7.47	7.20	4.40	9.82	0	0.13	0.73	0.49
12	871	1003	7.10	7.02	13.10	6.38	0.16	0.04	0.16	0.48
13	658	766	8.14	8.58	5.07	10.50	0.07	0.18	1.30	1.68
14	650	864	7.57	7.30	5.40	9.11	0.09	0.11	0.36	0.39
15	870	814	8.00	8.52	9.38	9.24	0.09	0.69	0.78	1.52
16	743	865	8.35	8.05	6.57	9.96	0.28	0.06	1.41	1.14
17	2209	2021	8.12	8.14	10.75	3.87	0.09	0.15	0.90	1.25
18	456	962	6.82	8.83	4.41	41.04	0.25	4.99	-0.40	0.93
19	331	1505	7.07	7.24	15.04	8.13	1.07	0.25	-0.35	0.53
20	536	773	7.39	8.56	7.17	12.63	0.37	0.26	0.46	1.46
21	274	273	7.25	8.14	7.00	3.98	0.29	0.43	0.49	1.19
22	1091	614	7.31	6.96	5.83	5.60	1.12	0.40	0.57	-0.11
23	921	1105	7.59	7.31	1.65	2.74	0.58	0.21	0.39	0.23
24	596	1507	7.44	7.17	2.59	8.62	0.52	0.06	-0.03	0.73
25	998	978	8.42	7.57	3.50	13.22	0.42	0.07	1.44	0.66

Çizelge 4.2. Su örneklerinin bazı kalite özellikleri (Katyonlar)

Örnek No	Ca+Mg (meq/l)		% Na		K (meq/l)		NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	
	Ekim	Mayıs	Ekim	Mayıs	Ekim	Mayıs	Ekim	Mayıs
1	4.20	6.20	20.78	26.17	0.22	0.16	0.2	0.2
2	8.80	9.71	26.00	22.54	0.09	0.09	0.2	0.2
3	5.08	6.52	36.40	31.99	0.08	0.04	0.2	0.5
4	5.01	7.30	48.85	32.30	0.06	0.04	0.2	0.1
5	5.67	6.56	67.73	23.37	0.26	0.06	0.7	0.1
6	9.23	5.40	32.37	11.23	0.13	0.09	0.2	0.1
7	3.45	6.01	15.62	16.05	0.09	0.25	0.1	0.1
8	6.22	4.94	0.051	39.69	0.13	0.10	0.1	0.1
9	7.20	7.47	37.57	58.16	0.04	0.12	0.1	0.2
10	7.03	5.86	27.29	29.69	0.07	0.14	0.1	0.2
11	9.00	8.19	19.69	42.42	0.08	0.10	0.1	0.1
12	7.20	11.31	38.59	17.35	0.15	2.26	0.1	0.1
13	8.13	6.70	22.60	46.75	0.05	0.16	0.1	0.2
14	4.75	7.10	24.63	35.71	0.15	0.15	0.2	0.2
15	4.75	5.99	41.45	34.46	0.15	0.19	0.1	0.1
16	7.60	8.66	33.70	41.57	0.08	0.16	0.1	0.2
17	5.51	7.58	37.67	25.56	0.08	0.14	0.1	0.1
18	5.19	0.79	24.02	79.60	0.05	0.06	0.1	0.2
19	3.85	8.55	51.74	31.97	0.33	0.14	0.1	0.1
20	6.65	6.60	30.64	47.01	0.08	0.19	0.2	0.3
21	8.91	4.81	22.05	19.00	1.47	0.05	0.2	0.1
22	8.06	6.30	26.62	31.84	0.18	0.12	0.1	0.2
23	4.62	6.95	7.26	13.72	0.09	0.49	0.1	0.2
24	3.52	12.70	14.41	31.19	0.09	0.06	0.1	0.1
25	7.14	7.37	68.35	45.70	0.28	0.15	0.1	0.1

Çizelge 4.3. Su örneklerinin bazı kalite özellikleri (Anyonlar)

Örnek No	CO <sub>3</sub> (meq/l)		HCO <sub>3</sub> (meq/l)		Cl (meq/l)		SO <sub>4</sub> (meq/l)		NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	
	Ekim	Mayıs	Ekim	Mayıs	Ekim	Mayıs	Ekim	Mayıs	Ekim	Mayıs
1	0	0	4.72	6.44	0.5	1.92	0	0	0.4	0.2
2	0	0	8.86	9.75	1.5	1.75	0.94	0	0.8	0.1
3	0	0	5.15	7.68	2	1.12	0	0.1	0.4	0.1
4	0	0	5.24	8.40	2.5	1.83	0.68	0.24	0.6	0.1
5	0	0	5.75	6.84	0.95	1.60	0.25	0.21	0.2	0.6
6	0	0	9.4	5.76	2.5	0.2	0.75	0	2.2	0.2
7	0	0	3.77	6.44	0.25	0.95	0	0.26	0.5	0.2
8	0	1.60	6.4	4	2.25	1.95	0	0.25	0.1	0.1
9	0	0	7.26	8.05	3.3	3.5	0	5.01	0.4	0.2
10	0	0	7.2	6.2	1.77	1.74	0	0	0.2	0.2
11	0	0	9	8.32	1.75	2.5	0	0.2	0.9	0.1
12	0	0	7.36	11.35	4.5	4.5	0.33	0.85	0.2	0.2
13	0	1.12	8.2	5.76	1.6	2.44	0.27	0	0.2	0.4
14	0	0	4.84	7.21	1.5	2.5	0.41	0.65	0.1	0.3
15	0	0.80	4.84	5.88	2.5	2.5	0.06	0.35	0.2	0.1
16	1.60	0	6.28	8.72	1.9	1.8	0.06	1.12	0.1	0.2
17	0	0	5.6	7.73	1.95	0.85	0.2	0	0.1	0.4
18	0	0.60	5.44	5.18	1.12	3.5	0	0.48	0.5	0.4
19	0	0	4.92	8.8	2.5	2.5	0.64	0.33	0.4	0.6
20	0	1.12	7.02	5.74	1.95	2.5	0.23	1.02	0.9	0.1
21	0	0	9.2	5.24	2.5	0.5	1.5	0.57	0.2	0.1
22	0	0	9.18	6.7	1.02	1.09	0	0	0.2	0.4
23	0	0	5.2	7.16	0.27	1.02	0	0.22	0.2	0.3
24	0	0	4.04	12.76	0.42	2.75	0	0.72	0.1	0.2
25	1.12	0	6.44	7.44	4.5	2.5	6.54	1.86	0.2	0.1

Çizelge 4.4. Su örneklerinin mikro element içerikleri

Örnek No	Fe (mg/l)		Cu (mg/l)		Zn (mg/l)		Mo (mg/l)		B (mg/l)	
	Ekim	Mayıs	Ekim	Mayıs	Ekim	Mayıs	Ekim	Mayıs	Ekim	Mayıs
1	0.51	0.31	1.88	1.09	12.10	5.41	1.44	0.48	0.05	0.06
2	0.22	0.30	0.31	1.01	8.00	7.19	1.35	0.45	0.05	0.06
3	0.25	0.57	1.77	0.18	1.68	1.56	0.47	1.13	0.05	0.02
4	0.24	0.32	0.03	1.26	2.32	2.01	0.38	0.39	0.06	0.05
5	0.28	0.79	2.48	1.95	7.49	19.6	0.56	0.31	0.06	0.05
6	0.26	0.42	3.29	3.19	1.91	3.60	1.42	1.07	0.06	0.06
7	0.47	0.31	2.19	1.18	1.76	5.11	1.12	2.06	0.06	0.05
8	0.51	1.40	9.42	2.07	1.30	3.06	0.48	0.50	0.06	0.05
9	0.28	0.28	1.15	0.51	1.98	2.20	0.32	0.94	0.07	0.06
10	0.44	0.88	0.73	2.32	8.77	4.46	0.52	0.74	0.04	0.04
11	0.32	0.34	0.92	1.50	3.60	6.34	0.78	1.04	0.01	0.01
12	0.26	0.32	0.53	1.11	9.03	7.17	0.38	0.48	0.03	0.05
13	0.36	0.65	1.30	2.46	5.55	7.18	0.61	0.68	0.03	0.02
14	0.41	0.62	3.81	0.59	2.12	8.68	0.75	2.07	0.04	0.04
15	0.34	0.59	0.72	1.93	9.77	8.13	0.95	0.70	0.03	0.04
16	0.40	0.48	1.70	3.31	4.06	1.12	0.58	0.60	0.02	0.01
17	0.86	0.93	2.15	3.36	3.54	5.54	0.79	1.03	0.01	0.03
18	0.71	1.47	1.27	0.20	3.15	1.09	0.74	0.77	0.05	0.13
19	0.74	0.46	1.69	2.75	4.88	4.12	0.73	1.02	0.06	0.05
20	0.74	0.91	1.16	2.64	3.55	6.19	0.85	0.35	0.04	0.03
21	0.53	2.16	4.82	7.53	5.03	9.42	0.72	0.82	0.03	0.06
22	0.26	0.32	3.47	0.19	2.47	1.91	1.72	0.46	0.10	0.04
23	0.37	0.99	3.70	12.2	41.20	34.9	1.55	1.66	0.09	0.03
24	0.32	0.25	2.05	0.21	14.75	10.4	0.95	0.69	0.05	0.50
25	0.67	0.75	2.22	3.03	7.15	6.72	0.57	1.13	0.03	0.02



Çizelge 4.5. Su örneklerinin ağır metal içerikleri

Örnek No	Ni (mg/l)		Pb (mg/l)		Cr (mg/l)		Co (mg/l)		Cd (mg/l)	
	Ekim	Mayıs	Ekim	Mayıs	Ekim	Mayıs	Ekim	Mayıs	Ekim	Mayıs
1	0.04	0	5.01	5.48	0.03	0.03	0.04	0.01	0.46	0.14
2	0	0.11	4.38	0.46	0.02	0.02	0.03	0.07	0.04	0.10
3	0	0.06	3.16	0.93	0.01	0.01	0.01	0.08	0.11	0.21
4	0	0.08	0.54	3.08	0.02	0.01	0.01	0.09	0.25	0.07
5	0	0.30	1.55	3.39	0.02	0.01	0.08	0.05	0.13	0.29
6	0	0	3.24	2.52	0	0.02	0.06	0.06	0.19	0.25
7	0	0.06	2.32	3.41	0.01	0.04	0.04	0.05	0.04	0.07
8	0	0.11	0	3.08	0.98	0.05	0.04	0.06	0.06	0.18
9	0.04	0.27	2.07	0.23	0.01	0.01	0.05	0.04	0.16	0.19
10	0.10	0.35	0.81	4.28	0.94	0.01	0.07	0.02	0.15	0.16
11	0.20	0.28	1.38	0	0.01	0.01	0.02	0.08	0.14	0.08
12	0.04	0.31	4.05	3.07	0.86	0.02	0.03	0.03	0.21	0.05
13	0.54	0.16	2.46	3.07	0.01	0.01	0.05	0.05	0.09	0.05
14	0.30	0.17	4.06	2.95	0.02	0.96	0.04	0.01	0.15	0.08
15	0.30	0.17	3.62	0	0.02	0.02	0.04	0.08	0.13	0.03
16	0.27	0.24	3.53	3.07	0.02	0.02	0.06	0.05	0.18	0.01
17	0.21	0.18	2.74	1.49	0.01	0.02	0.06	0.01	0.13	0.04
18	0.14	0	6.41	0	0.02	0.02	0.05	0.01	0.11	0.03
19	0.14	0.21	2.82	3.93	0.03	0.02	0.05	0.06	0.13	0.02
20	0	0.23	0	2.41	0.02	0.01	0.01	0.04	0.14	0.08
21	0.42	0.21	2.00	0	0.02	0.01	0.07	0.02	0.16	0.02
22	0.20	0.07	0.88	2.12	0.02	0.01	0.02	0.03	0.04	0.17
23	0.10	0.15	0	2.84	0.03	0.01	0.07	0.01	0.01	0.58
24	0.30	0.40	0.33	4.99	0.03	0.02	0.04	0.01	0.20	0.22
25	0.06	0.22	2.31	3.78	0.01	0.02	0.09	0.08	0.09	0.04

## 4.2. Araştırma Sonuçlarının Değerlendirilmesi

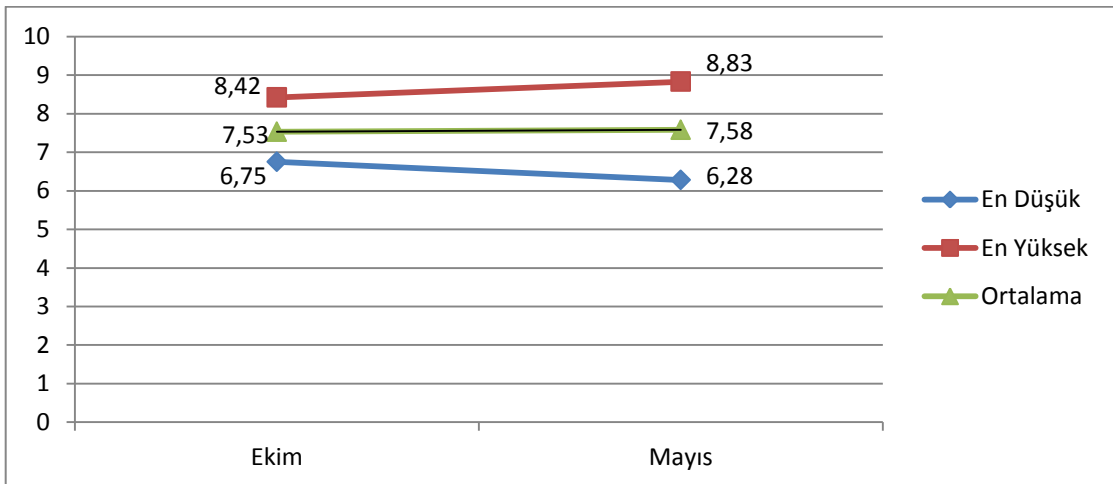
### 4.2.1. Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Kalite Parametrelerinin Değerlendirilmesi

#### 4.2.1.1. pH değerleri

Sularda pH, suyun asitlik veya alkaliliğinin bir göstergesi olup tek başına fazla bir sorun oluşturmaz. Sulama sularında pH değerinin 6.5 ile 8.4 arasında olması istenmektedir. Sulama sularında pH değerinin sınır değerlerden farklı olması bitkilerde dengesiz beslenme veya toksik maddelerin birikimine neden olur (Kanber ve ark. 2003).

Alınan su örneklerinin pH değerlerinin 6,28 – 8,83 arasında değiştiği görülmektedir. Araştırılan örnekler genellikle pH yönünden kullanılabilir sulama suyu olarak kabul edilmektedir. Ekim ayında alınan su örnekleri 6,75 – 8,42 arasında değişmekte olup en düşük pH değeri 2 nolu örnek olan Edirne Merkez Kirişhane sulama suyunda, en yüksek pH değeri ise 25 nolu örnek olan Havsa İlçesi Habiller Köyü sulama suyuna aittir. Mayıs ayında alınan su örnekleri 6,28 – 8,83 arasında değişmekte olup en düşük pH değeri 2 nolu örnek olan Merkez Kirişhane sulama suyunda, en yüksek pH değeri ise 18 nolu örnek olan Meriç Göleti sulama suyuna aittir (Şekil 4.1).

Benzer bir çalışma Bafra Ovası yer altı suyu kalitesinin sulama açısından değerlendirilmesi amacıyla yapılmıştır. Araştırmada su örneklerinin pH değerlerinin 6,6 – 8,3 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Arslan ve ark. 2007).



Şekil 4.1. Su örneklerinin Ekim ve Mayıs aylarındaki ortalama pH değerleri

#### 4.2.1.2. EC değerleri

Tuzluluk ile ilgili olarak sulama sularının kalitesinin belirlenmesi ve sulamadan ileri gelebilecek tuzluluk zararlarının tahmininde, suların EC değerinin ölçülmesi, yeterli bir ölçü olarak yaygın biçimde kullanılmaktadır (Tuncay 1994).

Sulamada kullanılan suyun kalitesi bitki gelişiminde önemli rol oynamaktadır. Tuz içeriği yüksek olan su ile sulama, hem toprak profilinin çözünebilir tuz içeriğinde, hem de drenaj sularının tuz yükünde bir artışa neden olmaktadır. Drenaj suyuna ulaşamayan tuzlar ise toprakta birikir. Bitkiler tuz içeren iyonların optimum miktarına ihtiyaç duyarlar. Bu miktarın artması ise bitkinin zarar görmesine neden olur (Grismer 1990).

ABD Tuzluluk Laboratuvarı sınıflama sistemine göre sulama suları elektriksel iletkenlik değerlerine göre tuzluluk yönünden 4 sınıfa ayrılmıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Sulama suyu tuzluluk sınıfları (Kanber ve ark. 2003)

EC ( $\mu\text{mhos/cm}$ )	Sınıfı
< - 250	Az Tuzlu Su
250 - 750	Orta Tuzlu Su
750 - 2250	Yüksek Tuzlu Su
> 2250	Çok Yüksek Tuzlu Su

Az Tuzlu Sular: EC değeri 0 – 250  $\mu\text{mhos/cm}$  arasındadır. Her bitki ve toprak için uygun olup, tuzluluk problemi yaratmadan rahatlıkla kullanılabilir.

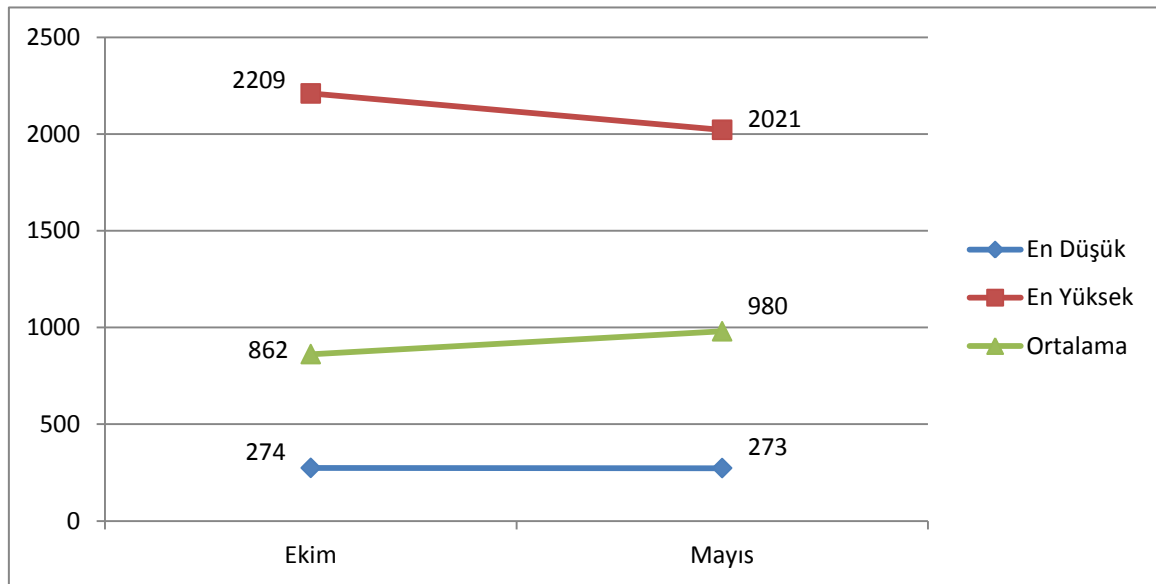
Orta Tuzlu Sular: EC değeri 250 – 750  $\mu\text{mhos/cm}$  arasındadır. Tuza orta derecede duyarlı olan bitkilerde sorun yaratmadan kullanılabilir. Ancak tuza orta duyarlı olan bitkilerde yıkamaya önem verilmelidir.

Yüksek Tuzlu Sular: EC değeri 750 – 2250  $\mu\text{mhos/cm}$  arasındadır. Fazla miktarda tuz içerirler. Sürekli kullanılmaları halinde tuzluluk problemi yaratmaması için her sulama suyu ile birlikte bir miktar yıkama suyunun uygulanması ve yetiştirilecek bitkinin tuza dayanıklı olması gereklidir. Özellikle drenaj koşullarının yeterli olmadığı yerlerde kullanılmamalıdır.

Çok Yüksek Tuzlu Sular: EC değeri 2250  $\mu\text{mhos/cm}$ ' den daha yüksektir. Normal koşullarda bu sular sulamaya uygun değildir. Bu sular ancak drenajın ve toprak geçirgenliğinin çok iyi olduğu topraklarda, tuza çok dayanıklı bitkiler yetiştirilmesi ve fazla miktarda yıkama suyu uygulanması koşulunda kullanılabilir (Kanber ve ark. 2003)

Alınan su örneklerinin EC değerlerinin 273 - 2209  $\mu\text{mhos/cm}$  arasında değiştiği görülmektedir. Araştırılan örnekler genelde II. Sınıf (iyi) ve III. Sınıf (kullanılabilir) su niteliğindedir. Sadece 17 nolu örnek olan İpsala İlçesi Yenikarpuzlu göleti sulama suyu IV. Sınıf (ihtiyatla kullanılmalı) sulama suyu olduğu görülmektedir. Ekim ayında alınan su örnekleri 274 - 2209  $\mu\text{mhos/cm}$  arasında değişmekte olup en düşük EC değeri 21 nolu örnek olan Havsa Necatiye sulama suyunda, en yüksek EC değeri ise 17 nolu örnek olan İpsala İlçesi Yenikarpuzlu göleti sulama suyuna aittir. Mayıs ayında alınan su örnekleri 273 - 2021  $\mu\text{mhos/cm}$  arasında değişmekte olup en düşük EC değeri 21 nolu örnek olan Havsa Necatiye sulama suyunda, en yüksek EC değeri ise 17 nolu örnek olan İpsala İlçesi Yenikarpuzlu göleti sulama suyuna aittir (Şekil 4.2).

Demirtaş (2008), 2005–2006 yılları arasında Iğdır Ovası drenaj sularının kalite durumlarının belirlenmesi amacıyla yaptığı çalışmasında, elektriksel iletkenlik değerlerini (EC) 728.25 - 1483.52  $\mu\text{mhos/cm}$  arasında tespit etmiştir.



Şekil 4.2. Su örneklerinin Ekim ve Mayıs aylarındaki ortalama EC değerleri

### 4.2.1.3. Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR) değerleri

Yapılan araştırmalarda toprak çözeltilisinin SAR değerinin, toprak tarafından adsorbe edilmiş Na miktarını etkilediği bulunmuş ve SAR değerinin suyun Na zararının bir indeksi olarak kullanılmasında çok önemli olduğu ortaya konulmuştur. Sulama suyunun SAR değerinin artması halinde buna bağlı olarak toprağın saturasyon ekstraktının SAR değeri de artmaktadır. Bunun sonucu olarak toprağın ESP (değişebilir sodyum yüzdesi) değeri artmakta ve toprak sodikleşme eğilimi göstermektedir (Sağlam ve Adiloğlu 1997).

ABD Tuzluluk Laboratuvarı sınıflama sistemine göre, sulama suları SAR değerlerine göre sodyumluluk yönünden 4 sınıfa ayrılmıştır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Sulama suyu SAR sınıfları (Kanber ve ark. 2003)

<b>SAR</b>	<b>Sınıfı</b>
0 - 10	Az Sodyumlu Su
10 - 18	Orta Sodyumlu Su
18 - 26	Yüksek Sodyumlu Su
> 26	Çok Yüksek Sodyumlu Su

**Az Sodyumlu Sular:** Bu sular sodyum yönünden her bitki ve toprak koşulunda bir zararlanma oluşturmadan kullanılabilir.

**Orta Sodyumlu Sular:** Kaba bünyeli ve yüksek geçirgenlikteki organik topraklarda sorun yaratmadan kullanılabilir.

**Yüksek Sodyumlu Sular:** Geçirgenliği yüksek kumlu topraklarda kullanılabilir. Toprak tuzluluğunun da düşük olması gerekir. Genelde uygun drenaj, fazla yıkama ve organik madde ilavesi gibi özel toprak işleme programı uygulanmadıkça bu suların kullanılması sakıncalıdır. İçerisinde jips içermeyen topraklarda kimyasal ışlah maddesi kullanılmalıdır.

**Çok Yüksek Sodyumlu Sular:** Bu sular sulamaya uygun değildir. Yalnızca toplam tuz içeriği düşük, eriyebilir Ca miktarı yüksek topraklarda yıkama ile birlikte kimyasal ışlah maddelerinin de uygulanması koşulu ile uygulanabilir (Kanber ve ark. 2003).

Alınan su örnekleri incelendiğinde SAR değerleri 1,65 – 41,04 arasında değiştiği görülmektedir.

Su örnekleri SAR değerlerine göre sınıflandırıldığında Ekim ayında alınan; 2, 3, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25 nolu örneklerin 1. Sınıf su (çok iyi), 4, 12, 17, 19 nolu örneklerin 2. Sınıf su (iyi), 1 ve 7 nolu örneklerin 3. Sınıf su (kullanılabilir) ve 5 nolu örneğin ise 4. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı) sulama suyu grubuna girdiği görülmüştür.

Mayıs ayında alınan örnekler incelendiğinde ise; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 23 ve 24 nolu örneklerin 1. Sınıf su (çok iyi), 13, 20 ve 25 nolu örneklerin 2. Sınıf su (iyi), 9 nolu örneğin 3. Sınıf su (kullanılabilir) ve 18 nolu örneğin ise 4. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı) sulama suyu grubuna girdiği görülmüştür.

Sulama sularının sınıflandırılmasında ABD Tuzluluk Sistemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemde suların EC ve SAR değerleri dikkate alınmıştır. Sular EC değerlerine göre dört grup altında toplanmıştır. Bunlar 0 – 250  $\mu\text{mhos/cm}$  ( $C_1$ ), 250 – 750  $\mu\text{mhos/cm}$  ( $C_2$ ), 750 – 2250  $\mu\text{mhos/cm}$  ( $C_3$ ) ve 2250  $\mu\text{mhos/cm}$ ' den fazla ( $C_4$ ) olan sulardır. SAR değerlerine göre ise sulama suları; 1. Sınıf ( $S_1$ ) az sodyumlu sular, 2. Sınıf ( $S_2$ ) orta sodyumlu sular, 3. Sınıf ( $S_3$ ) yüksek sodyumlu sular, 4. Sınıf ( $S_4$ ) çok yüksek sodyumlu sular olmak üzere yine dört gruba ayrılmaktadır (Sağlam ve Adiloğlu 1997).

Alınan su örnekleri ABD Tuzluluk Laboratuvarı Sistemi'ne göre sınıflandırıldığında; 3, 8, 13, 20 ve 21 nolu örneklerin  $C_2 - S_1$ , 7 nolu örneğin  $C_2 - S_2$ , 5 ve 18 nolu örneğin  $C_2 - S_3$ , 1, 4, 9 ve 19 nolu örneklerin  $C_3 - S_2$  ve 2, 6, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 22, 23, 24 ve 25 nolu örneklerin ise  $C_3 - S_1$  sınıfına girdiği tespit edilmiştir.

Bu sınıflandırmayı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği' ndeki değerlerle karşılaştırdığımızda;  $C_2 - S_1$  ve  $C_2 - S_2$  sınıfına giren örneklerin II. Sınıf Su (iyi) ve  $C_2 - S_3$ ,  $C_3 - S_2$  ve  $C_3 - S_1$  sınıfına giren örneklerin ise III. Sınıf Su (Kullanılabilir) kalitesinde olduğu görülmektedir.

Benzer bir çalışma Erzurum Ovasının su kalitesi ve kirlilik durumunu ortaya koymak için yaptığı çalışmada; çalışma alanındaki yer altı ve yüzey sularının ABD Tuzluluk diyagramına göre suları  $C_1-S_1$ ,  $C_2-S_1$  ve  $C_3-S_1$  niteliğinde olduğunu belirlemiştir (Kali 2008).

#### 4.2.1.4. Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC) değerleri

Sulama suyu kalite sınıflandırılmasında bazı araştırmacılar tarafından önerilen bir parametredir. Ortamda bulunan karbonat bikarbonat konsantrasyonu ile  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  konsantrasyonu arasındaki farka bakılarak olası sodyum karbonat oluşması olayı incelenir. RSC değeri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır;

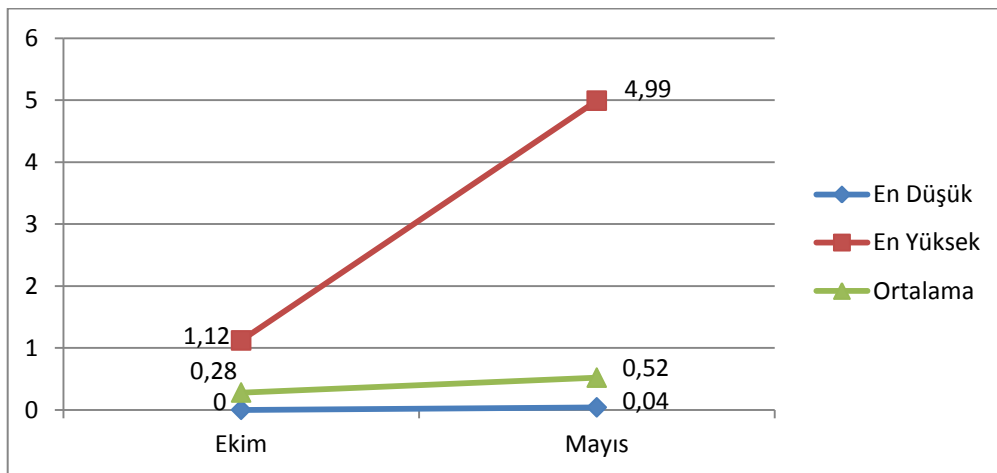
$$RSC = (CO_3^- + HCO_3^-) - (Ca^{++} + Mg^{++})$$

Genel olarak  $RSC > 2.5$  olan suların sulamada kullanılmaları sakıncalıdır (Çizelge 4.8) (Yurtseven ve Sönmez 1992).

Çizelge 4.8. Sulama suyu RSC değerleri (Yurtseven ve Sönmez 1992)

Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC)	I. Sınıf Su (Çok iyi)	II. Sınıf Su (İyi)	III. Sınıf Su (Kullanılabilir)
meq/l	< 1,25	1,25 – 2,5	> 2,5
mg/l	< 66	66 - 133	> 133

Alınan su örnekleri incelendiğinde RSC değerleri 0 – 4,99 arasında değiştiği görülmektedir. Su örnekleri RSC değerlerine göre sınıflandırıldığında sadece Mayıs ayında alınan 18 nolu örneğin 3. Sınıf su (kullanılabilir) sulama suyu grubuna girdiğini, Mayıs ayında alınan diğer örneklerin ve Ekim ayında alınan tüm örneklerin 1. Sınıf su (çok iyi) sulama suyu grubuna girdiği görülmüştür (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Su örneklerinin Ekim ve Mayıs aylarındaki ortalama RSC değerleri

#### 4.2.1.5. Çökme İndeksi (Çİ) değerleri

Çökme indeksi (Çİ), suyun gerçek pH değerinden, bu suyun  $\text{CaCO}_3$  ile dengede olması halinde elde edilecek pH değerinin çıkarılması ile elde edilmektedir. Bu indeksin pozitif olması,  $\text{CaCO}_3$ 'ın çökeldiğini ve çözeltinin SAO değerinin artacağını gösterir. Eğer Çİ negatif ise, bu durumda  $\text{CaCO}_3$  çözünmekte ve sodyum adsorpsiyon oranı azalmaktadır. Sulama suları, Çİ değerine göre çok uzun dönem için değerlendirilmektedir. Çökme indeksi negatif olan sular, sulamada uzun yıllar boyunca rahatlıkla kullanılabilir niteliktedir. Uygulamada çökme indeksi negatif olan sulama sularına bol miktarda rastlamak mümkün değildir. Bu nedenle konu çok yönlü olarak ele alınmalıdır. Gerekli önlemler alınmak suretiyle, çökme indeksi pozitif olan suların da sulamada kullanılmasının zorunlu olduğunu unutmamak gerekir (Sağlam ve Adiloğlu 1997).

Alınan örnekler Çökme İndeksi bakımından incelendiğinde; Ekim ayında 1, 2, 7, 18, 19 ve 24 nolu örneklerin negatif, diğer örneklerin ise pozitif olduğu görölmektedir. Mayıs ayında ise 1, 2 ve 22 nolu örneklerin negatif, diğer örneklerin ise pozitif olduğu görölmektedir.

Bu sonuçlara göre çökme indeksi negatif olan örneklerin uzun yıllar boyunca sulamaya elverişli olarak kullanılabilereği diğer örneklerin ise uzun vadede sulamada kullanılmasının sakıncalı olacağı ve toprakta alkalilik sorunu yaratacağı düşünülebilir.



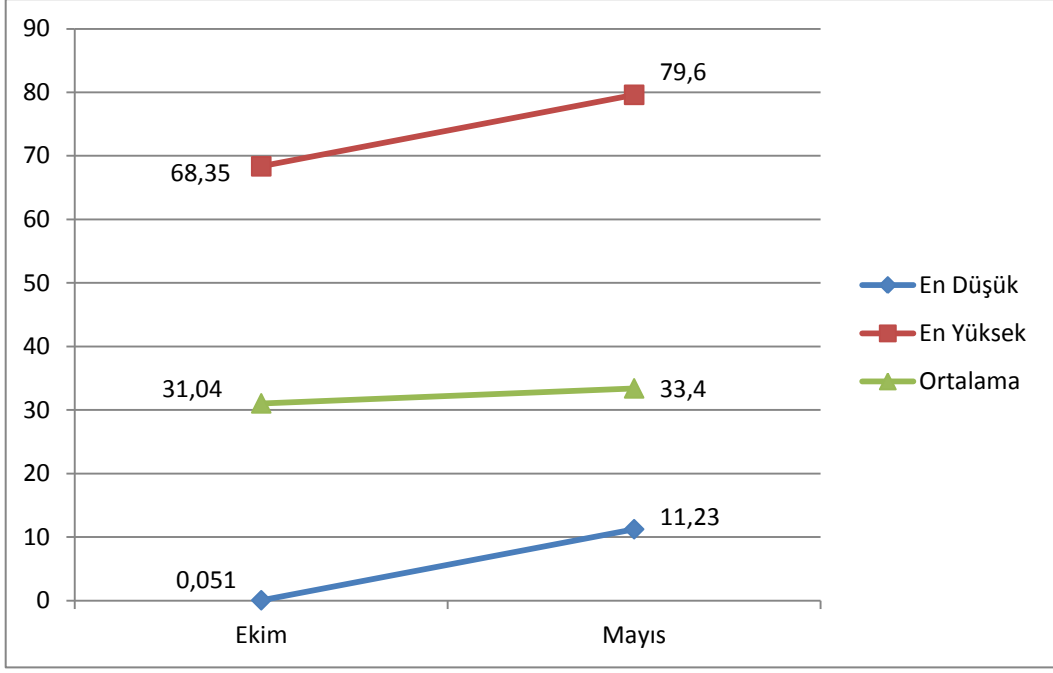
#### 4.2.1.6. Sodyum Yüzdesi (% Na) değerleri

Sulama suyu kalitesi ile ilişkili olarak karşılaşılan sorunlardan bir tanesi de aşırı  $\text{Na}^+$  içeren suların toprak fiziksel özellikleri üzerine etkisi olmaktadır. Bu nedenle suların  $\text{Na}^+$  içerikleri bir sınıflandırma kriteri olarak göz önüne alınır. % Na değerinin toprağa ve bitkiye zararlı olmaması için 50 – 60 değerinden daha büyük olmaması gerekmektedir. Ancak, toprağın yüksek katyon değiştirme kapasitesine sahip olduğu yerlerde sulama suyunun fazla konsantre olmadığı hallerde % Na değerinin 50' nin üzerindeki değerleri de emniyetli sınırlar içerisinde olabilir (Ayyıldız 1983).

Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Karakterlerine göre; sodyum yüzdesi (% Na) değeri; 20' den küçük ise I. Sınıf su (çok iyi), 20 – 40 arasında ise II. Sınıf su (iyi), 40 – 60 arasında ise III. Sınıf su (kullanılabilir), 60 – 80 arasında ise IV. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı) ve 80' den büyük ise V. Sınıf su (zararlı- uygun değil) sulama suyu sınıfına girmektedir.

Alınan su örnekleri incelendiğinde Sodyum Yüzdesi değerlerinin 0,051 – 79,60 arasında değiştiği görülmektedir. Ekim ayında alınan örnekler incelendiğinde; 7, 8, 11, 23 ve 24 nolu örneklerin I. Sınıf su (çok iyi) kalitesinde, 1, 2, 3, 6, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 20, 21, 22 nolu örneklerin II. Sınıf su (iyi) kalitesinde, 4, 15 ve 19 nolu örneklerin III. Sınıf su (kullanılabilir) kalitesinde, 5 ve 25 nolu örneklerin ise IV. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı) kalitesinde olduğu tespit edilmiştir.

Mayıs ayında alınan örnekler incelendiğinde; 6, 7, 12, 21 ve 23 nolu örneklerin I. Sınıf su (çok iyi) kalitesinde, 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 14, 15, 17, 19, 22 ve 24 nolu örneklerin II. Sınıf su (iyi) kalitesinde, 9, 11, 13, 16, 20 ve 25 nolu örneklerin III. Sınıf su (kullanılabilir) kalitesinde, 18 nolu örneklerin ise IV. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı) kalitesinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Su örneklerinin Ekim ve Mayıs aylarındaki ortalama % Na değerleri

#### 4.2.1.7. Potasyum Konsantrasyonları

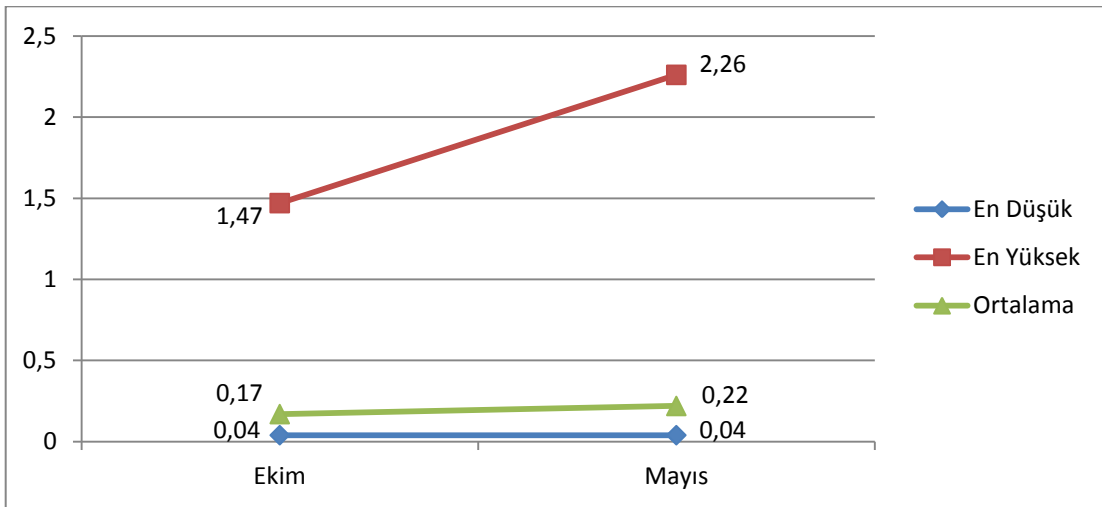
Potasyum, bitkiler için çok gerekli bir besin maddesi olup, sulama sularında bulunması arzu edilir. K özellikleri yönünden Na' a benzese de, ABD Reverse Tuzluluk Laboratuvarı' nda yapılan araştırmalar, gerek toprak gerekse sulama sularında herhangi bir zarar meydana getirmediğini göstermiştir (Tuncay 1994).

Sulama sularındaki konsantrasyonunun fazla olması suya kirletici unsurların veya gübrelere bulaştığının bir göstergesidir (Ayyıldız 1983).

Potasyum, çok nadir hallerde yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Yüksek K<sup>+</sup> konsantrasyonları toksik etki yapacaktır. Bu toksik etki Mg<sup>+2</sup> da olduğu gibi Ca<sup>+2</sup> konsantrasyonunun artması ile dengelenebilir. Ayrıca yüksek K<sup>+</sup> konsantrasyonları Mg<sup>+2</sup> eksikliğine ve demir klorozuna neden olabilir (Yurtseven ve Sönmez 1992).

Alınan su örneklerinde K konsantrasyonları 0,04 – 2,26 meq/l arasında değiştiği görölmektedir (şekil 4.5).

Benzer bir alışma Aydın İli Bazı Yer altı ve Yerüstü Su Kaynaklarının Kirlilik Durumlarının Belirlenmesi amacıyla yapılmış olup örneklerin K konsantrasyonları; yeraltı sularında; 1,480 – 47,707 meq/l, yüzey sularında ise 2,037 – 7,155 meq/l olarak tespit edilmiştir (Kanber 2007).



şekil 4.5. Su örneklerinin Ekim ve Mayıs aylarındaki ortalama K değerleri

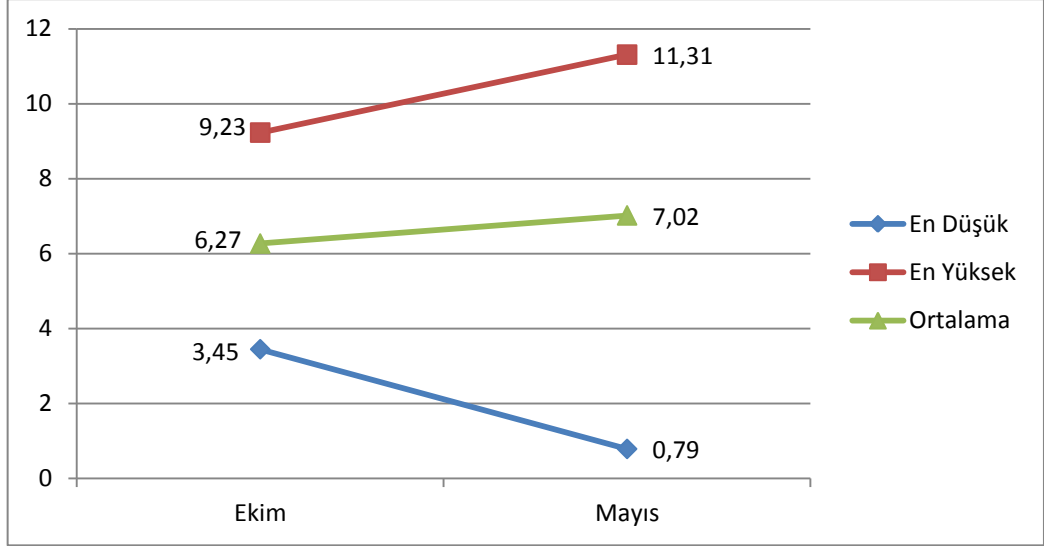
#### 4.2.1.8. Ca + Mg konsantrasyonları

Sertlik, su içinde çözülmüş (+2) değerlikli iyonların ( $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Sr^{+2}$ ,  $Fe^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$  vb.), varlığının sonucudur.  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  iyonları doğal sularda diğer iyonlardan daha fazla bulduklarından, çoğunlukla sertlik,  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  iyonlarının konsantrasyonlarının toplamı olarak ifade edilir. Diğer iyonlar genellikle kompleks formda oldukları için sertliğe fazla bir katkıları olmaz. Bir suyun sertliği, sabunu çökeltme kapasitesinin ölçüsüdür. Sabun suda yaygın olarak kalsiyum ve magnezyum iyonları ile çökeltilir (Uslu ve Türkman 1987).

Sulama sularında kalsiyum bitkilerin normal gelişmeleri için gerekli olduğu kadar toprak işleme açısından (toprağın kolay işlenmesini sağlar) bulunması arzu edilir. Sulama sularında Kalsiyum ve Magnezyum katyonları toprağı daha geçirgen ve daha işlenebilir şekilde tutarlar. İçinde fazla miktarda kalsiyum ve magnezyum tuzu bulunan sular sert sulardır. Sulama sularında “Sert su toprağı yumuşak, yumuşak su toprağı sert yapar” deyimini yaygındır. Suları tanımlamada kullanılan birimler değişiktir. Ülkemizde Fransız sertlik derecesi kullanılır. Bu ölçüme göre; bir sertlik derecesi, litrede 10 mg kalsiyum karbonata eşittir. Çok yumuşak sular 0 – 7.2, yumuşak sular 7.3 – 14.2, orta sert sular 14.3 – 21.5, oldukça sert sular 21.6 – 32.5, sert sular 32.6 – 54.0 ve çok sert sular 54 ve daha fazla sertlik derecesindedir (Anonim 2012a).

Alınan su örneklerinde Ca+Mg konsantrasyonları 0,79 – 11,31 meq/l arasında değiştiğı görülmektedir (Şekil 4.6).

Ayrancı (2006), Muğla Ortaca Yöresi Sera Sulama Sularının Kalitelerinin Belirlenmesi adlı çalışmasında sera sulama sularında kalsiyum 0,22 – 4,05 meq/l, magnezyum 5,04 – 11,51 meq/l olarak tespit edilmiş olup sera sulama suyu örneklerinin kalsiyum ve magnezyum yönünden herhangi bir sorun teşkil etmediğı görülmüştür.



Şekil 4.6. Su örneklerinin Ekim ve Mayıs aylarındaki ortalama Ca+Mg değerleri

#### 4.2.1.9. NH<sub>4</sub>-N ve NO<sub>3</sub>-N Konsantrasyonları

Suda bulunan ve azotun doğal bir formu olan nitrat insan ve hayvan sağlığı açısından zararlı iken; bitkilerin büyümesi ve toprağın verimliliğinin artması için gereklidir. Sulama sularında bulunan nitrat, gübre değeri nedeniyle istenir. Bitkilere toksik etkisi yoktur. Yüksek konsantrasyondaki nitratın bitkilere etkileri osmotiktir. Fakat içme sularında bulunan nitrat kirliliğin bir göstergesidir (Sağlam ve Adiloğlu 1997). Sulama sularında amonyum tuzlarının bulunması topraklarda dispersiyonu artırıcı, geçirgenliği düşürücü etki yapar. Fakat bu etki sürekli değildir (Kanber ve ark. 1992).

Temiz sularda nitrat çok az miktarda bulunur. Çevresel Őartların etkisi altında, özellikle sel zamanı ve organik kirlenme nitratı önemli ölçüde arttırabilmektedir (Tanyolaç 2006). Tarım topraklarında azotlu mineral ve tabii gübrelerin aşırı dozlarda kullanılması bitkide nitrat birikimini destekleyen en önemli faktördür. Bitkinin değerlendiremediği nitrat, toprağın yağmur sularıyla yıkanması sonucu yeraltı ve yer üstü sularına karışmakta ve nitrat miktarını arttırmaktadır. Özellikle insanlar tarafından doğrudan tüketilen sebzelerde ve hayvan beslemede kullanılan yeşil yem bitkilerinde nitrat birikimi ve bunun miktarı önem arz etmektedir (Alçiçek ve Başlar 1995).

Kıtaıi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Karakterlerine göre; Amonyum azotu (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> mg/l) değerine göre su kalite sınıfları; I. sınıf su 0.2, II. Sınıf su 1, III. Sınıf su 2 ve IV. Sınıf su 2' den büyük olarak belirlenmiştir.

Alınan su örneklerinde amonyum azotu (NH<sub>4</sub>-N) konsantrasyonları incelendiğinde; 0.1 – 0.7 mg/l arasında değiştii görülmektedir. Bu bakımdan Ekim ayında ve Mayıs ayında alınan örneklerin tamamının I. Sınıf su kalitesinde olduğu görülmektedir.

Kıtaıi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Karakterlerine göre; Nitrat azotu (NO<sub>3</sub>-N mg/l) değerine göre su kalite sınıfları; I. sınıf su 5, II. Sınıf su 10, III. Sınıf su 20 ve IV. Sınıf su 20' den büyük olarak belirlenmiştir.

Alınan su örnekleri incelendiğinde; 0.1 – 2.2 mg/l arasında değiştii görülmektedir. Bu bakımdan Ekim ayında ve Mayıs ayında alınan örneklerin tamamının I. Sınıf su kalitesinde olduğu görülmektedir.

Benzer bir alışma İ Ege Bölgesi' nde sulama sularının bitki besleme açısından nitelikleri ve kimyasal içeriklerinin tespiti amacıyla yapılmıştır. Araştırmada yer altı sulama sularında NO<sub>3</sub><sup>-</sup> içeriklerinin genel olarak tehlikeli düzeyde olmadığı, toplam 48 adet su örneği içerisinde sadece bir tanesinin yüksek miktarda NO<sub>3</sub><sup>-</sup> içerdiği saptanmıştır (Kovancı 1979).

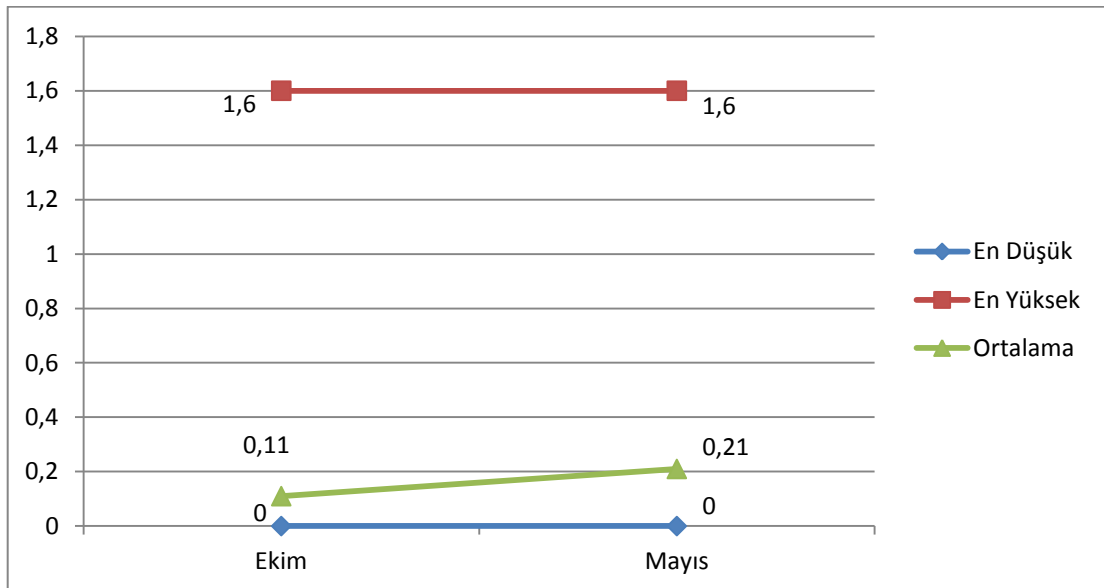
#### 4.2.1.10. Karbonat (CO<sub>3</sub>) Konsantrasyonları

Sudaki karbonatın önemli bir kısmı hava ve topraktaki karbondioksitin suda çözünmesi ile oluşur. Teorik olarak, orta derece tuzlu bir suda bulunan bikarbonatın yarısı karbonatlı kayaların çözünmesinden, yarısı da toprak, hava ve diğer CO<sub>2</sub> kaynaklarından gelmektedir (Kali 2008).

Suda bulunan CO<sub>3</sub><sup>-2</sup> ve HCO<sub>3</sub><sup>-1</sup> iyonlarının oransal değerleri, pH değerinin bir fonksiyonudur ve normal pH derecelerinde sularda CO<sub>3</sub><sup>-2</sup> miktarı HCO<sub>3</sub><sup>-1</sup> miktarına göre çok düşük olup genellikle sıfır olarak belirlenir. pH değeri 8,2' nin üzerine çıktığı zaman CO<sub>3</sub><sup>-2</sup> konsantrasyonu artmaya başlar. 9,5 pH' da ise yüksek değerlerde bulunur (Tuncay 1994).

Alınan örnekler incelendiğinde Ekim ve Mayıs aylarında da benzer sonuçlar görülmekte olup 0 – 1,60 meq/l arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 4.7).

Yıldıztekin (2007), Muğla Karabağlar Yöresi Kuyu Sularının Sulama Suyu Kalitesi Yönünden Araştırılması adlı çalışmasındaki tüm kuyu suyu örneklerinde karbonat iyonuna rastlamış olup, bu sonucun söz konusu suların pH' larının 8.5' den düşük olmasından kaynaklandığını belirtmiştir. Zira, karbonatın sulu ortamlarda ancak pH'nın 8.5'den yüksek olduğu durumlarda önemli miktarda bulunabileceği Lindsay (1979) tarafından bildirilmiştir.



Şekil 4.7. Su örneklerinin Ekim ve Mayıs aylarındaki ortalama CO<sub>3</sub> değerleri

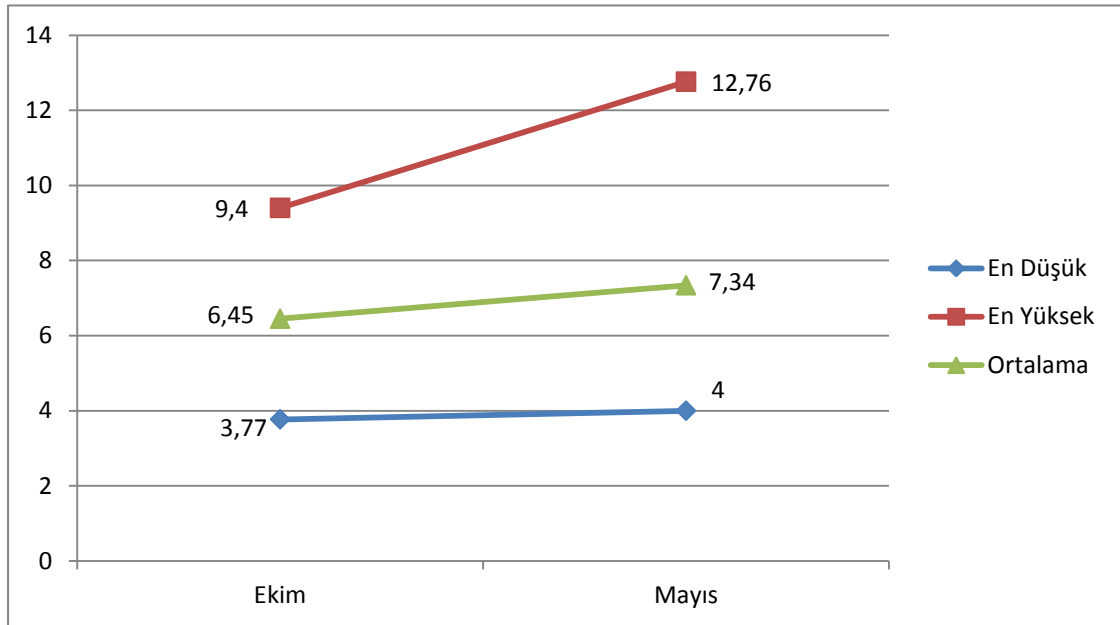


#### 4.2.1.11. Bikarbonat ( $\text{HCO}_3$ ) Konsantrasyonları

Bikarbonat iyonunun zararlı etkisi bitki cinslerine göre farklılık gösterir ve bazı durumlarda, düşük konsantrasyonlarında dahi zararlı olabilir. Yapılan araştırmalar bikarbonatın, bitkinin besin maddeleri alımını ve metabolizmasını etkilediğini ve bu etkilemenin derecesinin de bitki çeşidine göre farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Örneğın fasulye çok duyarlı olmasına karşın, pancar nispeten daha az duyarlılık göstermiştir. Kum kültüründe yapılan çalışmalarda fasulye bitkisi ortamda bikarbonatın bulunduğu koşullarda kontrol konusuna göre daha az  $\text{Ca}^{+2}$ , daha çok  $\text{K}^+$  içermiştir. Bunun yanında bikarbonatın asıl etkisi  $\text{Mg}^{+2}$  içeriğinin azalması,  $\text{Na}^+$  içeriğinin ise artması şeklinde olmuştur (Yurtseven ve Sönmez 1992).

Alınan örnekler incelendiğinde; Ekim ayında örneklerin 3,77 – 9,4 meq/l arasında değiştiği görülmektedir. Mayıs ayında alınan örneklerin ise, 4 – 12,76 meq/l arasında değiştiği görülmektedir (şekil 4.8).

Benzer bir çalışma olan Muğla Karabağlar Yöresi Kuyu Sularının Sulama Suyu Kalitesi Yönünden Araştırılması adlı çalışmada, bikarbonat anyonu miktarı 3 – 9,9 meq/l arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Yıldıztekin 2007).



şekil 4.8. Su örneklerinin Ekim ve Mayıs aylarındaki ortalama  $\text{HCO}_3$  değerleri

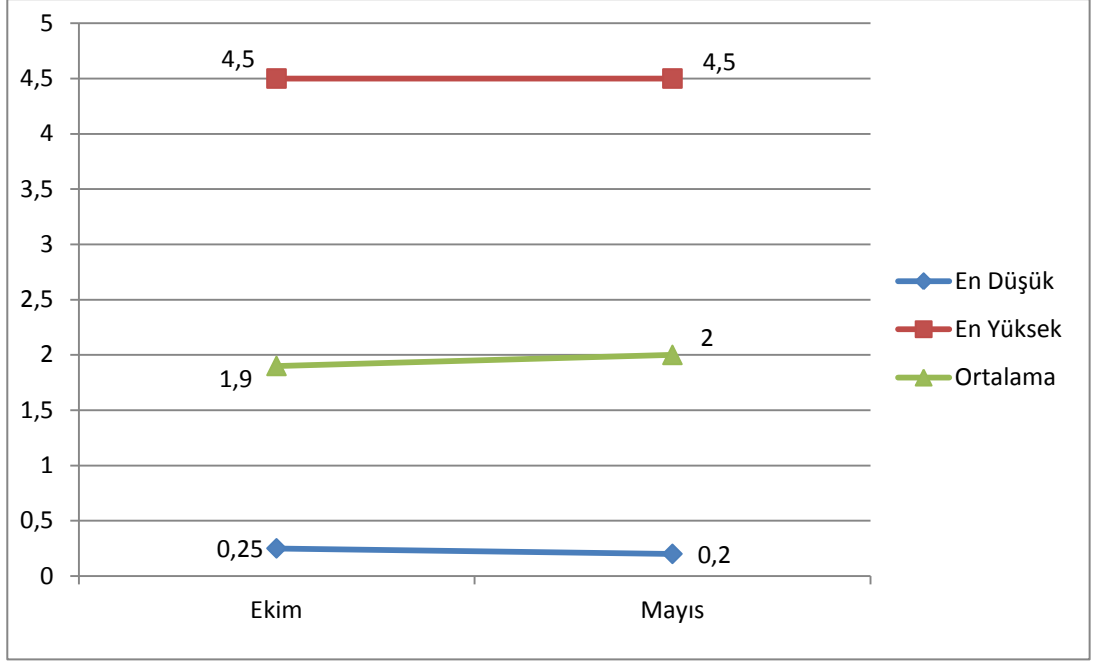
#### 4.2.1.12. Klor Konsantrasyonları

Klor iyonu, belirli konsantrasyonların üzerine çıktığında, bitki organlarına zarar verdiği için olumsuz etkiler yapmaktadır. Pek çok araştırmacı tarafından yapılan çalışmalar sonucunda şeftali ve diğer sert çekirdekli meyvelerde  $Cl^-$  un toksik etki yaptığı, narenciye, avokado, asma, soya, yonca, arpa, karnabahar, pamuk, patates, susam, şeker pancarı, ayçiçeği, domates gibi pek çok sayıda bitkide yaprak adsorpsiyonu ve yaprak yanmalarına neden olduğu ortaya konmuştur (Güngör ve Yurtseven 1991).

Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Sulama Suyu Kalite Parametreleri dikkate alındığında, sulama sularında  $Cl^-$  değerleri; 0 – 4 meq/l I. Sınıf su (çok iyi), 4 – 7 meq/l II. Sınıf su (iyi), 7 – 12 meq/l III. Sınıf su (kullanılabilir), 12 – 20 meq/l IV. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı), 20' den büyük ise V. Sınıf su (zararlı) olarak belirtilmiştir.

Ekim ayında alınan örnekler incelendiğinde 0,25 – 4,5 meq/l arasında olduğu görülmektedir. Sulama suyu kalite parametrelerine göre 12 nolu (Uzunköprü – Kırcaşalılı) ve 25 nolu (Havsa – Habiller) örneklerinin II. Sınıf su (iyi) kalitesinde olduğu diğer tüm örneklerin ise I. Sınıf su (çok iyi) kalitesinde olduğu görülmektedir. Mayıs ayında alınan örneklerin ise 0,2 – 4,5 meq/l arasında olduğu görülmektedir. Sulama suyu kalite parametrelerine göre sadece 9 nolu (Havsa – Kuzucu) örnek II. Sınıf su (iyi) kalitesinde olduğu diğer tüm örneklerin ise I. Sınıf su (çok iyi) kalitesinde olduğu görülmektedir (Şekil 4.9).

Arslan ve ark. (2007), Bafra Ovası Yeraltı Suyu Kalitesinin Sulama Açısından Değerlendirilmesi adlı çalışmalarında; sulama amaçlı kullanılan 10 adet sondaj kuyusundan örnekler alınmış ve bunlardan 1 tane kuyunun sorun içermediği, 2 tanesinin orta duyarlı bitkilerin sulanmasında ve 7 tanesinin ise dayanıklı bitkilerin sulanmasında kullanılabileceği belirlenmiştir.



Şekil 4.9. Su örneklerinin Ekim ve Mayıs aylarındaki ortalama Cl değerleri

#### 4.2.1.13. Sülfat Konsantrasyonları

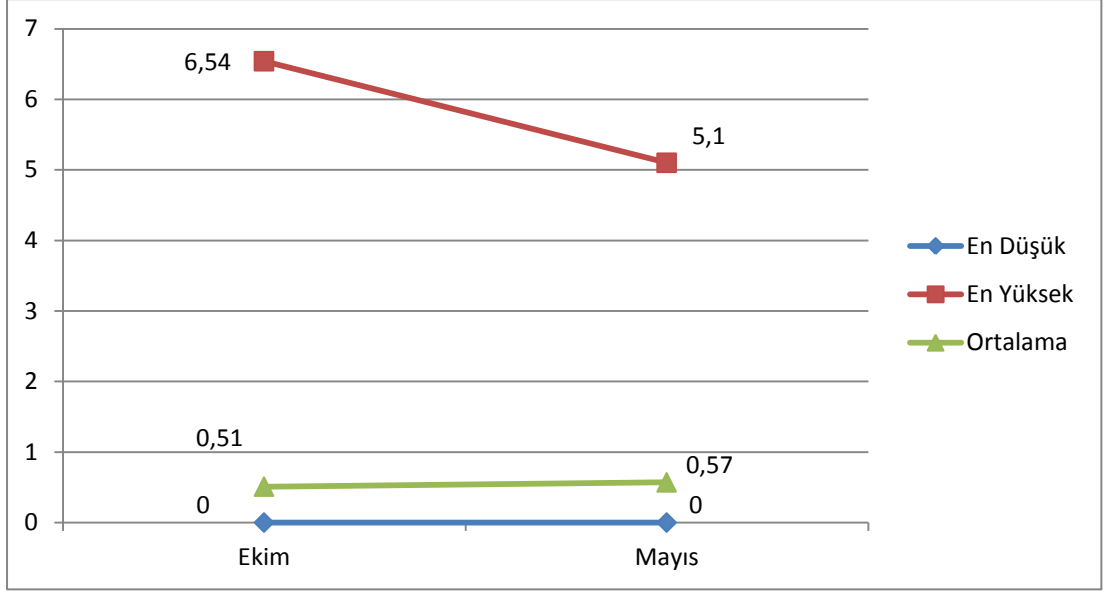
Kükürt içeren kaya ve minerallerin parçalanma, ayrışma ve oksidasyonu sonucu sülfatlar oluşur. Sülfat, sulama sularında daha az toksiktir. Yüksek konsantrasyonlarda sülfat iyonları kalsiyumun çökmesine neden olurlar ve bitkilere toksik olabilirler (Ayyıldız, 1990). Sulama sularında  $SO_4$ ' ın bulunma aralığı 0 ile 20 me arasında değiştiği ön görülmektedir (Ayers ve Westcot 1989).

Sülfat zararı pek çok bitkide gözlenmiştir. Bu zararlanmanın asıl nedeni ise yüksek  $SO_4^{-2}$  konsantrasyonu koşulunda bitkilerin  $Ca^{+2}$  iyonunu alamamalarından kaynaklanmaktadır.  $Ca^{+2}$  iyonundaki bu azalma ile  $Na^+$  ve  $K^+$  iyonlarının adsorpsiyonu artar ve böylece yüksek konsantrasyondaki sülfatın zararlı etkisi, bu katyon dengesindeki bozulma ile ilgili hale gelebilir (Güngör ve Yurtseven 1991).

Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Sulama Suyu Kalite Parametreleri dikkate alındığında, sulama sularında  $SO_4$  değerleri; 0–4 meq/l I. Sınıf su (çok iyi), 4–7 meq/l II. Sınıf su (iyi), 7–12 meq/l III. Sınıf su (kullanılabilir), 12–20 meq/l IV. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı), 20' den büyük ise V. Sınıf su (zararlı) olarak belirtilmiştir.

Ekim ayında alınan örnekler incelendiğinde 0–6,54 meq/l arasında olduğu görülmektedir. Sulama suyu kalite parametrelerine göre 25 nolu örnek 6,54 meq/l değerinde olup II. Sınıf su (iyi) kalitesinde olduğu diğer tüm örneklerin ise I. Sınıf su (çok iyi) kalitesinde olduğu görülmektedir. Mayıs ayında alınan örneklerin ise 0–5,1 meq/l arasında olduğu görülmektedir. Sulama suyu kalite parametrelerine göre 9 nolu örnek 5,1 meq/l değerinde olup II. Sınıf su (iyi) kalitesinde olduğu diğer tüm örneklerin ise I. Sınıf su (çok iyi) kalitesinde olduğu görülmektedir (Şekil 4.10).

Kadirağagil (2011), Asidik Maden Sularının Yeraltı Suyu Kalitesine Etkisi: Ergani–Maden Bakır İşletmesi Örneği adlı çalışmasında; üç farklı lokasyondan örnekler almış olup, 1. örnekleme noktasından sonbahar döneminde alınan su örneğinin sülfat değerinin, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre, alt sınır ve üst sınır aralığında, diğer dönemlerde ve diğer örnekleme noktalarından tüm dönemlerde alınan su örneklerinin sülfat değerlerinin alt sınırın altında olduğunu tespit etmiştir.



Şekil 4.10. Su örneklerinin Ekim ve Mayıs aylarındaki ortalama Sülfat değerleri

#### **4.2.2. Sulama Sularında İzin Verilebilen Maksimum Ağır Metal ve Toksik Elementlerin Değerlendirilmesi**

Metallerin kataliz, hormonların çalışması, gen ve diğer düzenleyici fonksiyonlar, makro moleküllerin yapısal kararlılığı, kasların kasılması, sinir iletimi, taşınım gibi biyolojik olaylarda rol oynadığı bilinmektedir. İnsan ve hayvanlar için yaşamsal önemi olan ve bu nedenle gerekli olarak sınıflandırılan metal iyonlarının, belirli bir derişimden sonra toksik özellik gösterdikleri bilinmektedir. Çok düşük derişimlerde olsa bile toksik etki yarattıkları için sağlık ve çevre açısından çok önemli olan ağır metaller As, Pb, Hg, Fe, Cd, Cr,Co, Ni, Be, Cu ve Mn` dir. Suda bulunabilecek her türlü madde belirli bir derişimin üzerinde sağlık için zararlıdır. Özellikle toksik maddeler suda çok düşük derişimlerde bulunmaları halinde bile insan sağlığına zarar verecek hastalıklara hatta ölümlere bile neden olabilirler. Sularda bulunan toksik maddeler arasında diğer bir önemli grup ise sulara tarımsal ve endüstriyel faaliyetler sonucu bulaşan organik maddelerdir (Anonim 2012b).

Bitkiler; atmosferden, gübrelerden, atıksu ve çamurlardan veya tarımda kullanılan inorganik pestisitlerden toprağa bulaşmış olan ağır metalleri derişimlerine bağlı olarak biriktirme eğilimindedir. Bu nedenle, topraktaki ağır metallerin tolere edilir miktarlarının saptanmasına gerek vardır. Bitkiler, özellikle kadmiyum gibi bazı elementlere çok geniş sınırlar içinde tolerans göstermektedirler. Bundan dolayı tarım ürünlerinde, insan ve hayvan beslenmesinde olumsuzluk oluşturacak düzeyde metal birikimi söz konusudur. Bu düzeye ulaşılsa bile, bu tür demetler artan dozlarda solunum veya başka kaynaklardan da bünyeye alındığında gıdalardaki düşük dozlar bile risk faktörü olarak ele alınmalıdır. Ağır metallerin su ve organizmalardaki dağılımının incelenmesi, çevresel kirliliği gösteren kriterlerden biridir. Kentsel ve endüstriyel atıkların sulara karışması, bu toksik maddelerin ekosisteme girmesine neden olmaktadır (Vural 1993).

İz elementler hemen hemen tüm su kaynaklarında çok düşük konsantrasyonlarda olmak üzere yer alırlar. Çoğunlukla birkaç mg/l yada 100 mg/l den de düşük düzeyde bulunmaktadır. Rutin analizler içerisinde genelde yer almazlar. Genelde yüzey suları, yer altı sularından daha az iz element içerirler ancak, bu bir kesin kural olmamaktadır. Genel yaklaşım olarak yüzey sularının analizinde iz elementler, özel bir şüphelyi çağrıştıracak bir toksisite problem görülüyorsa, yer almayacaktır. Hemen her zaman iz elementlerin yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu alanlarda bu durum insan aktivitesi, özellikle atıksu deşarjı

gibi, sonucudur. Atıksu kullanımı içeren herhangi bir projede iz elementlerin mutlaka kontrol edilmesi gerekmektedir. Bütün iz elementleri toksik değildir ve bazıları hatta (Fe, Mn, Mo, Zn) bitki gelişimi için gereklidir de. Bununla beraber aşırı alımı halinde bu elementler bitki unsurlarında birikirler ve gelişmeyi etkilerler. Özellikle sulama sularında iz elementlerin toksik değerleri konusunda çok az çalışma vardır. Bununla beraber özellikle atık sularda kullanım limitleri konusunda değerli araştırmalar yapılmaktadır. Pek çok iz elementin toprakta kolaylıkla fiske edildiği ve biriktirildiği artık bilinmektedir ve bu prosesin geri-dönüşümlü olması nedeniyle topraklar, bu elementleri bitki gereksiniminden fazla miktarlarda içeren suların tekrar tekrar kullanımları ile verimsiz hale gelecekler yada yetiştirilen ürün kullanılmaz olacaktır. Pek çok sulama suyu kaynağı bu iz elementleri bakımından çok düşük konsantrasyona sahip olduklarından, bu tür elementlerin toksisite sorunları genelde görülmemektedir. Bu tür iz elementlerinin sulama sularında bulunuş miktarları Çizelge 4.9'da (FAO No29) verilmektedir.

Çizelge 4.9 Sulama suları için bazı iz elementlerinin önerilen en fazla konsantrasyon değerleri (FAO 1995)

İz Elementi		Konsantrasyon mg/l	İz Elementi ile İlgili Bilgi
Al	Alüminyum	5.0	Asit topraklarda (pH<5.5) verimliliği azaltabilir ancak, pek çok alkali topraklarda (pH>7.0) iyon çökelmeye uğrar ve toksisite oluşturmaz.
As	Arsenik	0.10	Toksisite düzeyi bitkiden bitkiye farklılık gösterir; 12 mg/l (sudan grass), 0.05 mg/l (çeltik) gibi.
Be	Berilyum	0.10	Toksisite düzeyi bitkiden bitkiye farklılık gösterir; 5 mg/l (kale), 0.5 mg/l (bush fasulyesi) gibi.
Cd	Kadmiyum	0.01	Besin çözeltisinde fasulye, pancar ve turnip için 0.1 mg/l gibi düşük konsantrasyonları dahi zararlıdır. Bitkide ve toprakta birikme düzeylerine bağlı olarak insana zararlı olabilecek konsantrasyonları belirlenmelidir.
Co	Kobalt	0.05	Besin çözeltisinde domateste 0.1 mg/l düzeyi toksik olmuştur. Doğal ve alkali topraklarda inaktif olma eğilimindedir
Cr	Krom	0.10	Her zaman büyüme için gerekli element olduğu kabul edilmemektedir. Bitki üzerindeki etkileri üzerindeki eksik bilgilerle zararlı düzeyi belirtilmiştir.
Cu	Bakır	0.20	0.1 ila 1.0 mg/l arasında besin çözeltilerinde pek çok bitki için toksiktir.
F	Flor	1.0	Doğal ve alkali topraklarda inaktiftir.

Fe	Demir	5.0	Havalandırılan topraklarda toksik değildir ancak, toprak asitliğine katkıda bulunur ve fosfor ve molibdenin alınabilirliğini azaltabilir.
Li	Lityum	2.5	5 mg/l ye kadar pek çok bitki tarafından tolere edilir; toprakta hareketlidir. Narenciyede düşük konsantrasyonlarda toksiktir (<0.075 mg/l). Bor ile benzer davranır.
Mn	Manganez	0.20	Genellikle sadece asit topraklarda pek çok bitkide çok küçük konsantrasyonlarda dahi toksiktir.
Mo	Molibden	0.01	Suda ve topraktaki normal konsantrasyonlarında bitkilere toksik değildir. Yem bitkisi eğer yüksek alınabilir Mo içeren topraklarda yetiştirilmiş ise, hayvancılıkta toksik olabilecektir.
Ni	Nikel	0.20	0.5 ila 1.0 mg/l konsantrasyonu pek çok bitki için toksiktir; doğal ve alkali pH ya sahip topraklarda toksisitesi azalır.
Pb	Kurşun	5.0	Yüksek konsantrasyonlarda bitki hücre gelişimini azaltır.
Se	Selenyum	0.02	Bitkilerde 0.025 mg/l gibi düşük konsantrasyonlarında dahi toksiktir ve hayvancılıkta eğer yem bitkileri yüksek Se eklenmiş topraklarda yetiştirilirse toksiktir. Hayvanlar için çok düşük miktarlarında gerekli elementtir.
Sn	Kalay	-	Bitkilerce etkin olarak alınmaz. Belirli dayanım düzeyleri bilinmemektedir.
Ti	Titanyum	-	Bitkilerce etkin olarak alınmaz. Belirli dayanım düzeyleri bilinmemektedir.
W	Tungsten	-	Bitkilerce etkin olarak alınmaz. Belirli dayanım düzeyleri bilinmemektedir.
V	Vanadyum	0.10	Nisbeten düşük konsantrasyonlarda pek çok bitkide toksiktir.
Zn	Çinko	2.0	Pek çok bitkide değişen konsantrasyonlarda toksiktir; pH>6.0 olan topraklarda ve ince bünyeli yada organik topraklarda toksikliği azalmaktadır

<sup>1</sup> FAO No.29'dan alınmıştır.

<sup>2</sup> En büyük konsantrasyon değeri olarak alanda iyi bir sulama uygulaması yapıldığı göz önüne alınmıştır (10000 m<sup>3</sup>/ha/yıl).eğer uygulanan su miktarı bundan fazla olursa en yüksek konsantrasyon değerleri düzeltilecektir.

Çizelgede verilen limit değerleri, toprakların bu sularla sürekli sulandıkları koşulda, toprak kaynaklarının bulaşmadan (kontaminasyon) korunabilmelerini sağlayabilecek değerlerdir (FAO 1995).



#### 4.2.2.1. Demir Konsantrasyonları

Demirin jeokimyasal özellikleri sıkı bir şekilde oksijen, kükürt ve karbona bağlıdır. Bu üç element yanında demir ve manganez yer kabuğunda oldukça bol bulunur. Atmosferdeki oksijen, iki değerli demir minerallerini oksitleyerek  $Fe^{+3}$  bileşiklerini meydana getirir. Tortul oluşuklarda; bakteriler organik karbonun yardımı ile  $Fe^{+3}$  'i  $Fe^{+2}$  bileşiklerine ve sülfatları sülfidlere dönüştürürler. Alkali yüzey sularında demir ender olarak 1 mg/l'ten değerinden daha fazla konsantrasyonlarda bulunur. Diğer taraftan bazı yeraltı suları ve asidik yüzey sularında fazla miktarda Fe bulunabilir. Litrede 0.3 mg dan itibaren demir içeren suların lezzeti hoş değildir. Böyle sular sanayi ve günlük gereksinim bakımından kullanılmaya da uygun değildir. Demirin sularda su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre, 5 mg/l' yi geçmemesi istenir (Kadirağagil 2011).

Sulama suyunda bulunan Fe oksitlenerek yüzey sulama uygulamalarında bitki yaprakları üzerinde siyah ve kahverengi lekeler oluşturur. Ayrıca yüksek konsantrasyonlardaki Fe biyolojik aktiviteye bağlı olarak basınçlı sulama sistemlerinde tıkanmalara yol açmaktadır (Kuşlu ve ark. 2005).

Alınan örnekler incelendiğinde demir konsantrasyonları, Ekim ayında; 0,22 – 0,86 mg/l arasında değişmektedir. Mayıs ayında ise; 0,25 – 2,16 mg/l arasında değişmektedir. Sonuçlar incelendiğinde sınır değer olan 5,0 mg/l değerinin hiçbir noktada aşılmadığı görülmüştür.

Benzer bir çalışma olan Ergene Havzasında Endüstriyel İşlem Suyu Olarak Kullanılan Yer altı Sularının Özellikleri Üzerine Araştırma adlı çalışmada; Ergene Havzasında bulunan 51 sanayi kuruluşuna ait sondaj kuyularından alınan su örneklerinde demir konsantrasyonları 0,01 – 0,25 mg/l arasında olduğu tespit edilmiştir (Kaykıoğlu ve Ekmekyapar 2005).

#### 4.2.2.2. Bakır Konsantrasyonları

Bakır ve bileşikleri çevrede dolayısıyla yüzeysel sularda bulunabilirler. Sudaki bakır, suyun pH sı ve karbonat konsantrasyonu ve diğer anyonlarla ilgilidir. Musluk suyunda bulunan bakır miktarı ham su kaynağında ve arıtılmış suda bulunan bakır miktarından fazla olabilir. Çünkü bakır tuzları dağıtım sistemlerindeki çamur kontrolü ve manganezin yükseltgenmesini katalizlemesi yönünden, depolardaki bakteri büyümelerinin kontrolünde kullanılır. Pirinç, bronz borular ve bağlantılarının korozyonu sonucunda, suda ölçülebilecek miktarlarda bakır bulunabilir. Suda bulunan bakır zararlı değildir. Ancak alüminyum, çinko gibi boruların korozyonunu artırır. Suda litrede 1 mg dana fazla bakır çamaşırlarda leke yapar. Bu değer 5 mg/gr olması halinde bakır suya belirgin bir şekilde acı bir lezzet verir. İnsan metabolizmasında bakır esas elementlerden birisidir. Yetişkinlerin günde 2. 0 mg bakıra ihtiyaç duyduğu tahmin edilmektedir. İnsan kanında ise litrede 0. 8 mg Cu +2 iyonu vardır. Eritrosit oluşumunda doku demirimin serbest bırakılmasında, kemik, merkezi sinir sistemi ve bağ doku gelişmesinde önemli rol oynar. Fazla miktarda alınması halinde mukoza iltihaplanması, damar hastalıkları, karaciğer ve böbrek hastalıkları ve depresyonla seyreden merkezi sinir sistemi irritasyonları görülebilir (Güler 1997).

Bakırın sularda su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre, 0,2 mg/l' yi geçmemesi istenir. Alınan örnekler incelendiğinde bakır konsantrasyonları, Ekim ayında; 0,03 – 9,42 mg/l arasında değişmektedir. 4 nolu (Merkez – Tayakadın) sulama suyu sınır değerinin altında olup, diğer tüm örneklerin ise sınır değerleri aştığı görülmektedir. Mayıs ayında alınan örneklerin ise; 0,18 – 12,2 mg/l arasında değişmektedir. 3, 18, 22, 24 nolu örnekler sınır değerinin altında olup, diğer tüm örneklerin ise sınır değerleri aştığı görülmektedir.

Kullanılan gübre ve tarımsal kimyasalların kalıntıları toprakta birikime uğrayarak çeşitli etkilerle (sulama suyu, yağmurlar v.b) topraktan süzülerek yeraltı sularına ulaşabilmektedir. Bölgede yoğun olarak kullanılan tarım ilaçlarının büyük çoğunluğunun etken maddesinde bakır elementinin bulunması nedeni ile bu artışın tarım ilaçlarından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

### 4.2.2.3. Çinko Konsantrasyonları

Bol miktarda bulunan çinko yeryüzü kabuğunun % 0, 004 ünü oluşturur. En çok bulunan minerali sfalerit' dir. Bu bileşik Pb, Cu, Cd ve demir sülfürle beraberdir. Topraktaki çinko miktarı 1-300 mikrogram/gr arasında hesaplanmıştır. Atmosferdeki çinko miktarı kaynak noktasına bağlı olarak değişir. Çinko sülfür, oksit ve karbonatları yüksek klorürlü suda çözünür, çinko sülfat tuzları çinko hidroksit ve çinko karbonat şeklinde hidrolize olmaya meyillidir. Doğal sularda çinko az bulunur. Adsorbsiyonla çözülmüş çinkonun miktarı düşer. Musluk suyunda çinko miktarı, galvanizli pirinç borular ve diğer çinkolu yapılardan gelen çinko nedeniyle yüzey sularından daha fazladır. Musluk suyunda çinko miktarı 0, 01-1, 0 mg/lt arasında genel olarak değişiklik gösterir. Çinko gerek insan ve gerekse hayvanlar için gerekli esansiyel elementlerdendir (Güler 1997).

Çinkonun sularda su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre, 2.0 mg/l 'yi geçmemesi istenir. pH değeri 6,0 – 8,5 arasında olan killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında ise 10.0 mg/l' yi geçmemesi istenmektedir.

Alınan örnekler incelendiğinde, Ekim ayında; 1,3 – 41,2 mg/l arasında değişmektedir. 3, 4, 6, 7, 8, 9, 14 ve 22 nolu örneklerin sınır değerinin altında oldukları, diğer örneklerin ise sınır değeri aştıkları tespit edilmiştir. Mayıs ayında alınan örneklerin; 1,12 – 34,9 mg/l arasında değiştiği görülmektedir. 3, 4, 9, 16, 18 ve 22 nolu örneklerin sınır değerinin altında oldukları, diğer örneklerin ise sınır değeri aştıkları tespit edilmiştir.

Benzer bir çalışma Şanlıurfa ve Çevresindeki Kuyu Sularında Çinko ve Selenyum Düzeyleri' nde yapılmış ve analiz edilen 50 kuyu suyu örneği çinko içeriği yönünden % 44' ü az kirlenmiş su olarak değerlendirilmiştir (Temamoğulları ve Dinçoğlu 2010).

Edirne ve çevresinde buğday ve ayçiçeği ekiminden azami randıman alınmasına yönelik çinkolu gübre kullanımının yaygın olması, hayvansal ve bitkisel üretimin artırılmasına yönelik uygulamaların (fosfat, gübre ve ilaç kullanımı gibi) hızla yaygınlaşması, yer altı ve yer üstü su kaynaklarını kirlettiği düşünülmektedir.

#### 4.2.2.4. Molibden Konsantrasyonları

Molibden, geçiş elementlerinden iletkenliği yüksek olan metallere biridir. Geçiş elementlerinin iyi iletken olmalarının nedeni, elektronların atomlar üzerinde diğer elementlere oranla kolayca hareket edebilmesidir. Bütün geçiş elementleri gibi molibden de bileşiklerinde çeşitli değerliklerde bulunabilmektedir. Bunlar sulu ortamlarda disproporsiyona (aynı anda yükseltgenme ve indirgenme) uğrarlar. Molibden çok önemli bir alaşım elementidir. Bileşimine girdiği alaşımların (paslanmaz çelikler) korozyona karşı direncini önemli ölçüde artırır. Bu yüzden, molibdenin kimyası üzerine yapılan araştırmalar son yıllarda büyük önem kazanmıştır. Yüzey analiz yöntemlerinin gelişmesine paralel olarak, molibdenin korozyona karşı direncini oluşturan oksit tabakasının (pasif tabaka) ayrıntılı bir şekilde incelenip belirlenmesi çalışmalarının günümüzde de hızla devam ettiği görülmektedir (Mısırlıoğlu 2002).

Molibdenin sularda su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre, 0.01 mg/l 'yi geçmemesi istenir. pH değeri 6,0 – 8,5 arasında olan killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında ise 0,052 mg/l' yi geçmemesi istenmektedir.

Alınan örnekler incelendiğinde, Ekim ayında; 0,32 – 1,72 mg/l arasında değişmektedir. Mayıs ayında alınan örneklerin ise; 0,31 – 2,07 mg/l arasında değiştii ve sınır değerleri aştığı görülmektedir.

Bitkisel üretimde kullanılan molibden içerikli yaprak gübrelerinden kaynaklı olarak molibden konsantrasyonunun fazla olabileceği düşünölmektedir.

#### 4.2.2.5. Bor Konsantrasyonları

Sodyumdan farklı olarak bor bitki gelişimi için temel bir elementtir. (Klor da temel elementtir fakat böyle küçük miktarlarda çoğunlukla temel olmayan olarak sınıflandırılmaktadır). Bor a nispeten küçük miktarlarda ihtiyaç duyulmakla birlikte, ihtiyaç duyulandan gözlemlenebilir şekilde daha fazla miktarlarda mevcut olursa, toksik hale gelmektedir. Bazı bitkiler için suda 0.2 mg/1 bor gerekli olsa da, 1-2 mg/1 toksik olabilmektedir. Yüzeysel suları nadiren toksik olabilecek yeterlilikte bor içermekte fakat kuyu suları veya özellikle jeotermal alanlarda ve deprem kırıntılarında yakın yerlerdeki kaynaklar toksik miktarlarda bor içerebilmektedir. Sudan kaynaklanan bor problemleri topraktan kaynaklanandan muhtemelen daha sık olmaktadır. Bor toksikliği neredeyse tüm bitkileri etkileyebilmekte fakat tuzluluk gibi, bitkiler arasında geniş bir tolerans aralığı bulunmaktadır (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Bor'a dayanıma göre bitkilerin sınıflandırılması (Anonim 1960)

<b>Hassas</b>	<b>Yarı dayanıklı</b>	<b>Dayanıklı</b>
<b>1.0 ppm</b>	<b>2.0 ppm</b>	<b>4.0 ppm</b>
Pecan	Ayçiçeği	Athel
Ceviz	Patates	Kuşkonmaz
Yer elması	Pamuk	Hurma
Fasulye	Domates	Şeker pancarı
Amerikan karaağaç	Bezelye	Hayvan pancarı
Erik	Turp	Bahçe pancarı
Armut	Tarla bezelyesi	Yonca
Elma	Üçgül	Kuzgunkılıcı
Üzüm(sultan ve malaga)	Zeytin	Bakla
İncir	Arpa	Soğan
Amerikan hurması	Buğday	Şalgam
Kiraz	Mısır	Kabak
Şeftali	Yulaf	Lahana
Kayısı	Zinia	Havuç
Böğürtlen	Helvacı kabağı	
Portakal	Biber (bell pepper)	
Avokado	Tatlı patates	
Greyfruit	Lima fasulyesi	
Limon		

Borun sularda su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre, -3 mg/l 'yi geçmemesi istenir. pH değeri 6,0 – 8,5 arasında olan killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında ise 2 mg/l' yi geçmemesi istenmektedir.

Alınan örnekler incelendiğinde, Ekim ayında; 0,01 – 0,10 mg/l arasında değişmektedir. Mayıs ayında alınan örneklerin ise; 0,01 – 0,13 mg/l arasında değiştii görülmektedir.

Benzer bir çalışma Antalya Yöresinde Topraksız Kültür Sistemiyle Yetiştirilen Domates Bitkilerinin Beslenme Durumunun ve Sulama Suyu Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi amacıyla yapılmış olup 12 adet üreticiye ait sulama suyu örnekleri alınmış ve incelenen sera sulama sularının bor konsantrasyonlarının 0,09-0,76 ppm arasında değiştii ve örneklerin % 75'inin 1. sınıfa, % 25'inin ise 2. sınıfa dahil olduğu belirlenmiştir (Asri ve Sönmez 2009).

#### 4.2.2.6. Nikel Konsantrasyonları

Nikel her yerde bulunur, başlıca alaşımları arsenid ve sulfit dir. Madenlerin işlemleri sonucu çevreye yayılabilir. Nikel bazı alaşımlarda katalisit olarak metal kaplamalarda kullanılmaktadır. Gıda, konserve ve fabrikalarındaki tesisatta nikel kullanılması gıdalarda kontaminasyon yapabilir. Nikel tuzlarının pek çoğu suda eriyebilir, bu nedenle bulaşma kolay olur, özellikle nikel içeren bileşiklerin nehirlere atılması bu bulaşmada rol oynar. Yüzey sularında 1 mg/l gibi yüksek oranlar bildirilmiştir. Normalde bu sulardaki oran 5 - 20 mikrogram/l gibi düşük bir seviyededir. Belirli su işlem metodlarıyla nikelin bir kısmı giderilmektedir. Bu nedenle işlenmiş sularda, işlenmemiş sulardan daha az bulunur. Genel olarak 2 – 5 mikrogram /l rastlanan tipik değerlerdir. Özellikle nikel karışımı su iletim boruları kullanıldığında bu miktar artabilir. Nadiren 0, 5 mg/l miktarlar bildirilmiştir. Günde 2 lt su içildiği dikkate alınır normal olarak içme suyu ile alınabilecek miktarı 10-20 mikrogramı geçmez. Nikel toksik olmayan bir elementtir. Gıda ve sularda bulunan nikelin ciddi bir sağlık problemi yaratacağı düşünülemez (Güler 1997).

Nikelin sularda su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre, 0,2 mg/l 'yi geçmemesi istenir. pH değeri 6,0 – 8,5 arasında olan killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında ise 2 mg/l' yi geçmemesi istenmektedir.

Alınan örnekler incelendiğinde, Ekim ayında; 0 – 0,54 mg/l arasında değişmektedir. Mayıs ayında alınan örneklerin ise; 0 – 0,40 mg/l arasında değiştiği görülmektedir. Ekim ayında 13, 14, 15, 21 ve 24 nolu örneklerin; Mayıs ayında ise 5, 10 12 ve 24 nolu örneklerin sınırı aştığı diğer örneklerin ise sınır değerlerin altında olduğu görülmektedir.

Tarımsal alanlarda kullanılan gübrelerdeki safsızlıklar ve kompost gübre kullanımı nedeni ile Krom (Cr), Nikel (Ni) ve Molibden (Mo) gibi metallerin toprağa karışması ve dolayısı ile alıcı su ortamlarına taşınması mümkün olabilmektedir (Alloway 1995). Edirne ilinde kullanılan gübrelerin sulama suyuna karışması sonucu nikel konsantrasyonunun artmış olabileceği düşünülmektedir.

#### 4.2.2.7. Kurşun Konsantrasyonları

Toprağın doğal elementlerinden olan kurşun yaklaşık olarak toprakta kilogramda 16 mg miktarında bulunur. Dünya üzerinde göl ve nehir sularının ortalama kurşun içeriği ise litrede 1-10 mikrogramdır. Ancak sulardaki bu değer nadir olmakla beraber endüstriyel bulaşma sonucu daha yüksekte olabilir. Ancak arıtma işleminden sonra suyun dağıtım şebekesine verilmeden önce bu değer çok düşüktür. Evlere verilen çeşme suyunda ise, eğer dağıtım kurşun borularla yapılıyorsa veya kurşunla kaplı depolarda bekletiliyorsa bu miktar daha yüksek olmaktadır. Özellikle bu miktar suyun yumuşak, bol oksijenli, nitrat miktarı fazla ve asidik karakterde olması durumunda korozyonun artmasından dolayı daha fazla olmaktadır. Kurşun borular su dağıtımında artık genelde kullanılmasa da bazı ülkelerde henüz kullanılmaktadır. Günde ortalama 2 litre su içilebileceği dikkate alındığında su ile günde 10 - 20 mikrogramdan 1 mg' a kadar kurşun alınabileceği tahmin edilmektedir. İçme suyu içindeki kurşunun sindirim sisteminden olduğu gibi emilmesi önemli bir noktadır. Her ne kadar su içindeki çok ince kurşun partiküllerinin emilebilmesi hakkında fazla bilgi yoksa da suda erimiş kurşunun kolayca emildiği bilinmektedir (Güler 1977).

İçme sularının kurşun kaplı depolarda bekletilmesi sırasında, su dağıtımında kullanılan kurşun borulardan, kalsiyum ve magnezyumca fakir yumuşak sulara fazla miktarda kurşun geçebilir. Yeraltı sularında bulunan kurşun, çinko ve mangan konsantrasyonları da birtakım zararlı etkilere neden olur (Anonim 2012b).

Kurşunun sularda su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre, 5.0 mg/l 'yi geçmemesi istenir. pH değeri 6,0 – 8,5 arasında olan killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında ise 10.0 mg/l' yi geçmemesi istenmektedir.

Alınan örnekler incelendiğinde, Ekim ayında; 0 – 6,41 mg/l arasında değişmektedir. Mayıs ayında alınan örneklerin ise; 0 – 5,48 mg/l arasında değiştiği görülmektedir. Alınan örnekler incelendiğinde sadece Ekim ayında 18 nolu örneğin (Meriç Göleti) sınır değeri aştığı diğer tüm örneklerin sınır değerinin altında olduğu görülmektedir.



#### 4.2.2.8. Krom Konsantrasyonları

Vücutta insülin hareketini sağlayarak karbonhidrat, su ve protein metabolizmasını etkileyen Cr, doğada her yerde bulunan bir metal olup havada  $> 0,1 \mu\text{g m}^3$  ve kirlenmemiş suda ortalama  $1 \mu\text{g l}^{-1}$  bulunur. Pek çok toprakta az miktarda Cr ( $2 - 60 \text{ mg kg}^{-1}$ ) bulunurken, kirlenmemiş bazı topraklarda bu değer  $4 \text{ g kg}^{-1}$  'a kadar çıkmaktadır. Cr metal alaşımlandırmada, boyalarda, çimento, kağıt, kauçuk ve diğer malzemeler için pigment olarak kullanılmaktadır. Düşük seviyelerde Cr' a maruz kalındığında deride iritasyon ve ülser meydana gelir. Uzun süreli maruz kalındığında böbreklerde ve karaciğerde hasara yol açabildiği gibi kan dolaşım sistemini ve sinir dokularını tahrip edebilir. Cr daha çok sulu ortamlarda birikerek çoğalır. Dolayısıyla yüksek seviyede Cr' a maruz kalmış balık yemek oldukça tehlikelidir (Anonim 2003).

Kromun sularda su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre,  $0,1 \text{ mg/l}$  'yi geçmemesi istenir. pH değeri  $6,0 - 8,5$  arasında olan killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında ise  $1,0 \text{ mg/l}$  'yi geçmemesi istenmektedir.

Alınan örnekler incelendiğinde, Ekim ayında;  $0 - 0,98 \text{ mg/l}$  arasında değişmektedir. Mayıs ayında alınan örneklerin ise;  $0,01 - 0,96 \text{ mg/l}$  arasında değiştiği görülmektedir. Ekim ayında 8, 10 ve 12 nolu örneklerin, Mayıs ayında ise sadece 14 nolu örneğin sınır değeri aştığı, diğer örneklerin ise sınır değerinin altında olduğu görülmektedir.

Benzer bir çalışma Gediz Nehri'ne deşarj yapan Manisa Belediyesi Evsel Atık Su Arıtma Tesisi' nin nehre boşlattığı su ve sediment örnekleri üzerinde yapılmış ve en yüksek Cr konsantrasyonu  $0,124 \text{ mg/l}$  olarak tespit edilmiştir (Minareci ve ark. 2004).

Tarımsal alanlarda kullanılan gübrelerdeki safsızlıklar ve kompost gübre kullanımı nedeni ile Krom (Cr), Nikel (Ni) ve Molibden (Mo) gibi metallerin toprağa karışması ve dolayısı ile alıcı su ortamlarına taşınması mümkün olabilmektedir (Alloway 1995). Edirne ilinde kullanılan gübrelerin sulama suyuna karışması sonucu krom konsantrasyonunun artmış olabileceği düşünülmektedir.

#### 4.2.2.9. Kobalt Konsantrasyonları

Kobalt, stratejik ve endüstriyel uygulamalarda ve askeri alanda önemli kullanım alanlarına sahiptir. Co en çok süper alaşım olarak jet motor türbinlerde kullanılırken, malzemelere manyetiklik özelliği kazandırma, korozyondan korunma ve mekanik özelliklerin iyileştirilmesi amacıyla alaşımlarda, yüksek hız çeliklerinde, takım çeliklerinde, elmas takımlarında ve kesici uçlarda alaşım elementi olarak kullanılır. Bileşikleri ise petrol ve seramik endüstrisinde katalizör ve boyalarda pigment, mürekkep ve verniklerde kurutma maddesi olarak kullanılır (Anonim 2003).

Kobaltın sulara su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre, 0.05 mg/l 'yi geçmemesi istenir. pH değeri 6,0 – 8,5 arasında olan killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında ise 5.0 mg/l' yi geçmemesi istenmektedir.

Alınan örnekler incelendiğinde, Ekim ayında; 0,01 – 0,09 mg/l arasında değişmektedir. Mayıs ayında alınan örneklerin ise; 0,01 – 0,09 mg/l arasında değiştiği görülmektedir. Ekim ayında 5, 6, 10, 16, 17, 21, 23 ve 25 nolu örneklerin, Mayıs ayında ise 2, 3, 4, 6, 8, 11, 15, 19 ve 25 nolu örneklerin sınır değeri aştıkları diğer örneklerin ise sınır değerinin altında oldukları görülmektedir.

Benzer bir çalışma Aydın İli Bazı Yer altı ve Yerüstü Su Kaynaklarının Kirlilik Durumlarının Belirlenmesi amacıyla yapılmış olup örneklerin Kobalt konsantrasyonları; yeraltı sularında 0,159 – 0,421 mg/l, yüzey sularında ise 0,173 -0,369 mg/l arasında bulunmuştur. Noktaların tamamına bakıldığında tüm noktaların sulama suları için sınır değer olan 0,05 mg/l 'yi aştığı görülmektedir (Kanber 2007).

Kullanılan gübre ve tarımsal kimyasalların kalıntıları toprakta birikime uğrayarak çeşitli etkilerle (sulama suyu, yağmurlar v.b) topraktan süzülerek yeraltı sularına ulaşabilmektedir. Edirne ilinde kullanılan gübreleme faaliyetleri sonucu benzer birikimler sonucu kobalt konsantrasyonunun artmış olabileceği düşünülmektedir.

#### 4.2.2.10. Kadmiyum Konsantrasyonları

Kadmiyum, civadan sonra en toksik ikinci metaldir. Düşük konsantrasyonlarda toksik olabilen ve metabolik aktivite için gerekli olmayan bir metaldir. Sıcaklıktaki bir değişme, kadmiyum alınmasını ve toksisitesini artırır. Oysa, tuz veya suyun sertliğinin artması kadmiyumun etkisini azaltır. Genel olarak suyun organik içeriğinin kadmiyumu bağlayıp tutmasıyla ortamdaki miktarı azalır, böylece canlı organizmalardaki etkisi de azalmış olur. Kadmiyumun suda çözünen tuzları, kolayca solungaçlar yolu ile kana absorbe olabildiği halde, suda çözünemeyenleri uzaklaştırılmakta veya gastrointestinal yolla yutulmaktadır. İnce bağırsaktaki absorpsiyonu kalsiyum, demir ve protein eksikliğinde artar. Ortamda kalsiyum miktarı azaldığında, kadmiyum absorpsiyonu hızlanmakta, kalsiyum miktarının artması durumunda ise kadmiyum absorpsiyonu azalmaktadır. Bu da her iki metalin hücre içerisine girişinin benzer yollarla olduğunu göstermektedir (Teague 1999).

Kadmiyumun sularda su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre, 0.01 mg/l 'yi geçmemesi istenir. pH değeri 6,0 – 8,5 arasında olan killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında ise 0.05 mg/l' yi geçmemesi istenmektedir.

Alınan örnekler incelendiğinde, Ekim ayında; 0,01 – 0,46 mg/l arasında değişmektedir. Mayıs ayında alınan örneklerin ise; 0,01 – 0,58 mg/l arasında değiştiği görülmektedir. Ekim ayında sadece 24 nolu örneğin, Mayıs ayında ise 16 nolu örneğin sınır değerinin altında olduğu diğer tüm örneklerin ise sınır değeri aştığı görülmektedir.

Tarımsal üretim amacıyla kullanılan kimyasal gübreler, pestisitler (tarımsal ilaçlar), vb. yıkanma yoluyla yer altı sularına karışmakta ve bu kirlenmiş suların kullanımıyla da zararlı etkileri ortaya çıkmaktadır. Ayrıca aşırı ve yanlış gübreleme ve ilaçlama bitkilerin gelişiminde de olumsuz etkiler yapmaktadır. Edirne İlinde yapılan yoğun tarım faaliyetleride (yılda 2 ürün alınabilmesi, aşırı gübre ve ilaç kullanımı, yoğun çeltik tarımı ve aşırı sulama faaliyetleri vb.) benzer sonuçlar ortaya çıkarmakta olup ağır metallerin (kadmiyum, nikel, kurşun vb.) birikmesine sebep olabilmektedir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Edirne ilini temsilen merkez ilçe dahil her ilçeden olmak üzere önemli sulama suyu kaynaklarının, kalitesinin belirlenmesi ve ağır metal içeriklerinin tespitinin belirlenmesi amacıyla iki dönem halinde 25 noktadan Ekim ve Mayıs aylarında olmak üzere toplam 50 adet örnek alınmıştır. Örneklerde yapılan analizler neticesinde bazı parametrelerin sınır değerleri aştığı, bazı parametrelerin ise söz konusu sınır değerlerin altında kaldığı tespit edilmiştir.

Edirne ili ülkemizde 20000 ton' dan fazla gübre kullanılan illerin baz alındığı bir çalışmaya göre toplam tüketilen azotlu gübrenin % 2.5'i Edirne ilinde tüketildiğinden dolayı Edirne ili 10. sırada yer almıştır. Hektar itibariyle azotlu gübre kullanımı dikkate alındığında Edirne ili 110.6 kg/ha ile 8. sıraya yükselmiştir (Anonim 2011). Görüldüğü gibi Edirne ilinde özellikle azotlu gübre yoğun olarak kullanılmaktadır.

Topraklara uygulanan gübrelerin ve tarımda kullanılan ilaçların ağır metal kalıntılarının yer altı sularına, gölet, baraj vb. sulama suyu kaynaklarına karışması, yeraltı su seviyesinin alçalıp yükselmesi, yüzey sularına karışan endüstriyel ve evsel atıkların içerikleri, toprakların ve sulama sularının birçok özelliğini (pH düşmesi, organik madde azalması, fosfor ve nitrat kirliliği vb.) olumsuz yönde etkilemektedir.

Yapılan karşılaştırmalar sonucunda sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin değerlendirmesine göre; Fe ve B değerlerinin sulama suyu sınır değerlerini aşmadığı, diğer parametrelerin ise (Cu, Zn, Mo, Ni, Pb, Cr, Co, Cd) genelde aştığı görülmektedir. Su örneklerinin analiz sonuçlarının dönemler arasında ve örnekleme noktaları arasında farklılık gösterdiği görülmektedir.

Su örneklerinin analizinden elde edilen sonuçlara göre; genellikle sulama sularında pH değerinin 6,5–8,4 arasında olması istenmektedir. Araştırılan örneklerin genelde (8, 16 ve 18 nolu örneklerin pH ve karbonat içeriklerinin tekrar analiz edilerek kontrolleri sağlanmalıdır) pH yönünden kullanılabilir sulama suyu sınıfına girmektedir.

Sulama sularının sınıflandırılmasında ABD Tuzluluk Sistemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemde suların EC ve SAR değerleri dikkate alınmıştır. Sular EC

değerlerine göre dört grup altında toplanmıştır. Bunlar 0-250  $\mu\text{mhos/cm}$  ( $C_1$ ), 250-750  $\mu\text{mhos/cm}$  ( $C_2$ ), 750-2250  $\mu\text{mhos/cm}$  ( $C_3$ ) ve 2250  $\mu\text{mhos/cm}$ ' den fazla ( $C_4$ ) olan sulardır. SAR değerlerine göre ise sulama suları; 1. Sınıf ( $S_1$ ) az sodyumlu sular, 2. Sınıf ( $S_2$ ) orta sodyumlu sular, 3. Sınıf ( $S_3$ ) yüksek sodyumlu sular, 4. Sınıf ( $S_4$ ) çok yüksek sodyumlu sular olmak üzere yine dört gruba ayrılmaktadır (Sağlam ve Adiloğlu 1997).

İncelenen su örneklerinin EC değerlerinin 273-2209  $\mu\text{mhos/cm}$  arasında değiştiği görülmektedir. Araştırılan örneklerin genelde II. Sınıf (iyi) ve III. Sınıf (kullanılabilir) su niteliğinde olduğu, sadece 17 nolu örnek olan İpsala İlçesi Yenikarpuzlu göleti sulama suyu IV. Sınıf (ihtiyatla kullanılmalı) sulama suyu sınıfında olduğu görülmektedir.

Alınan su örnekleri ABD Tuzluluk Laboratuvarı Sistemi'ne göre sınıflandırıldığında; 3, 8, 13, 20 ve 21 nolu örneklerin  $C_2 - S_1$ , 7 nolu örneğin  $C_2 - S_2$ , 5 ve 18 nolu örneğin  $C_2 - S_3$ , 1, 4, 9 ve 19 nolu örneklerin  $C_3 - S_2$  ve 2, 6, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 22, 23, 24 ve 25 nolu örneklerin ise  $C_3 - S_1$  sınıfına girdiği tespit edilmiştir.

Bu sınıflandırmayı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği' ndeki değerlerle karşılaştırdığımızda;  $C_2 - S_1$  ve  $C_2 - S_2$  sınıfına giren örneklerin II. Sınıf Su (iyi) ve  $C_2 - S_3$ ,  $C_3 - S_2$  ve  $C_3 - S_1$  sınıfına giren örneklerin ise III. Sınıf Su (Kullanılabilir) kalitesinde olduğu görülmektedir.

Elde edilen sonuçlara göre; örneklerin genellikle orta ve yüksek tuz konsantrasyonuna sahip sular olduğu görülmektedir. Normal koşullar altında yüksek tuz konsantrasyonuna sahip sulara sulama suyu olarak kullanılmaları çok fazla tercih edilmemektedir.

Sulu tarım alanlarında toprak-bitki-su ilişkileri ve bunların insan ve çevreye olan etkileri üzerinde çok fazla durulmamaktadır. Bu nedenle üretici yeterince eğitilemediği için aşırı su kullanma eğilimi ortaya çıkmakta, sonuçta drenaj, yüksek taban suyu, tuzluluk ve sodyumluluk gibi birçok problemle karşılaşmaktadır (Kendirli ve Çakmak 2005). Ülkemizde bir yandan yeni alanlar sulamaya açılırken diğer yandan çok büyük yatırımlarla sulama şebekeleri kurulmuş araziler, yanlış tarım ve sulama uygulamaları nedeniyle hızla bozulmakta ve kirlenmektedir. Sulamaya açılan alanların büyük bir bölümü tuzluluk ve sodyumluluk problemi ile karşı karşıyadır. Aşırı ve yanlış gübreleme toprak-bitki-su dengesini nitrit-nitrat kalıntılarıyla toprak yapısını bozmuş, yer altı sularını kirletmiştir. Bilinçsiz sulama

uygulamaları da toprağı tuzlulaştırmış ve taban suyu kalitesini dūřürmüřtür (Çakmak ve Kendirli 2002).

Tarımsal üretim amacıyla kullanılan kimyasal gübreler, pestisitler (tarımsal ilaçlar vb.) yıkanma yoluyla yer altı sularına karışmakta ve bu kirlenmiş suların kullanımıyla da zararlı etkileri ortaya çıkmaktadır. Ayrıca aşırı ve yanlış gübreleme ve ilaçlama bitkilerin gelişiminde de olumsuz etkiler yapmaktadır. Tarımsal girdilerin aşırı ve yanlış kullanılması çevre kirliliğı nedenlerindedir. Tarımsal girdiler içerisinde özellikle gübre ve ilaçlar çevre kirleticisidirler. Tarımsal çevre kirliliğini azaltmak için kullanılan tarımsal girdi miktarlarının kontrol edilmesi gerekmektedir. Çiftçiler daha yüksek verim elde etmek kaygısıyla tarımsal girdileri aşırı miktarlarda kullanmaktadırlar. Aslında toprak, bitki ve sulama suyu analizlerine göre tarımsal girdiler kullanıldığında, verimde azalma olmadığı gibi, girdilerin olumsuz çevresel etkileri de azalmaktadır (Bellitürk ve ark. 2011).

Söz konusu çalışmada Edirne İli sulama suyu kaynaklarının tamamının 1. Sınıf kalitede olmadığı görülmekte olup bazı sulama kaynaklarında da ağır metal kirliliğı bulunduğu görülmektedir. Bu çalışmayla sulama suyu kaynaklarının kullanılmasının sürdürülebilirliğı ve başta ağır metaller olmak üzere her türlü kirlilikten korunması için; sulamanın asıl kaynağı olan yer altı suları, kuyu, gölet vb. kaynakların başta evsel ve endüstriyel atıklar olmak üzere her türlü kirlilikten korunması, kimyasal gübre ve tarım ilaçları kullanımının optimum seviyeye indirilmesi ve sulama suyu kaynaklarının zaman zaman analizlerinin yaptırılarak sulama için uygun olmayanların kullanılmaması gerekmekte olduğu tespit edilmiş olup, gerekli yasal ve kültürel önlemlerin vakit geçirmeden alınması gerekmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- Akın G, Güleç E, Sağır M, Gültekin T, Bektaş Y (2005). Yaşlanma ve yaşlanmayı geciktiren çevresel etmenler. III. Ulusal Yaşlılık Kongresi, 127-137, İzmir.
- Alçıçek A, Başlar S (1995). Bitki ve Sularda Aşırı Nitrat Birikiminin Sonuçları. Ekoloji Çevre Dergisi, Sayı: 14, 15-18.
- Alloway BJ (1995). Heavy Metals in Soils. Blackie Academic & Professional, London.
- Anonim (1960). Boron injury to plants. U.S. Dept. Of Agric., Agricultural Information Bull., 211, Washington, 1960.
- Anonim (1991). Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği. (7 Ocak 1991 tarihli ve 20748 sayılı Resmi gazete).
- Anonim (2003). Metallerin Etkileri. [www.metalurji.org.tr/dergi](http://www.metalurji.org.tr/dergi) erişim tarihi: (30.09.2012).
- Anonim (2004). Türkiye Çevre Atlası
- Anonim (2010). 2010 Yılı Çalışma Raporu. Edirne Tarım İl Müdürlüğü.
- Anonim (2011). Gübretle Verim. Gübre Fabrikaları T.A.Ş.'nin Yayını, Yıl: 6, Sayı: 23, Ocak-Şubat, s: 6-8, İstanbul.
- Anonim (2012a). Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk. [www2.omu.edu.tr/docs/dersnotu/355](http://www2.omu.edu.tr/docs/dersnotu/355) erişim tarihi: (10.09.2012)
- Anonim (2012b). Ağır Metal Toksikolojisi Ders Notu. [www.bioreg.hacettepe.edu.tr](http://www.bioreg.hacettepe.edu.tr) erişim tarihi: (11.11.2012)
- Anonim (2012c). Edirne İli 1970-2011 yılları ortalama iklimsel değerler. Resmi İstatistikler, [www.mgm.gov.tr](http://www.mgm.gov.tr) erişim tarihi: (30.08.2012).
- Arapkırlioğlu K (2003). Sınıraşan Suların Kullanımında Ulusal Çıkarlar ve Çevre Etiği Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Kamu Yönetimi ve Siyaset Bilimi (Kent ve Çevre Bilimleri Anabilim Dalı), 419s. Ankara.
- Arslan H, Güler M, Cemek B, Demir Y (2007). Bafra Ovası Yer altı Suyu Kalitesinin Sulama Açısından Değerlendirilmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 219 – 226.
- Asan A (1995). Samsun Yöresi (Çarşamba - Bafra) Yüzey sularında Kirlilik Düzeylerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Samsun.
- Asri FÖ, Sönmez S (2009). Antalya Yöresinde Topraksız Kültür Sistemiyle Yetiştirilen Domates Bitkilerinin Beslenme Durumunun ve Sulama Suyu Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi. Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 22(2), 191-200, Antalya.
- Atabey E (2005). Tıbbi Jeoloji. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.

- Atalık A (2006). Küresel ısınmanın su kaynakları ve tarım üzerine etkileri. *Bilim ve Ütopya*, 139: 18-21.
- Atay R (1996). Kovada Kanal ve Gölündeki Bazı Parametrelerin Değişimi. (Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Aydinalp C (1997). Nilüfer Çayı ve Ayvalı Deresi'ndeki Ağır Metal Kirliliği. *Bursa Çevre - 97 Fonunu Kitabı*. Bursa Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma Daire Başkanlığı Yerel Gündem 21 Şube Müdürlüğü Yayını No: 2. Bursa.
- Ayers RS, Wescot DW (1989). *Water Quality for Agriculture*. FAO Irrigation and Drainage, Paper 29, Rome-Italy, Rev.1, p.174.
- Ayrancı Y (2006). Muğla Ortaca Yöresi Sera Sulama Sularının Kalitelerinin Belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (39) : 2006, 32-36.
- Ayyıldız M (1983). Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, No:636, Ders Kitabı No: 199, Ankara.
- Ayyıldız M (1990). Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, No:1196, Ders Kitabı No: 344, Ankara.
- Basar H, Celik H, Turan A, Katkat MA (1999). İznik Yöresinde Sulamada Kullanılan Değişik Su Kaynaklarının Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Tanın Bilimleri Dergisi (Yayın aşamasında)*
- Baysal A (1989). Genel Beslenme Bilgisi. Hatipoğlu Yayınevi, Ankara.
- Bellitürk K, Soytürk Ö, Aydoğan F, Çoşkun D, Alpaydın E, Özel S, Sivrikaya N (2011). Edirne İli Havsa İlçesi Tarım Topraklarında Gübreleme-Çevre İlişkisinin İncelenmesi. *I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, 330-339, Kahramanmaraş.
- Benjamin CL, Garman GR, Funston JH (1997). *Human Biology*. New York. WCB/Mc Graw-Hill Companies.
- Burak S, Duranyıldız İ, Yetiş Ü (1997). Ulusal Çevre Eylem Planı: Su Kaynaklarının Yönetimi. *Odak Noktası Kuruluş: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü*.
- Çakmak B, Kendirli B (2002). Sürdürülebilir Tarımda Sulama ve Çevre. *Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Türktarım Dergisi*, sayı:145, s.21-23, Ankara.
- Demirtaş A (2008). Iğdır Ovası Drenaj Sularının Kalite Durumlarının Belirlenmesi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 39 (1), 23-33.
- Dişli M, Akkurt F, Alıcılar A (2004). Şanlıurfa Balıklıgöl Suyunun Bazı Kimyasal Parametrelerinin Mevsimlere göre Değişiminin Değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Müh - Mimarlık Fak. Dergisi*, Cilt 19. No: 3. 287 - 294.



- Evsahibioglu AN, Aküzüm T, Çakmak B (2010). Su Yönetimi, Su Kullanım Stratejileri ve Sınıraşan Sular. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 119-134.
- Fao (1995). Water Quality For Agriculture. 29 Rev. 1, Chart 21.
- Fidan C, Duran C, Kırış R (2008). Bitki Formasyonlarının Su Kaynakları Üzerindeki Etkisi. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, 39-47.
- Görçün ÖF, Görçün Ö, Kayıkçı Y (2008). Tehlikeli Madde Taşımacılığı ve Su Koruma Bölgeleri. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, 509-513.
- Grismer ME (1990). Leaching Fraction, Soil Salinity and Drainage Efficiency. California Agriculture, vol: 44/6, p: 24 – 26.
- Güler Ç (1997). Su Kalitesi, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 43, 94s. Ankara
- Güngör Y, Yurtseven E (1991). Değişik Tuzluluk Düzeylerindeki Sulama Sularının Soya Fasüyesi Verimine Etkisi. Tr.J. of Agriculture and Forestry, 15:80-88
- Himes JH (1991). Anthropometrics Assessment of Nutritional Status. New York: A John Wiley and Sons. Inc. Publication.
- İski (2004). İstanbul'da Suyun Serüveni. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Yayınları 39: 158s, İstanbul.
- İstanbulluoğlu A, Konukcu F, Kocaman İ (2006). Trakya Bölgesi Su Kaynaklarının Geliştirilmesi ve Sulu tarım Uygulamaları: Mevcut Verilerin Sorunların Çözümü İçin Analizi. Tekirdağ Ziraat fakültesi Dergisi, 3 (2): 139-152.
- Kadirağagil Z (2011). Asidik Maden Sızıntı Sularının Yer altı Suyu Kalitesine Etkisi: Ergani - Maden Bakır İşletmesi Örneği. (Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Kali N (2008). Erzurum Ovası Su Kalitesi ve Kirliliğinin Tespiti. (Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Kanber P (2007). Aydın İli Bazı Yeraltı ve Yerüstü Su Kaynaklarının Kirlilik Durumlarının Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Kanber R, Çakır R, Tarı AF (2003). Sulama ve Drenaj Mühendisliği. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Yayın No: 122.
- Kanber R, Kırdı C, Tekinel O (1992). Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınlan No: 21, Adana. 341 s.
- Katkat AV, Özgüven NÇ (2000). Biga Yöresinde Sanayi Domatesi Yetiştirilen Toprakların ve Sulama Sularının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. Çev-Kor Cilt: 9, Sayı: 34, 27-30.

- Kaya N, Öztürk M (2003). Elazığ İl Sınırları İçerisindeki Sulama Sularının İncelenmesi. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları 3.
- Kaykıoğlu G, Ekmekyapar F (2005). Ergene Havzasında Endüstriyel İşlem Suyu Olarak Kullanılan Yer altı Sularının Özellikleri Üzerine Araştırma. Trakya Univ. J Sci, 6 (1): 85-91.
- Kendirli B, Çakmak B (2005). Türkiye'de Sulanan Tarım Arazilerinde Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Türktarım Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Dergisi, Temmuz-Ağustos 2005, Sayı: 164, s.28-32, Ankara.
- Kovancı İ (1979). İç Ege Bölgesi Sulama Sularının Bitki Beslemesi açısından Kimi Nitelikleri ve Kimyasal İçerikleri Üzerinde Bir Araştırma. E. Ü. Ziraat Fak. Yayınları, No:364, İzmir.
- Kuşlu Y, Şahin Ö, Anapalı Ö, Kızıloğlu FM (2005). Damla Sulama Sistemlerinde Tıkanma ve Giderilmesi ile Farklı Damlatıcı Tiplerinin Özellikleri. GAP IV. Tarım Kongresi Bildiri Kitabı II. Cilt 1904-1101, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- Lindsay WL (1979). Chemical Equilibria in Soils. A Willey Interscience Publication. 449s, Newyork.
- Mısırlıoğlu Z (2002). Bazik Çözeltilerde Molibdenin Anodik Oksidasyonu. G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 22, Sayı 2, 117-122.
- Minareci O, Öztürk M, Minareci E (2004). Manisa Belediyesi Ağır Evsel Atık Su Arıtma Tesisinin Gediz Nehri'nin Ağır Metal Kirliliğine olan Etkilerinin Belirlenmesi. Trakya Uni. J. Sci., 5 (2): 135 - 139.
- Richards LA (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, Agriculture Handbook No: 60, U.S. Department of Agriculture. U.S. Govt. Printing Office.Washington, D.C.
- Sağlam MT, Adiloğlu A (1997). Su Kalitesi (Genişletilmiş 2. baskı). Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fak., Yayın No: 230, Ders kitabı No: 27, Tekirdağ.
- Şen B, Gölbaşı S (2008). Hazar Gölü' ne Dökülen Kürk Çayı' nın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi 25 (4), 353-358.
- Şen Z (2009). İklim Değişikliği Tatlı Su Kaynakları ve Türkiye. Su Vakfı Yayınları, 272 sayfa.
- Taşdemir M, Göksu ZL (2001). E.Ü. Su Ürünleri Dergisi 18 (1/2), 55-64.
- Tan A (2004). Sürdürülebilir Tarım. Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, Bakış. Sayı 5.
- Tan A (2006). Atık Sularda Bazı Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi. (Y.Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Tanyolaç J (2006). Limnoloji (Tatlısu Bilimi).Hatiboğlu Yayıncılık. Ankara.

- Teague HE (1999). Evaluation of Heavy Metal Bioaccumulation in Selected Species of Amazon Fish. Thesis Presented to The Faculty of The University of Houston Clear Lake, USA, pp: 19-27.
- Temamoğulları F, Dinçoğlu AH (2010). Şanlıurfa ve Çevresindeki Kuyu Sularında Çinko ve Selenyum Düzeyleri. Kafkas Üniv. Vet. Fak. Dergisi, 16 (2): 199-203.
- Tokalıoğlu Ş, Kartal Ş (2002). Chemometrical İnterpretion of Lake Waters after Their Chemical Analysis by Using AAS, Flame Photometry and Titrimetric Techniques. International Journal of Environmental Analytical Journal Chemistry, Cilt 82, No:5, 291 – 305.
- Tuncay H (1994). Su Kalitesi (I. Basım). Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Yayın No: 512, İzmir, 243 s.
- Turan T, Eren Z (2008). Türkiye’ de Su Kaynakları ve Su Politikası. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, 25-30.
- Tüsiad (2008). Türkiye’ de Su Yönetimi: Sorunlar ve Öneriler. TÜSİAD Yayın No: T/2008-09/469.
- Uslu O, Türkman A (1987). Su Kirliliği ve Kontrolü. T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi. 1987. S: 89.
- Verep B, Serdar O, Turan D, Şahin C (2005). İyidere (Trabzon)’ nin Fiziko Kimyasal Açından Su Kalitesinin Belirlenmesi. Çev – Kor, Cilt: 15, Sayı: 57, 7 – 16.
- Vural H (1993). Ağır Metal İyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler. Çevre Dergisi, Sayı: 8, 3-8.
- Wolf B (1971). Determination of Boron in Soil Extractes Plant Materiels, Compost Manures, Waters and Nutrient Solutions. Soil Science and Plant Analyses, 2 (5): 363 – 374.
- Yıldıztekin M (2007). Muğla Karabağlar Yöresi Kuyu Sularının Sulama Suyu Kalitesi Yönünden Araştırılması. (Y. Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Yurtseven E, Sönmez B (1992). Sulama Sularının Değerlendirilmesi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müd. Yayın No: 181/T-63, sayfa 27-331. Ankara.

## ÖZGEÇMİŞ

05 Nisan 1983 tarihinde Ankara’ da doğdu. İlk ve orta eğitimini tamamladıktan sonra, 2000 yılında Ankara Laborant Meslek Lisesinden mezun oldu. 2002 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesini kazanarak üniversite eğitimine başladı. 2003 yılında Tarım ve Köyişleri Bakanlığı tarafından Laborant ünvanı ile Ankara Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsüne atandı. Görev yaptığı dönem içerisinde 2007 Ocak ayında, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünden mezun oldu. 6 yıl Laborant olarak çalıştıktan sonra TKB Görevde Yükselme ve Unvan Değişikliği sınavını kazanarak 2009 yılı Haziran ayında Ziraat Mühendisi ünvanını aldı ve Erzurum İli Çat İlçe Tarım Müdürlüğüne atandı. Sırasıyla Çat İlçe Tarım Müdürlüğü, Erzurum İli Hınıs İlçe Tarım Müdürlüğü ve Edirne İli Havsa İlçe Tarım Müdürlüğünde çalıştı. 2013 yılı Nisan ayından beri Edirne Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğünde görev yapmaktadır. Evli ve bir çocuk sahibidir.