

T.C.  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**HAKKARİ-MERKEZ SULAMA HAVUZLARINDAKİ SU KALİTESİNİN  
SULAMA AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Kayhan KAÇAR  
DANIŞMAN: Prof. Dr. Şefik TÜFENKÇİ

VAN-2019



T.C.  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**HAKKARİ-MERKEZ SULAMA HAVUZLARINDAKİ SU KALİTESİNİN  
SULAMA AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Kayhan KAÇAR

VAN-2019



## KABUL VE ONAY SAYFASI

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Prof. Dr. Şefik TÜFENKÇİ danışmanlığında, Kayhan KAÇAR tarafından sunulan "Hakkari-Merkez Sulama Havuzlarındaki Su Kalitesinin Sulama Açısından Değerlendirilmesi" isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 29/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği /-oy çokluğu ile başarılı bulunmuş ve yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Yusuf UÇAR

İmza:

Üye: Prof. Dr. Şefik TÜFENKÇİ

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Ü. Fatih Şevki ERKUŞ

İmza:

43 Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 08/07/2019 tarih ve 2019/ sayılı kararı ile onaylanmıştır.





## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Kayhan KAÇAR







## ÖZET

### HAKKARİ-MERKEZ SULAMA HAVUZLARINDAKİ SU KALİTESİNİN SULAMA AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

KAÇAR, Kayhan

Yüksek Lisans Tezi, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Şefik TÜFENKÇİ

Ağustos 2019, 67 sayfa

Bu çalışmada, Hakkari ilinin merkez köylerinde sulama amaçlı kullanılan suların kalite parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda sulama amaçlı kullanılan havuz sularının kalitesi belirlenmiş ve sulama suyu açısından sınıflandırılmıştır. Çalışmada ürün yetiştiriciliğinin yapıldığı (Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül) 2018 tarihlerinde 10 adet sulama havuzundan su örnekleri alınmış ve alınan sulama suyu örneklerinde pH, EC,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $SO_4^{-2}$ ,  $NO_3^{-2}$ ,  $CO_3^{-2}$ ,  $HCO_3^-$  ve Cl analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan yararlanılarak Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR), Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC) ve Sodyum Yüzdesi (% Na) değerleri saptanmıştır. Çalışma sonucunda sulama suyu örneklerinin % 90'ı C<sub>1</sub>S<sub>1</sub> ve % 10'u C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> sulama suyu sınıfında yer almıştır. Sulama sularının büyük çoğunluğu belirlenen sınır değerler arasında yani birinci kalite ve sulamaya uygun çıktığı saptanmıştır. Ancak Akçalı Köyü Kanatlı (1. örnekleme noktası) mevkisindeki havuzun nitrat ( $NO_3^{-2}$ ) ile magnezyum ( $Mg^{+2}$ ) değerleri ve Kırıkdağ Köyü Şişer (3. örnekleme noktası) mevkisindeki havuzun ise potasyum ( $K^+$ ) değeri sınır değeri aşmıştır. Bu duruma kar sularının azotlu bileşikleri su kaynaklarına taşınması, hayvan artıklarının su kaynaklarına karışması ve aşırı derecede gübre ile tarım ilaçlarının kullanılmasının sebep olduğu düşünülmektedir. Suların aylık pH ortalamaları 7.06 - 8.43 arasında değişmektedir. Sulama havuzları genel olarak kirlenmemiş ve sulama açısından uygun kaliteye sahiptir.

**Anahtar kelimeler:** Hakkari, Sulama havuzları, Su kalitesi, Sulama suyu kalitesi.



## ABSTRACT

### EVALUATION OF THE QUALITY OF POOL WATER USED FOR IRRIGATION PURPOSES IN HAKKARİ PROVINCE

KAÇAR, Kayhan

M.Sc.Thesis, Department of Biosystem Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Şefik TÜFENKÇİ

August 2019, 67 pages

In this study, it is aimed to determine the quality parameters of water used for irrigation in the central villages of Hakkari province. In this respect, the quality of pool water used for irrigation purposes was determined and classified in terms of irrigation water. In the study, water samples were taken from 10 irrigation pools in June, July, August and September 2018 when product cultivation was performed, and pH, EC,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{NO}_3^{-2}$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  and  $\text{Cl}^-$  analyzes were performed in the irrigation water samples taken. The values of sodium adsorption ratio, persistent sodium carbonate and sodium percentage were determined by using the results obtained. As a result of the study, 90 % of the irrigation water samples were in  $\text{C}_1\text{S}_1$  and 10 % in  $\text{C}_2\text{S}_1$  irrigation water class. The majority of irrigation water was found to be not only appropriate for irrigation but also first quality water; in other words, between the determined limit values. However, the nitrate and magnesium values of pool located in Akçalı - Kanatlı village ( pool No. 1) and the potassium value of pool located in Kırıkdağ - Şişer village (pool No. 3) exceeded the limit value. This situation is thought to be caused by nitrogen carrying compounds of snow waters to water resources, mixing animal residues to water resources and using fertilizers and pesticides excessively. The monthly pH averages of the waters range from 7.06 to 8.43. Irrigation pools are not generally polluted and have proper quality in terms of irrigation.

**Keywords:** Irrigation pools, Irrigation water quality, Hakkari, Water quality.



## ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasında, her türlü ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Şefik TÜFENKÇİ'ye teşekkür ederim. Ayrıca tez süresince bilgi ve katkılarından dolayı Sayın Doç. Dr. Zehra EKİN, Sayın Dr. Öğr. Ü. Fatih Şevki ERKUŞ, Sayın Araş. Gör. Dr. Talip ÇAKMAKCI ve Sayın Araş. Gör. Caner YERLİ'ye, Hakkari İl Özel İdare Emekli Genel Sekreter Sayın Osman KIZILBAN'a, Şube Müdürüm İbrahim BESİ'ye, teknik desteğini esirgemeyen Serkan TEKÇE'ye ve kıymetli arkadaşım Zehra SEVEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca desteklerini benden esirgemeyen annem Zümeyran KAÇAR, babam Abdulaziz KAÇAR ve kardeşim İrem KAÇAR'a sonsuz teşekkür ederim.

2019

Kayhan KAÇAR



## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ .....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ .....	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	11
3.1. Materyal .....	11
3.1.1. Araştırma alanın konumu .....	12
3.1.2. İklim .....	12
3.1.3. Bölgede tarımsal yapı ve üretim .....	13
3.1.4. Örnekleme noktaları ve özellikleri .....	14
3.1.4.1. Akçalı köyü (Kanatlı) sulama havuzu .....	15
3.1.4.2. Kırıkdağ köyü (Aşağı Derecik) sulama havuzu .....	16
3.1.4.3. Kırıkdağ köyü (Şişer) sulama havuzu.....	17
3.1.4.4. Çimenli köyü (Zorova) sulama havuzu .....	17
3.1.4.5. Çimenli köyü (Karayolları) sulama havuzu .....	18
3.1.4.6. Çimenli köyü (Merkez) sulama havuzu .....	19
3.1.4.7. Üzümcü köyü (Tütünlü) sulama havuzu .....	19
3.1.4.8. Üzümcü köyü (Cemeabbas) sulama havuzu .....	20
3.1.4.9. Üzümcü köyü (Derav) sulama havuzu .....	21
3.1.4.10. Üzümcü köyü (Dağaltı) sulama havuzu .....	21
3.2. Yöntem.....	22
3.2.1. Araştırma süresi .....	22
3.2.2. Su örneklerinin alınması .....	22
3.2.3. Su kalite kriterleri tabloları.....	23
3.2.4. Analiz yöntemleri .....	27

	<b>Sayfa</b>
3.2.4.1. Elektriksel iletkenlik ve pH.....	27
3.2.4.2. Karbonat ve bikarbonat.....	28
3.2.4.3. Sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum .....	29
3.2.4.4. Nitrat, klor, sülfat .....	30
3.2.4.5. Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR).....	30
3.2.4.6. Sodyum yüzdesi (% Na).....	31
3.2.4.7. Kalıcı sodyum karbonat (RSC).....	31
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	33
4.1. Su Örnekleri Analiz Sonuçları .....	33
4.1.1. pH.....	33
4.1.2. Elektriksel iletkenlik.....	34
4.1.3. Klorür .....	37
4.1.4. Kalsiyum.....	38
4.1.5. Magnezyum .....	40
4.1.6. Potasyum.....	42
4.1.7. Sodyum .....	44
4.1.8. Nitrat.....	46
4.1.9. Sülfat .....	48
4.1.10. Karbonat.....	49
4.1.11. Bikarbonat .....	51
4.1.12. Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR).....	53
4.1.13. Sodyum yüzdesi (% Na) .....	55
4.1.14. Kalıcı sodyum karbonat (RSC).....	56
5. SONUÇ.....	59
KAYNAKLAR.....	63
ÖZ GEÇMİŞ.....	67



## ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3. 1. Hakkari iline ait meteorolojik veriler (Anonim, 2018d). ....	13
Çizelge 3. 2. Hakkari ilinin arazi kullanım durumu (Anonim, 2018e).....	14
Çizelge 3. 3. Hakkari ilinin tarımsal üretim dağılımı (Anonim, 2018e). ....	14
Çizelge 3. 4. Su örneklerinin alındığı havuzlara ilişkin bilgiler. ....	15
Çizelge 3. 5. Kıtaiçi yerüstü su kaynaklarına göre kalite kriterleri (Anonim, 2015). ....	23
Çizelge 3. 6. USSL (1954) sulama suyu sınırlarına ilişkin ölçüt ve bilgiler (SAR - EC). ....	25
Çizelge 3. 7. Scofield (1936) yöntemine göre sulama suyu sınıf kriterleri. ....	26
Çizelge 3. 8. Christiansen ve ark. (1977) yöntemine göre sulama suyu sınıf kriterleri. ....	27
Çizelge 3. 9. Eaton (1950) yöntemine göre RSC sınıflaması. ....	27
Çizelge 3. 10. Ayers ve Westcot (1989) yöntemine göre nitrat sınıflaması. ....	27
Çizelge 3. 11. Sulama havuzları aylara bağlı SAR değerleri (me/L). ....	53
Çizelge 4. 1. Sulama havuzları aylara bağlı pH değerleri. ....	33
Çizelge 4. 2. Sulama havuzları aylara bağlı EC değerleri ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). ....	35
Çizelge 4. 3. Sulama havuzları aylara bağlı klorür değerleri (me/L). ....	37
Çizelge 4. 4. Sulama havuzları aylara bağlı kalsiyum değerleri (me/L). ....	39
Çizelge 4. 5. Sulama havuzları aylara bağlı magnezyum değerleri (me/L). ....	41
Çizelge 4. 6. Sulama havuzları aylara bağlı potasyum değerleri (me/L). ....	43
Çizelge 4. 7. Sulama havuzları aylara bağlı sodyum değerleri (me/L). ....	45
Çizelge 4. 8. Sulama havuzları aylara bağlı nitrat değerleri (me/L). ....	46
Çizelge 4. 9. Sulama havuzları aylara bağlı sülfat değerleri (me/L). ....	48
Çizelge 4. 10. Sulama havuzları aylara bağlı karbonat değerleri (me/L). ....	50

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 4. 11. Sulama havuzları aylara bağlı bikarbonat değerleri (me/L).....	52
Çizelge 4. 12. Sulama havuzları aylara bağlı sodyum yüzdesi (% Na) değerleri (me/L).....	55
Çizelge 4. 13. Sulama havuzları aylara bağlı RSC değerleri (me/L). ....	57



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3. 1. Su örneklerinin alındığı köyler.....	11
Şekil 3. 2. Hakkari ilinin genel bir görünümü. ....	12
Şekil 3. 3. Sulama havuzu örnekleme noktası (Akçalı Köyü - Kanatlı).....	16
Şekil 3. 4. Sulama havuzu örnekleme noktası (Kırıkdağ Köyü - Aşağı Derecik). ....	16
Şekil 3. 5. Sulama havuzu örnekleme noktası (Kırıkdağ Köyü - Şişer).....	17
Şekil 3. 6. Sulama havuzu örnekleme noktası (Çimenli Köyü - Zorova).....	18
Şekil 3. 7. Sulama havuzu örnekleme noktası (Çimenli Köyü - Karayolları). ....	18
Şekil 3. 8. Sulama havuzu örnekleme noktası (Çimenli Köyü - Merkez). ....	19
Şekil 3. 9. Sulama havuzu örnekleme noktası (Üzümcü Köyü - Tütünlü).....	20
Şekil 3. 10. Sulama havuzu örnekleme noktası (Üzümcü Köyü - Cemeabbas). ....	20
Şekil 3. 11. Sulama havuzu örnekleme noktası (Üzümcü Köyü - Derav).....	21
Şekil 3. 12. Sulama havuzu örnekleme noktası (Üzümcü Köyü - Dağaltı).....	22
Şekil 3. 13. SAR ve EC değerlerine göre sulama suyu sınıflandırmasında kullanılan değiştirilmiş USSL (1954) abağı (Kanber ve Ünlü, 2014). ....	26
Şekil 3. 14. Dijital göstergeli pH ve iletkenlik ölçme cihazı. ....	28
Şekil 3. 15. Karbonat ve bikarbonatın tayininde titrasyon amacıyla kullanılan cihaz. ..	28
Şekil 3. 16. Sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum ölçümünde kullanılan ICP - MS (Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometer ) cihazı. ....	29
Şekil 3. 17. Nitrat, klor ve sülfat ölçümünde kullanılan IC (İyon Kromatografi) cihaz. 30	
Şekil 4. 1. pH'ın 2018 yılında aylara göre değişimi. ....	34
Şekil 4. 2. Elektriksel iletkenliğin (EC) 2018 yılı aylara göre değişimi ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). ....	36
Şekil 4. 3. Klorün 2018 yılı aylara göre değişimi ( $\text{me}/\text{L}$ ).....	38

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 4. 4. Kalsiyumun 2018 yılı aylara göre değişimi (me/L). .....	40
Şekil 4. 5. Magnezyumun 2018 yılı aylara göre değişimi (me/L). .....	41
Şekil 4. 6. Potasyumun 2018 yılı aylara göre değişimi (me/L). .....	43
Şekil 4. 7. Sodyumun 2018 yılı aylara göre değişimi (me/L).....	45
Şekil 4. 8. Nitratın 2018 yılı aylara göre değişimi (me/L). .....	47
Şekil 4. 9. Sülfatın 2018 yılı aylara göre değişimi (me/L). .....	49
Şekil 4. 10. Karbonatın 2018 yılı aylara göre değişimi (me/L). .....	51
Şekil 4. 11. Bikarbonatın 2018 yılı aylara göre değişimi (me/L). .....	52
Şekil 4. 12. SAR'ın 2018 yılı aylara göre değişimi (me/L).....	54
Şekil 4. 13. Sodyum yüzdesinin (% Na) 2018 yılı aylara göre değişimi (me/L).....	56
Şekil 4. 14. Kalıcı sodyum karbonatın (RSC) 2018 yılı aylara göre değişimi (me/L)...	58

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
<b>Al</b>	Alüminyum
<b>As</b>	Arsenik
<b>B</b>	Bor
<b>C<sub>1</sub></b>	1. Sınıf su
<b>C<sub>1</sub>S<sub>1</sub></b>	Düşük tuzlu ve düşük sodyumlu sular
<b>C<sub>2</sub></b>	2. Sınıf su
<b>C<sub>2</sub>S<sub>1</sub></b>	Kısmen düşük tuzlu ve düşük sodyumlu sular
<b>C<sub>3</sub></b>	3. Sınıf su
<b>C<sub>3</sub>S<sub>1</sub></b>	Orta tuzlu ve düşük sodyumlu sular
<b>Ca</b>	Kalsiyum
<b>Cd</b>	Kadmiyum
<b>Cl</b>	Klor
<b>CO<sub>3</sub></b>	Karbonat
<b>Cr</b>	Krom
<b>Cu</b>	Bakır
<b>ds/m</b>	Decisiemens/metre
<b>E</b>	Karbonat veya bikarbonat iyonun eş değer ağırlığı
<b>EC</b>	Elektriksel iletkenlik
<b>F</b>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> çözeltisinin faktörü
<b>Fe</b>	Demir
<b>ha</b>	Hektar
<b>HCO<sub>3</sub></b>	Bikarbonat
<b>Hg</b>	Cıva
<b>K</b>	Potasyum

**Simgeler****Açıklama**

<b>km</b>	Kilometre
<b>km<sup>2</sup></b>	Kilometre kare
<b>km<sup>3</sup></b>	Kilometre küp
<b>m</b>	Metre
<b>m/sn</b>	Metre/saniye
<b>m<sup>3</sup></b>	Metre küp
<b>me/L</b>	Litrede miliekivalan
<b>Mg</b>	Magnezyum
<b>mg/L</b>	Litrede miligram
<b>mm</b>	Milimetre
<b>Mn</b>	Mangan
<b>N</b>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> çözeltisinin normalitesi
<b>Na</b>	Sodyum
<b>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	Sodyum karbonat
<b>Ni</b>	Nikel
<b>NO<sub>3</sub></b>	Nitrat
<b>Pb</b>	Kurşun
<b>pH</b>	Hidrojen iyonu konsantrasyonunun negatif logaritması
<b>PI</b>	Çökelme indeksi
<b>ppm</b>	Milyonda bir kısım
<b>S</b>	Titrasyonda harcanan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> çözeltisinin miktarı (ml)
<b>S<sub>1</sub></b>	1. Sınıf su
<b>S<sub>2</sub></b>	2. Sınıf su
<b>SO<sub>4</sub></b>	Sülfat
<b>Zn</b>	Çinko
<b>% Na</b>	Yüzde sodyum
<b>%</b>	Yüzde
<b>'</b>	Dakika

**Simgeler****Açıklama**

"

Saniye

° C

Santigrat derece

°

Derece

 $\mu\text{mhos/cm}$ 

Mikromhos/santimetre

 $\mu\text{s/cm}$ 

Mikrosiemens/santimetre

**Kısaltmalar****Açıklama****ABD**

Amerika Birleşik Devletleri

**EN**

Avrupa standartları

**ET**

Etkin tuzluluk

**IC**

İyon kromatografi

**ICP- MS**

Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometer

**ISO**

Uluslararası standart organizasyonu

**KOİ**

Kimyasal oksijen ihtiyacı

**RSC**

Kalıcı sodyum karbonat

**SAR**

Sodyum adsorbsiyon oranı

**TS**

Türk standartları

**USSL**

Amerika Birleşik Devletleri Tuzluluk Laboratuvarı





## 1. GİRİŞ

Su, günümüzde en önemli doğal kaynaklardan biridir. Dünyadaki toplam su miktarı 1.4 milyar  $\text{km}^3$  olup, bu suların % 97.5'i okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su, % 2.5'u ise nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunmaktadır. Tatlı su kaynaklarının da % 90'ı buzul veya yeraltı suyu halindedir (Anonim, 2018a).

Türkiye su varlığı açısından değerlendirildiğinde; yıllık yaklaşık 643 mm yağış almakta, bu da yılda ortalama 501 milyar  $\text{m}^3$  suya tekabül etmektedir. Bu suyun 274 milyar  $\text{m}^3$ 'ü toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar vasıtasıyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar  $\text{m}^3$ 'lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar  $\text{m}^3$ 'lük kısmı ise akışa geçerek türlü büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere dökülmektedir. Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar  $\text{m}^3$ 'lük suyun 28 milyar  $\text{m}^3$ 'ü pınarlar aracılığıyla yerüstü suyuna yeniden katılmaktadır. Ayrıca komşu ülkelerden ülkemize gelen yılda yaklaşık 7 milyar  $\text{m}^3$  su bulunmaktadır. En sonunda ülkemizin brüt yerüstü suyu potansiyeli 193 milyar  $\text{m}^3$  olmaktadır (Anonim, 2018a).

Yaşamı sağlıklı bir biçimde devam ettirmek için su insan hayatında çok önemli bir gereksinimdir. Ülkemizin toplam su potansiyeli zaman geçtikçe azalmakta ve kişi başına tekabül eden su miktarı yıldan yıla azalmaktadır (Turan ve Eren, 2008). Türkiye'de 2016 yılında kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1.519  $\text{m}^3$  civarındadır. Kişi başına düşen yıllık su miktarına göre ülkemiz su azlığı yaşayan bir ülke konumundadır (Çakmakçı ve ark., 2016). Günlük kullanılan suların çoğunu nehirler ve göller oluşturduğundan, bu su kaynaklarının kirletilmesi su azlığının ortaya çıkmasını kolaylaştıracaktır. Zaten kıt olan bu kaynakların korunarak su ihtiyaçların kaynaklardan sağlanması amaçlanmalıdır (Anonim, 2016).

Yeryüzündeki su kaynakları doğal veya yapay yollarla kirletilmektedir. Doğal kirleticilerden biri kireçtaşıdır. Yağmur suyu ile aşınan kireç taşındaki magnezyum ve kalsiyum mineralleri yüzey suları ile yeraltı sularına karışmakta ve bu suların sertliğini artırmaktadır. Yapay kirleticilerden bazıları endüstriyel atık, evsel atık ve tarımda bilinçsiz gübre ile ilaç kullanımınıdır (Kaykıoğlu ve Ekmekyapar, 2005). Suların kirlenmesinde yapay kirleticilerden biri olan gübreden kaynaklı kirlilik içerisinde

üzerinde en çok durulan nitrat ( $\text{NO}_3^{-2}$ ) kirliliğidir. Zira nitrat, birçok kimyasal gübrenin ana bir bileşimidir. Aşırı gübre kullanımına bağlı olarak toprakta biriken nitrat yıkanarak toprak derinliğine hareket etmekte ve bir kısmı yeraltı ile yerüstü sularına erişmektedir (Kaplan ve ark., 1999).

Suyun genel kullanım amaçları; içme ve kullanma, hayvan su ihtiyacı, tarımsal sulama, sucul hayat ve balık yetiştiriciliği, endüstriyel ihtiyaç, rekreasyon, su taşımacılığı vb. olarak sıralanabilir. Kullanım amaçları açısından suyun sahip olduğu fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerin tümüne “su kalitesi” adı verilmektedir. Hangi alanda sudan faydalanılacaksa o alanla ilgili kalite kavramından söz edilir (Yalçın ve Gürü, 2002; Çetinkaya, 2003).

Tarımsal üretimde verim artışı ve verim kalitesini artırmakta, sulamanın önemi bilinen bir hakikattir. Modern sulamada sulama suyu miktarı, sulama zamanı ve sulama yöntemi kadar sulama suyunun kalitesi de önemlidir. Kaliteyi etkileyen en önemli etmenlerden biri de tuzluluktur. Yeterli ve iyi kalitede su bulunamayınca, sulama açısından uygun olmayan tuzlu sular ve drenaj suları sulamada kullanılmaktadır. Bu da tuzluluk problemini artırmaktadır (İşcan ve ark., 2001).

Sulama suyunun dinamik bir biçimde kullanılması, bitkinin su tüketimine göre sulanmasını gerektirir. Ayrıca suyun az olduğu bölgelerde hem su tasarrufu yapmak hem de aşırı su ile bitkiye ve toprağın yapısına zarar vermemek için bitkinin su tüketimi hesaplanıp suyun kontrollü ve düzenli bir biçimde verilmesi sağlanmalıdır (Şahin, 2005).

Hakkari bölgesinde yıllık yağış ortalaması 791.7 mm'dir. Yağışların büyük çoğunluğu ilkbahar ve sonbahar aylarında görülmektedir. Yaz aylarında özellikle bitki büyüme devresinde yağış oranının büyük bir oranda azalması bölge tarımı için su kaynaklarının önemini artırmaktadır. Bu yüzden Hakkari bölgesinde sürdürülebilir tarım için sulama zorunlu olmaktadır. Fakat bölgede bu gereksinimi karşılayabilecek yerüstü ve yeraltı su kaynakları potansiyeli, kalitesi ve tarımda kullanılan sulama yöntemleri ile alakalı araştırma ve çalışmaların azlığı çalışmaların önemini daha da artırmaktadır.

Bu çalışmada, Hakkari merkez köylerinde mevcut olan havuzların, sulama açısından su kalitesinin tespiti amaçlanmıştır. Bunun için 10 farklı (Akçalı köyüne bağlı Kanatlı; Kırıkdağ köyüne bağlı Aşağı Derecik, Şişer; Çimenli köyüne bağlı Merkez, Zorova, Karayolları; Üzümcü köyüne bağlı Cemeabbas, Dağaltı, Derav ve Tütünlü)

yerden alınan su örneklerinde birtakım değişkenler pH, elektriksel iletkenlik (EC), potasyum ( $K^+$ ), kalsiyum ( $Ca^{+2}$ ), magnezyum ( $Mg^{+2}$ ), karbonat ( $CO_3^{-2}$ ), bikarbonat ( $HCO_3^-$ ), klor ( $Cl^-$ ), sodyum ( $Na^+$ ), nitrat ( $NO_3^{-2}$ ) ve sülfat ( $SO_4^{-2}$ ) incelenmiş ve bu su kaynaklarının sulamada kullanılabilirliği değerlendirilmiştir.





## 2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Zengin (1992), 1991 yılında Konya ovasında yerüstü ve yeraltı sulama sularının tarımda kullanılması üzerinde yaptığı çalışmada; Akşehir göl suyunun tarımda kullanılmaması gerektiği, Hotamış göl suyu ve Yukarı Pınarbaşı köyü yeraltı suyunun sulamada kullanıldığı takdirde dikkat edilmesi gerektiği, Beyşehir Gölü, Çavuşçu Gölü, İvriz, May, Apa, Altınapa Barajları ve Göksu nehri sulamada kullanılabileceğini saptamıştır.

Yıldırım (1992), Konya Ereğli - İvriz sağ sahil sulama şebekesinde su azlığından dolayı yeraltı suyunda yaptığı çalışmada, suyun sulama için uygun olmadığını ifade etmiştir.

Yurtsever ve Sönmez (1992), tarımda kullanılan suların kalitesini tayin etmek sadece bu suların kimyasal analizlerini yapmakla yeterli olmayacağını, bu suların kullanılacağı ortam şartlarının da göz önünde bulundurulması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Kaplan ve ark. (1999), Antalya - Kumluca kuyu sularında yaptığı bir araştırmada, nitrat kirlenmesinin önemli bir düzeyde olduğunu belirtmişlerdir. Kuyu sularının içilmesinin önlenmesi ve daha geniş kapsamlı araştırmaların yapılması gerektiğini vurgulamışlardır.

İşcan ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada, sulama sularının tarımsal açıdan uygunluğunun belirlenmesinin drenaj koşullarına, bitki çeşidine ve suyun kalitesine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca sulama suyun kalitesinin tespit edilmesindeki değişkenin suda erimiş halde bulunan tuz miktarı olduğunu bildirmişlerdir.

Güllüoğlu (2006), Harran Ovası yeraltı suyu kalitesinin belirlenmesi için yaptığı çalışmada; 21, 22, 23 ve 24'üncü örnekleme noktalarında sulama suyunun tüm aylarda kullanılmasının uygun olduğu ancak tuzluluk oranı fazla olduğu için tuza karşı dayanıklı bitkiler seçilmesi gerektiğini; 9, 10, 11, 12, 13, 14, 19 ve 20'nci örnekleme noktalarında sulama suyunun tüm aylarda kullanılmasının uygun olduğu; 16, 17 ve 18'inci örnekleme noktalarının sulama suyunun tüm aylarda kullanılmasının uygun olmadığını fakat sulamada kullanılması durumunda şartlara uygun bitki seçilmesi gerektiğini; 15. örnekleme noktasında sulama suyunun tüm aylarda koşullu olarak

kullanılmasının uygun olduğu; 6, 7 ve 8'inci örnekleme noktalarında sulama suyunun ekim ve kasım aylarında sakıncalı, geri kalan diğer aylarda ise kullanılmasının uygun olduğu; 5. örnekleme noktasında sulama suyunun kullanılmasının tüm aylarda tuzlanma tehlikesine neden olacağı; 2, 3 ve 4'üncü örnekleme noktalarında sulama suyunun (Kasım ve Ekim ayları haricinde) kullanılmasında tuzlanma tehlikesinin olmayacağına; 1. örnekleme noktasında ise sulama suyunun kullanılmasının tuzlanmaya sebep olabileceğini belirtmiştir.

Ayrancı (2006), Muğla Ortaca yöresinde yaptığı çalışmada, sulama suyunun klor değerleri istenen aralıkların üstünde bulunmuş ve bu nedenle klor yönünden dayanaklı bitkilerin tercih edilmesi gerektiğini ifade etmiştir.

Bozkurt ve Özekici (2006), bitkilere damla sulama sistemiyle besin maddelerinin verilmesi, sulama sularında bulunan mikro elementlerin eriyebilir tuzlar ile etkileşime geçeceğinin bilinmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Arslan ve ark. (2007), Bafra Ovası'nda yapmış oldukları çalışmada; sondaj kuyularından 1 tanesinin yüksek tuzlu ve düşük sodyumlu, 2 tanesinin yüksek tuzlu ve orta sodyumlu, 1 tanesinin çok yüksek tuzlu ve orta sodyumlu, 1 tanesinin yüksek tuzlu ve orta sodyumlu ve 5 tanesinin de çok yüksek tuzlu ve çok yüksek sodyumlu olduğunu saptamışlardır. Bölgede kontrollü bir sulamanın yapılması ve aynı zamanda tuza dayanaklı bitkilerin yetiştirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Küçük (2007), Büyük Menderes nehrinde yapmış olduğu çalışma sonunda; nehir suyunun genel olarak kirli olduğu ancak kirli olmasına karşın, nehrin kimi kısımlarının birinci sınıf su kalitesine sahip olduğunu belirtmiştir. Uzun vadede küçük işletmelerin arıtma tesisi kurmaları gerektiğini ifade etmiştir.

Varol ve ark. (2008), sulara var olan önemli parametrelerin sodyum ( $\text{Na}^+$ ), potasyum ( $\text{K}^+$ ), kalsiyum ( $\text{Ca}^{+2}$ ), magnezyum ( $\text{Mg}^{+2}$ ), klor ( $\text{Cl}^-$ ), sülfat ( $\text{SO}_4^{-2}$ ), karbonat ( $\text{CO}_3^{-2}$ ) ve bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) olduğunu belirtmişlerdir. Yeraltında bulunan suların farklı bileşimli kayalarla sürekli temas halinde bulunduğunu ve suda erime seviyelerine göre az veya çok ölçüde erimiş maddenin suya karıştığını ifade etmişlerdir.

Karadavut (2009), Aksaray bölgesinde yerüstü ve yeraltı su kaynaklarında yaptığı çalışmada, yerüstü su kaynaklarının  $\text{C}_2\text{S}_1$  ve yeraltı su kaynaklarının ise  $\text{C}_2\text{S}_1$  ve  $\text{C}_3\text{S}_1$  sulama sınıfında yer aldığını bildirmiştir.

Dönmez (2010), Konya - Ilgın Çavuşçu Gölü sulama kanalında yürüttüğü çalışmada, sulama suyunun SAR, RSC ve % Na değerleri sulamaya uygun görüldüğünü fakat kanalın çevresinde bulunan şeker fabrikasının çalışma dönemlerinde suyun kalitesini düşürdüğünü ve bu nedenle gerekli önlemlerin alınması gerektiğini belirtmiştir.

Anbarcı (2010), Edirne Keşan ilçesinde Sebzelerin sulanmasında kullanılan sulama sularının kalitelerinin belirlenmesi için 12 kaynaktan sulama sezonu boyunca (Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos) su örneği almıştır. Yaptığı çalışma sonunda; pH değerlerinin 6.26 - 7.98, EC değerlerinin 660 - 1339  $\mu\text{mhos/cm}$ , SAR değerlerinin ise 1.17 - 3.88 arasında belirlendiğini ve bu değerlerin yüksek tuzlu - düşük sodyumlu sulama suyu sınıfında olduğunu belirtmiştir. Suyun sulamada kullanılması durumunda ileriki zamanlarda toprakta tuzlulaşmaya sebebiyet vereceğinin bilinmesi gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca PI (Çökelme indeksi) açısından bazı sulama suları örneklerinin uzun vadede kullanılmaması gerektiğini aksi takdirde toprakta alkalileşmeye sebep olabileceğini bildirmiştir.

Çalışkan (2010), tarımda kullanılan sulama sularının kalitesine etki eden parametrelerin pH ile elektriksel iletkenlik (EC) olduğunu ve özellikle elektriksel iletkenlik (EC) açısından yüksek değerlere sahip suların kullanılması neredeyse imkansız olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle sulama suyu kalitesi belirlenirken özellikle pH ve EC miktarı, ilk bakılması gereken parametreler olduğunu belirtmiştir.

Yavuz (2011)'e göre nitrat ( $\text{NO}_3^{-2}$ ), sularında mevcut azot bileşiklerinin en önemlisidir. Yeraltı sularında çözülmüş nitrat ( $\text{NO}_3^{-2}$ ) miktarı, tarımsal etkinlik ve evsel atıkların toprağa ya da toprağın altındaki boşluklara verilmesi gibi sebeplerle gittikçe arttığını belirtmiştir. Tarımsal üretimin yapıldığı yerlerde nitrat ( $\text{NO}_3^{-2}$ ) değerlerinin azot gübrelemesinden dolayı artan düzeylerde olduğunu saptamıştır. Nitrat iyonunun bir kısmının bitkiler tarafından alındığını, bir kısmının denitrifikasyona uğradığını ve geri kalan kısmının ise taban suyuna veya yüzey akışla akarsu, göl ve denizlere karıştığını bildirmiştir.

Okumuş (2011), Konya - Ereğli İvriz Sağ Sahil Sulama Birliğinde su kaynaklarında yaptığı kalite çalışmasında, sulama sularının pH değerlerinin 7.05 - 7.56 arasında, elektriksel iletkenlik değerlerinin ise 820 - 4103  $\mu\text{mhos/cm}$  arasında değiştiğini ve sulama suyu olarak kullanılmasının uygun olduğunu belirtmiştir. Kuyu

sularının çoğunun tuzlu ve yüksek tuzlu olmasına rağmen tarım arazilerinde benzer özellikte tuzluluk görülmediğini ve bunun sebebinin de, açık drenaj hendek ve kanalların bulunması, toprakların geçirgen yapıya sahip olması, arpa ve şeker pancarı tarımının yaygın yapılması olduğunu ifade etmiştir.

Aksoy (2012), Iğdır Bulakbaşı suyunda yaptığı çalışmada; suyun içme, kullanma ve sulama açısından uygun olduğu ve bu nedenle yönetim planlarının yapılması gerektiğini belirtmiştir.

Yetiş (2013)'e göre, sulama sularında pH önemlidir ve genel olarak pH 9'u geçmemelidir. Toplam iyon miktarı 7.5 me/L'den az olan suların, genellikle her çeşit sulamaya uygun olduğunu bildirmiştir. Ancak iyon miktarı yükseldikçe suyun sulamada kullanılabilirliğinin azaldığını ve bu miktarın 22.5 me/L'yi aştığı zaman sulama için elverişli olmadığını belirtmiştir.

Demir (2013), Silifke Ovası seracılık işletmelerinde kullanılan suların kalitesini belirlemek için yürüttüğü çalışmada; tuza orta düzeyde dayanıklı bitkilerin kullanılmasıyla C<sub>2</sub> sınıfına giren suların sulama suyu olarak kullanılabileceğini ve drenaj sorunu olmayan geçirgen topraklarda ise C<sub>3</sub> sınıfında yer alan suların sulama suyu olarak kullanılabileceğini saptamıştır. Aynı çalışmada denize yakın mevkilerde sulama suyunun EC değerlerinin yüksek çıkmasının, yeraltı sularına deniz suyunun karışması olabileceğini belirtmiştir.

Yinanç (2013), Kahramanmaraş Sağ Sahil sulama alanında yeraltı sularının kalitesini belirlemek için yürüttüğü çalışmada; sularda EC, pH, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>+2</sup>, CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-2</sup> ve B analizleri yapmıştır. Numune sonuçlarında suların % 83'ü C<sub>2</sub>S<sub>1</sub>, % 17'sinin ise C<sub>3</sub>S<sub>1</sub> sulama suyu kategorisine yer aldığı ve suda hafif tuzlanma eğiliminin olduğunu saptamıştır. Ayrıca suda kirlilik ve tuzluluk saptandığı için su kaynağını mümkün olduğunca kullanmaktan kaçınılması gerektiğini, kullanılacaksa da denetimli bir biçimde ve belirli sürelerde suların analizlerinin yapılması gerektiğini bildirmiştir.

Aydoğan (2013)'e göre kalıcı sodyum karbonat değerleri (RSC), sulama sularının sınıflandırılmasında bazı araştırmacılar tarafından önerilen bir parametredir. Sularda bulunan karbonat ve bikarbonat iyonları ile kalsiyum ve magnezyum iyonları arasındaki farka bakılarak sodyum karbonat hakkında bilgi edildiğini ifade etmiştir.



Cerit (2014), Sivas ili Hafik ilçesinde yaptığı çalışmada, sulamada kullanılan suların az tuzlu ve orta tuzlu olduğunu ve suların  $C_1S_1$  ve  $C_2S_1$  sınıfına girdiğini saptamıştır. Çalışma sonunda, bu suların çiftçiler tarafından kullanılırken özenli olunması ve suyun zamanla toprakta sodyum birikmesine sebep olabileceğinin bilinmesi gerektiğini belirtmiştir.

Kanber ve Ünlü (2014), yaptıkları çalışmada, suların kirlenmesine neden olan etkenlerin doğrudan kirletici ve dolaylı kirletici olmak üzere 2'ye ayrıldığını belirtmişlerdir. Doğrudan kirletici etmenlerin endüstriyel atıklar, inorganik maddeler, katkı maddeleri ve hayvansal atıklar olduğunu; dolaylı kirletici etmenlerin ise, deniz veya göllerin petrol ürünleriyle kirlenmesi, gübreli ve ilaçlı suların su kaynaklarına karışması ve onarım - bakım atölyeleri ile otoparklardan gelen kirlilikler olduğunu bildirmişlerdir.

Bulum (2015), Van Bendimahi Çayı'nda Aralık 2012 - Kasım 2013 tarihleri arasında yürüttüğü çalışmada; Bendimahi Çayının içme suyuna ve tarımsal sulamaya uygun olduğunu saptamıştır. Ancak yapılmış veya yapılacak araştırmaların derlenip uygun idare planlarının ifa edilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Güngör (2015), suların elektriksel iletkenlik (EC) değerlerine göre 4 sınıfta incelendiğini bildirmiştir. Birinci sınıf ile ikinci sınıf suların sulamada kullanılmasının uygun olduğunu, üçüncü sınıf suların sulama da kullanılabileceği; ancak drenajın kötü olduğu veya yıkamanın yapılmadığı yerlerde tuzluluk sorununu ortaya çıkarabileceği ve dördüncü sınıf suların ise sulamada kullanımının az olduğu ve bu sınıftaki sular ile sulama yapılacaksa; ancak tuza dayanıklı olan bitkilerin seçilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Bayram (2016), Ocak - Aralık 2013 tarihleri arasında Van Gölü'ne dökülen Güzelkonak (Arpıt) Deresi'nde su sıcaklığı, pH, elektriksel iletkenlik, çözülmüş oksijen, oksijen doymuşluğu, tuzluluk, bulanıklık, renk, koku, kalsiyum, magnezyum, toplam sertlik, klorür, karbonat, bikarbonat, toplam alkalinite, nitrit, nitrat, amonyum, amonyak, sülfat, fosfor, potasyum, alüminyum, demir, mangan, bakır, çinko, krom, siyanür ve florür değişkenlerini incelemiştir. Çalışma sonunda Güzelkonak deresinin sulama suyu, içme suyu ve balıkçılık için uygun olduğunu tespit etmiştir. Fakat su takibinin ve idare planlarının yapılması gerektiğini belirtmiştir.

Çerçioğlu ve ark. (2017), Simav yöresi seralarında yürüttükleri çalışmada, seralar için kullanılan sulama sularının uygun olduğunu saptamışlardır. Ancak suyun

kontrol altında olması gerektiği ve bitki seçiminde de dikkatli olunması gerektiğini ifade etmişlerdir. Aynı zamanda sera toprakları için iyi yanmış ahır gübresi kullanılmasının önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Alpözen (2017), Konya - Sarayönü Gözlü Tarım İşletmesi Müdürlüğü'ne ait sulu tarım alanlarındaki su kaynaklarında yürüttüğü çalışmada, sulama sularının pH değerlerinin 6.08 - 7.45, EC değerlerinin ise 1071 - 1989  $\mu\text{mhos/cm}$  arasında belirlendiğini ve bu değerlerin ABD Tuzluluk Laboratuvarı Sınıflandırma sistemine göre C<sub>3</sub>S<sub>1</sub> sulama suyu sınıfında (yüksek tuzlu) olduğunu belirtmiştir.

Şenel (2017), Antalya Boğa Çayı'nın kirlilik düzeyi ve su kalitesini belirlemek için 2016 ve 2017 yıllarında yürüttüğü çalışmada, su numunelerinin nitrat ( $\text{NO}_3^{-2}$ ), karbonat ( $\text{CO}_3^{-2}$ ), bikarbonat ( $\text{HCO}_3^{-}$ ), sülfat ( $\text{SO}_4^{-2}$ ), klor ( $\text{Cl}^-$ ), elektriksel iletkenlik (EC), pH, toplam azot (N), fosfor (P), potasyum (K), magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca), sodyum (Na), bor (B), demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu), mangan (Mn), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), nikel (Ni), krom (Cr), arsenik (As) ve cıva (Hg) özelliklerine bakılmıştır. Sonuç olarak, Boğaçayı'nda kritik bir kirliliğin görülmediği fakat suyun belli aralıklarla gözlemlenmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Asri ve ark. (2018), meyve ağaçlarından uzun süre verim almak için bahçe projeleri tesis etmeden önce iklim uygunluğu, toprak özellikleri, taban suyu, drenaj ve su kalitesi gibi verime etki eden faktörlerin bilinmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Sayılan faktörler arasında en göz ardı edilenin de sulama suyu kalitesi olduğunu ifade etmişlerdir.

Nazar (2018), elektriksel iletkenlik (EC) suyun elektrik akımını iletmesi temeline dayandığı ve sularda çözünmüş katılardaki değişimi ifade ettiğini belirtmiştir. Toplam Çözünmüş Katılar (TDS)'in, iletkenlik değerinin 0.55 - 0.75 aralıklardaki bir etkenle çarpılmasıyla bulunduğunu belirtmiştir. Aynı zamanda sularda iletkenlik derecesinin sularda var olan iyon sayısı üzerinde bilgi verdiğini bildirmiştir.

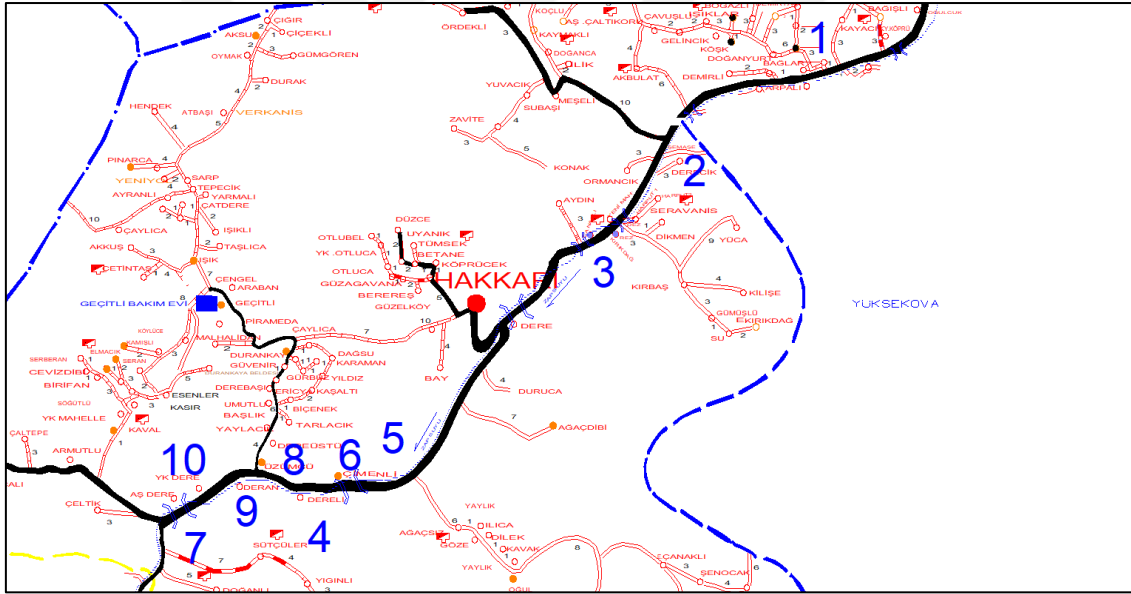
Akaroğlu ve Seferoğlu (2018), su kalitesinin çilek üzerindeki etkisini öğrenmek için yaptıkları çalışmada; su kalitesinin zamana bağlı olarak değiştiğini gözlemlemişlerdir. Su kalitesinin azaldığı zamanlarda, çileğin yapraklarında toksit etkiler oluştuğunu ve bu nedenle suda kirlilik nedenlerinin belirlenip ortadan kaldırılması, kimyasal atıkların arındırılmadan nehre verilmemesi ve tarımda kontrolsüz kimyasal gübre kullanımının önüne geçilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu kısımda araştırma alanı ve yararlanılan yöntemler hakkında genel bilgiler verilmiştir.

#### 3.1. Materyal

Çalışma materyalini Hakkari merkeze bağlı köylerde daha önce belirlenmiş 10 adet sulama havuzundan, sulamanın yapıldığı sezon içerisinde (Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül aylarında) alınan su örnekleri oluşturmaktadır. Su örneklerinin alındığı noktalar (köyler) Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3. 1. Su örneklerinin alındığı köyler.

1. Akçalı Köyü (Kanatlı)
2. Kırıkdağ Köyü (Aşağı Derecik)
3. Kırıkdağ Köyü (Şişer)
4. Çimenli Köyü (Zorova)
5. Çimenli Köyü (Karayolları)
6. Çimenli Köyü (Merkez)
7. Üzümcü Köyü (Tütünlü)
8. Üzümcü Köyü (Cemeabbas)
9. Üzümcü Köyü (Derav)
10. Üzümcü Köyü (Dağaltı)

### 3.1.1. Araştırma alanının konumu

Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Hakkari Türkiye topraklarının % 0.92'sini oluşturmaktadır. Hakkari ili, 42°, 10' ve 44°, 50' doğu boylamları ile 36°, 57' ve 37°, 48' kuzey enlemleri arasında yer alır. Deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 1720 m'dir. Kuzeyde Van, doğusunda İran, batısında Şırnak, güneyinde Irak ile çevrili Hakkari ilinin yüzölçümü 7228 km<sup>2</sup>'dir (Anonim, 2018b). Hakkari ilinin genel bir görünümü Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 2. Hakkari ilinin genel bir görünümü.

### 3.1.2. İklim

Hakkari ilinde karasal iklimin etkisi görülmektedir. Bölge de kışlar uzun, sert ve soğuk; yazlar ise kısa, kurak ve sıcak geçmektedir. Hakkari'nin yıllık yağış ortalaması 791.7 mm'dir. Yağışlar en fazla mart ve nisan aylarında, en az ise temmuz ve ağustos aylarında düşmektedir. Bölge de ortalama yüksek sıcaklık 30.7 °C ile temmuz ve ağustos aylarında, ortalama düşük sıcaklık ise -8.40 °C ile ocak ayında yaşandığı görülmektedir. Hakkari'nin hakim rüzgarları, güney - güneydoğuda esen (kible-keşişleme), güney - güneybatıdan esen (kible - lodos) ve bunu kuzeybatıdan esen karayel izlemektedir. Bölgede ortalama rüzgar hızı 1.1 m/sn ile 2.1 m/sn'dir. Hakkari

iline ait bazı meteorolojik veriler Çizelge 3.1’de gösterilmiştir (Anonim, 2018c; Anonim, 2018d).

Çizelge 3. 1. Hakkari iline ait meteorolojik veriler (Anonim, 2018d)

HAKKARİ	Aylar												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ortalama Sıcaklık (°C)	-4.6	-3.2	2.1	8.2	14.3	20.3	24.9	24.8	20.2	13.0	5.3	-1.5	10.3
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	-0.4	1.1	6.5	12.9	19.3	25.8	30.8	30.9	26.4	18.5	9.9	2.5	15.4
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-8.0	-6.8	-1.8	3.9	9.1	14.0	18.2	18.1	13.8	7.8	1.1	-4.8	5.4
Ortalama Güneşlenme Süresi (Saat)	4.0	5.2	5.8	6.7	8.9	11.7	12.2	11.5	10.1	7.2	5.3	3.9	92.5
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.1	10.8	13.1	13.4	11.9	4.1	1.4	1.0	1.9	8.4	8.5	9.9	95.5
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ort (mm)	90.1	105.1	120.3	126.9	65.4	15.8	4.0	2.8	7.0	61.4	87.6	93.1	779.5
En Yüksek Sıcaklık (°C)	11.8	12.7	19.7	25.0	28.7	34.4	38.8	38.0	34.6	29.3	20.8	17.8	38.8
En Düşük Sıcaklık (°C)	-23.4	-22.7	-19.0	-8.3	-0.8	5.0	10.0	2.1	4.3	-5.8	15.0	-21.3	-23.4

### 3.1.3. Bölgede tarımsal yapı ve üretim

Hakkari ilinde yaşayan insanların % 70’i geçimini tarımla sağlamakta ve bunun % 50’si aynı zamanda hayvancılıkla da uğraşmaktadır. İşlenebilen tarım arazisi az olmasından dolayı tarımsal faaliyetler yeteri derece gelişmemiştir. Yalnız geniş çayır - meraları ve yayları ile hayvancılık yapmaya epey uygundur. Hakkari ilinde tarım arazilerinin % 74.8’i sulanmaktadır. Bölge de 53.520 ha tarım arazisi, 377.618 ha çayır - mera, 174.955 ha orman ve fundalık, 107.631 ha da tarım dışı arazi oluşturmaktadır. Hakkari ilinin arazi kullanım durumu Çizelge 3.2’de ve tarımsal üretim dağılımı Çizelge 3.3’te gösterilmiştir (Anonim, 2018e).

Çizelge 3. 2. Hakkari ilinin arazi kullanım durumu (Anonim, 2018e)

Arazi	Miktar (ha)
Tarım arazisi	53.520
Çayır - mera	377.618
Orman ve fundalık	174.955
Yerleşim alanı	959
Tarım dışı arazi (terk edilmiş arazi)	107.631
<b>Toplam</b>	<b>714.684</b>

Çizelge 3. 3. Hakkari ilinin tarımsal üretim dağılımı (Anonim, 2018e)

Ürün Grubu	Alan (da)	Tarımsal Üretimdeki Payı (%)
Yem Bitkileri	223.172	60.38
Tahıllar	99.721	26.98
Meyvecilik	24.975	6.75
Sebzecilik	2.514	0.69
Endüstri Bitkileri	454	0.12
Diğerleri	18.773	5.08

### 3.1.4. Örnekleme noktaları ve özellikleri

Araştırma alanları belirlenirken, yerleşim yeri, tarımsal üretim, güvenlik, kaynağa katılım gibi etkenler göz önünde bulundurulmuştur. Tarımsal üretimin yapıldığı bu köylerden sulamanın yoğun olarak yapıldığı sezon içerisinde Haziran - Temmuz - Ağustos - Eylül ayları olmak üzere; daha önce belirlenmiş 10 adet farklı sulama havuzundan su örneği alınmıştır. Alınan su örnekleri en hızlı şekilde laboratuvara getirilmiş ve analizleri yapılarak su kaliteleri belirlenmiştir. Böylelikle havuzlardaki suyun kalitesi sulama açısından değerlendirilmiştir. Su örneklerinin alındığı araştırma yerlerine ilişkin bazı bilgiler Çizelge 3.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 3. 4. Su örneklerinin alındığı havuzlara ilişkin bilgiler

Sulama Havuzu Örnek	Köy Adı	Mevki	Su Kaynağı	Havuz Ölçüleri (m) (Boy - En - Yükseklik)	Koordinatlar	Açılış Yılı
1-	Akçalı köyü	Kanatlı	Yeraltı	20 m×10 m×1.30 m	37° 42' 14"N 44° 00' 20"E	2016
2-	Kırıkdağ köyü	Aşağı Derecik	Yeraltı	20 m×13 m×1.30 m	37° 38' 19"N 43° 52' 43"E	2016
3-	Kırıkdağ Köyü	Şişer	Yeraltı	10 m×10 m×1.30 m	37° 36' 17"N 43° 52' 04"E	2017
4-	Çimenli Köyü	Zorova	Yeraltı	20 m×20 m×1.30 m	37° 29' 05"N 43° 37' 13"E	2014
5-	Çimenli Köyü	Karayolları	Yeraltı	12 m×10 m×1.30 m	37° 29' 09"N 43° 38' 05"E	2017
6-	Çimenli Köyü	Merkez	Yeraltı	10 m×15 m×1.30 m	37° 29' 10"N 43° 37' 51"E	2017
7-	Üzümcü Köyü	Tütünlü	Yeraltı	11.60 m×11.60 m×1.30 m	37° 28' 45"N 43° 33' 17"E	2017
8-	Üzümcü Köyü	Cemeabbas	Yeraltı	15 m×10 m×1.30 m	37° 29' 29"N 43° 60' 17"E	2016
9-	Üzümcü Köyü	Derav	Yeraltı	15 m×10 m×1.30 m	37° 29' 01"N 43° 33' 50"E	2015
10-	Üzümcü Köyü	Dağaltı	Yeraltı	20 m×15 m×1.30 m	37° 29' 50"N 43° 34' 19"E	2016

### 3.1.4.1. Akçalı köyü (Kanatlı) sulama havuzu

Birinci sulama havuzu Hakkari'den 36 km uzaklıkta bulunmaktadır. Akçalı köyün Kanatlı mevkinde bulunan havuz, Hakkari - Van karayolunun sol tarafında konumlanmıştır. Havuz koordinatları Garmin markalı GPSMAP 64s adlı el tipi GPS cihazıyla alınmıştır. Havuz 37° 42' 14" kuzey enlemi, 44° 00' 20" doğu boylamında yer alır ve rakım 1568 m'dir. Hakkari İl Özel İdare tarafından 2016 yılında yapımına başlanan 20 m×10 m×1.30 m boyutlarındaki havuz, aynı yıl yapımı tamamlanıp tarımsal sulamaya açılmıştır (Şekil 3.3). Su örnekleri sulama havuzundan, sulamanın yoğunluklu yapıldığı haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında alınmıştır.





Şekil 3. 3. Sulama havuzu örnekleme noktası (Akçalı Köyü - Kanatlı).

#### 3.1.4.2. Kırıkdağ köyü (Aşağı Derecik) sulama havuzu

İkinci sulama havuzu Hakkari'den 23 km uzaklıkta bulunmaktadır. Kırıkdağ köyün Aşağı Derecik mevkinde bulunan havuz, Hakkari - Van karayolunun sağ tarafında konumlanmıştır. Havuz koordinatları Garmin markalı GPSMAP 64s adlı el tipi GPS cihazıyla alınmıştır. Havuz 37° 38' 19" kuzey enlemi, 43° 52' 43" doğu boylamında yer alır ve rakım 1404 m'dir. Hakkari İl Özel İdare tarafından 2016 yılında yapımına başlanan 20 m×13 m×1.30 m boyutlarındaki havuz, aynı yıl yapımı tamamlanıp tarımsal sulamaya açılmıştır (Şekil 3.4). Su örnekleri sulama havuzundan, sulamanın yoğunluklu yapıldığı haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında alınmıştır.



Şekil 3. 4. Sulama havuzu örnekleme noktası (Kırıkdağ Köyü - Aşağı Derecik).



### 3.1.4.3. Kırıkdağ köyü (Şişer) sulama havuzu

Üçüncü sulama havuzu Hakkari'den 16 km uzaklıkta bulunmaktadır. Kırıkdağ köyün Şişer mevkisinde bulunan havuz, Hakkari - Van karayolunun sağ tarafında konumlanmıştır. Havuz koordinatları Garmin markalı GPSMAP 64s adlı el tipi GPS cihazıyla alınmıştır. Havuz 37° 36' 17" kuzey enlemi, 43° 52' 04" doğu boylamında yer alır ve rakım 1419 m'dir. Hakkari İl Özel İdare tarafından 2017 yılında yapımına başlanan 10 m×10 m×1.30 m boyutlarındaki havuz, aynı yıl yapımı tamamlanıp tarımsal sulamaya açılmıştır (Şekil 3.5). Su örnekleri sulama havuzundan, sulamanın yoğunluklu yapıldığı haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında alınmıştır.



Şekil 3. 5. Sulama havuzu örnekleme noktası (Kırıkdağ Köyü - Şişer).

### 3.1.4.4. Çimenli köyü (Zorova) sulama havuzu

Dördüncü sulama havuzu Hakkari'den 23 km uzaklıkta bulunmaktadır. Çimenli köyün Zorova mevkisinde bulunan havuz, Hakkari - Çukurca karayolunun sol tarafında konumlanmıştır. Havuz koordinatları Garmin markalı GPSMAP 64s adlı el tipi GPS cihazıyla alınmıştır. Sulama havuzu 37° 29' 05" kuzey enlemi, 43° 37' 13" doğu boylamında yer alır ve rakım 1172 m'dir. Hakkari İl Özel İdare tarafından 2014 yılında

yapımına başlanan 20 m×20 m×1.30 m boyutlarındaki havuz, aynı yıl yapımı tamamlanıp tarımsal sulamaya açılmıştır (Şekil 3.6). Su örnekleri sulama havuzundan, sulamanın yoğunluklu yapıldığı haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında alınmıştır.



Şekil 3. 6. Sulama havuzu örnekleme noktası (Çimenli Köyü - Zorova).

#### 3.1.4.5. Çimenli köyü (Karayolları) sulama havuzu

Beşinci sulama havuzu Hakkari'den 21 km uzaklıkta bulunmaktadır. Çimenli köyün Karayolları mevkinde bulunan havuz, Hakkari - Çukurca karayolunun sağ tarafında konumlanmıştır. Havuz koordinatları Garmin markalı GPSMAP 64s adlı el tipi GPS cihazıyla alınmıştır. Havuz 37° 29' 09" kuzey enlemi, 43° 38' 05" doğu boylamında yer alır ve rakım 1144 m'dir. Hakkari İl Özel İdare tarafından 2017 yılında yapımına başlanan 12 m×10 m×1.30 m boyutlarındaki havuz, aynı yıl yapımı tamamlanıp tarımsal sulamaya açılmıştır (Şekil 3.7). Su örnekleri sulama havuzundan, sulamanın yoğunluklu yapıldığı haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında alınmıştır.



Şekil 3. 7. Sulama havuzu örnekleme noktası (Çimenli Köyü - Karayolları).

### 3.1.4.6. Çimenli köyü (Merkez) sulama havuzu

Altıncı sulama havuzu Hakkari'den 22 km uzaklıkta bulunmaktadır. Çimenli köyün merkez mahallesin de bulunan havuz, Hakkari - Çukurca karayolunun sağ tarafında konumlanmıştır. Havuz koordinatları Garmin markalı GPSMAP 64s adlı el tipi GPS cihazıyla alınmıştır. Havuz 37° 29' 10" kuzey enlemi, 43° 37' 51" doğu boylamında yer alır ve rakım 1157 m'dir. Hakkari İl Özel İdare tarafından 2017 yılında yapımına başlanan 10 m×15 m×1.30 m boyutlarındaki havuz, aynı yıl yapımı tamamlanıp tarımsal sulamaya açılmıştır (Şekil 3.8). Su örnekleri sulama havuzundan, sulamanın yoğunluklu yapıldığı haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında alınmıştır.



Şekil 3. 8. Sulama havuzu örnekleme noktası (Çimenli Köyü - Merkez).

### 3.1.4.7. Üzümcü köyü (Tütünlü) sulama havuzu

Yedinci sulama havuzu Hakkari'den 30 km uzaklıkta bulunmaktadır. Üzümcü köyün Tütünlü mevkinde bulunan havuz, Hakkari - Çukurca karayolunun sol tarafında konumlanmıştır. Havuz koordinatları Garmin markalı GPSMAP 64s adlı el tipi GPS cihazıyla alınmıştır. Havuz 37° 28' 45" kuzey enlemi, 43° 33' 17" doğu boylamında yer alır ve rakım 1067 m'dir. Hakkari İl Özel İdare tarafından 2017 yılında yapımına başlanan 11.60 m×11.60 m×1.30 m boyutlarındaki havuz, aynı yıl yapımı tamamlanıp



tarımsal sulamaya açılmıştır (Şekil 3.9). Su örnekleri sulama havuzundan, sulamanın yoğunluklu yapıldığı haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında alınmıştır.



Şekil 3. 9. Sulama havuzu örnekleme noktası (Üzümcü Köyü - Tütünlü).

#### 3.1.4.8. Üzümcü köyü (Cemeabbas) sulama havuzu

Sekizinci sulama havuzu Hakkari'den 25 km uzaklıkta bulunmaktadır. Üzümcü köyün Cemeabbas mevkisinde bulunan havuz, Hakkari - Çukurca karayolunun sol tarafında konumlanmıştır. Havuz koordinatları Garmin markalı GPSMAP 64s adlı el tipi GPS cihazıyla alınmıştır. Havuz 37° 29' 29" kuzey enlemi, 43° 60' 17" doğu boylamında yer alır ve rakım 1108 m'dir. Hakkari İl Özel İdare tarafından 2016 yılında yapımına başlanan 15 m×10 m×1.30 m boyutlarındaki havuz, aynı yıl yapımı tamamlanıp tarımsal sulamaya açılmıştır (Şekil 3.10). Su örnekleri sulama havuzundan, sulamanın yoğunluklu yapıldığı haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında alınmıştır.



Şekil 3. 10. Sulama havuzu örnekleme noktası (Üzümcü Köyü - Cemeabbas).

### 3.1.4.9. Üzümcü köyü (Derav) sulama havuzu

Dokuzuncu sulama havuzu Hakkari'den 29 km uzaklıkta bulunmaktadır. Üzümcü köyün Derav mevkisinde bulunan havuz, Hakkari - Çukurca karayolunun sol tarafında konumlanmıştır. Havuz koordinatları Garmin markalı GPSMAP 64s adlı el tipi GPS cihazıyla alınmıştır. Havuz 37° 29' 01" kuzey enlemi, 43° 33' 50" doğu boylamında yer alır ve rakım 1107 m'dir. Hakkari İl Özel İdare tarafından 2015 yılında yapımına başlanan 15 m×10 m×1.30 m boyutlarındaki havuz, aynı yıl yapımı tamamlanıp tarımsal sulamaya açılmıştır (Şekil 3.11). Su örnekleri sulama havuzundan, sulamanın yoğunluklu yapıldığı haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında alınmıştır.



Şekil 3. 11. Sulama havuzu örnekleme noktası (Üzümcü Köyü - Derav).

### 3.1.4.10. Üzümcü köyü (Dağaltı) sulama havuzu

Onuncu sulama havuzu Hakkari'den 28 km uzaklıkta bulunmaktadır. Üzümcü köyün Dağaltı mevkisinde bulunan havuz, Hakkari - Çukurca karayolunun sağ tarafında konumlanmıştır. Havuz koordinatları Garmin markalı GPSMAP 64s adlı el tipi GPS cihazıyla alınmıştır. Havuz 37° 29' 50" kuzey enlemi, 43° 34' 19" doğu boylamında yer alır ve rakım 1134 m'dir. Hakkari İl Özel İdare tarafından 2016 yılında yapımına

başlanan 20 m×15 m×1.30 m boyutlarındaki havuz, aynı yıl yapımı tamamlanıp tarımsal sulamaya açılmıştır (Şekil 3.12). Su örnekleri sulama havuzundan, sulamanın yoğunluklu yapıldığı haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında alınmıştır.



Şekil 3. 12. Sulama havuzu örnekleme noktası (Üzümcü Köyü - Dağaltı).

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Araştırma süresi

Araştırma 4 aylık süreyi kapsamaktadır. Çalışma, Hakkari merkez sulama havuzlarının su kalitesinin araştırılması amacıyla Haziran 2018 tarihinde başlamış, bölgedeki tarımsal sulamanın bittiği ay olan Eylül 2018 tarihinde sonlandırılmıştır. Bu 4 aylık dönem boyunca her ayın 21 - 27. günleri, gün içerisinde su örnekleri alınmıştır.

### 3.2.2. Su örneklerinin alınması

Her örnekleme noktasında su örnekleri 0.5 litrelik 10 adet plastik pet su şişelerine alınmıştır. Havuzlarda su örnekleri alınmadan önce örnekleme yapılacak su ile şişeler 3 kere çalkalanmıştır. Daha sonra pet şişeler örnekleme suyu ile taşacak şekilde doldurulmuş ve kapak kısmı hava almayacak biçimde dikkatli ve titiz bir şekilde kapatılmıştır. Alınan su örnekleri pet şişelere doldurulduktan sonra şişe üstüne; örneği alan kişinin adı ve soyadı, örneğin alındığı tarih, suyun kaynağı, havuzun ölçüleri, numune numarası, örneğin alındığı köy - mevki ve çalışmanın yapılış amacı yazılmıştır.

Havuzlarda alınan numunelerin gün boyu sıcaktan olumsuz etkilenmemesi ve gözetilen amaca uygun olması için Hakkari'den Van'a özel termoslarda taşınmıştır. Numuneler analiz edilene kadar Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi laboratuvarında +4° C'deki buzdolabı koşullarında saklanmıştır.

### 3.2.3. Su kalite kriterleri tabloları

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda oluşturulan sınıf kriterleri şunlardır: yerüstü su kaynakları sınıf kriterleri (Çizelge 3.5), USSL (1954) yöntemine göre sulama suyu sınıf kriterleri (Çizelge 3.6) ve abağı (Şekil 3.13), Scofield (1936) yöntemine göre sulama suyu sınıf kriterleri (Çizelge 3.7), Christiansen ve ark. (1977) yöntemine göre sulama suyu sınıf kriterleri (Çizelge 3.8), Eaton (1950) yöntemine göre sulama suyu sınıf kriterleri (Çizelge 3.9) ve Ayers ve Westcot (1989) yöntemine göre sulama suyu sınıf kriterleri (Çizelge 3.10).

Çizelge 3. 5. Kıta içi yerüstü su kaynaklarına göre kalite kriterleri (Anonim, 2015)

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları <sup>(a)</sup>			
	I	II	III	IV
Genel Şartlar				
Sıcaklık (°C)	≤ 25	≤ 25	≤ 30	> 30
Renk (m <sup>-1</sup> )	RES 436 nm: ≤ 1.5	RES 436 nm: 3	RES 436 nm: 4.3	RES 436 nm: >4.3
	RES 525 nm: ≤ 1.2	RES 525 nm: 2.4	RES 525 nm: 3.7	RES 525 nm: >3.7
	RES 620 nm: ≤ 0.8	RES 620 nm: 1.7	RES 620 nm: 2.5	RES 620 nm: >2.5
pH	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.0 - 9.0	< 6.0 veya > 9.0
İletkenlik (µS/cm)	< 400	1000	3000	> 3000
Yağ ve Gres	Yüzer halde yağ, katran gibi sıvı maddeler, çöp ve benzeri katı maddeler ile köpük bulunamaz.			-
(A) Oksijenlendirme Parametreleri				
Oksijen doygunluğu (%) <sup>(b)</sup>	> 90	70	40	< 40
Çözünmüş oksijen (mg O <sub>2</sub> /L) <sup>(b)</sup>	> 8	6	3	< 3
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	< 25	50	70	> 70
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ <sub>5</sub> ) (mg/L)	< 4	8	20	> 20

Çizelge 3. 5. Kıtaiçi yerüstü su kaynaklarına göre kalite kriterleri (devam)

B) Nutrient (Besin Elementleri) Parametreleri				
Amonyum azotu (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N/L) <sup>(c)</sup>	< 0.2	1	2	> 2
Nitrat azotu (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/L)	< 5	10	20	> 20
Nitrit azotu (mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N/L)	< 0.01	0.06	0.12	> 0.3
Toplam kjeldahl - azotu (mg N/L)	< 0.5	1.5	5	> 5
Toplam fosfor (mg P/L)	< 0.03	0.16	0.65	> 0.65
C) İz Elementler (Metaller) ve İnorganik Kirlilik Parametreleri <sup>(d)</sup>				
Alüminyum (mg Al/L)	≤ 0.3	≤ 0.3	1	> 1
Arsenik (µg As/L)	≤ 20	50	100	> 100
Bakır (µg Cu/L)	≤ 20	50	200	> 200
Baryum (µg Ba/L)	≤ 1000	2000	2000	> 2000
Bor (µg B/L)	≤ 1000	≤ 1000	≤ 1000	> 1000
Civa (µg Hg/L)	≤ 0.1	0.5	2	> 2
Çinko (µg Zn/L)	≤ 200	500	2000	> 2000
Demir (µg Fe/L)	≤ 300	1000	5000	> 5000
Florür (µg F <sup>-</sup> /L)	≤ 1000	1500	2000	> 2000
Kadmium (µg Cd/L)	≤ 2	5	7	> 7
Kobalt (µg Co/L)	≤ 10	20	200	> 200
Krom (µg Cr+6/L)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
Krom (toplam) (µg Cr/L)	≤ 20	50	200	> 200
Kurşun (µg Pb/L)	≤ 10	20	50	> 50
Mangan (µg Mn/L)	≤ 100	500	3000	> 3000
Nikel (µg Ni/L)	≤ 20	50	200	> 200
Selenyum (µg Se/L)	≤ 10	≤ 10	20	> 20
Serbest klor (µg Cl <sub>2</sub> /L)	≤ 10	≤ 10	50	> 50
Siyanür (toplam) (µg CN/L)	≤ 10	50	100	> 100
Sülfür (µg S=L)	≤ 2	≤ 2	10	> 10
Tehlikeli maddeler	Tehlikeli maddeler ve bu tabloda verilmeyen diğer kirleticiler konuyla ilgili ülke envanteri (referans değerler) oluşturulduktan sonra, 1 Ocak 2016'dan itibaren değerlendirilecektir.			
D) Bakteriyolojik Parametreler				
Fekal koliform (Membran)	≤ 10	200	2000	> 2000
Toplam koliform (Membran)	≤ 100	20000	100000	> 100000



Çizelge 3. 6. USSL (1954) sulama suyu sınırlarına ilişkin ölçüt ve bilgiler (SAR - EC)

Tuz zararı (EC)	Açıklama	Sodyum Adsorbsiyon oranı (SAR)	Açıklama
1. Sınıf Sulama Suyu (C <sub>1</sub> )	Elektriksel iletkenlikleri 0-250 µmhos/cm arasındadır. Sulamada güvenle kullanılabilir ve tüm bitkiler için uygundur (Kanber ve Ünlü, 2014).	1. Sınıf Sulama Suyu (S <sub>1</sub> )	Sar oranları < 10 me/L aralıklarında olan sulardır. Tüm toprak ve bitkiler için güvenle yararlanılabilir (Kanber ve Ünlü, 2014).
2. Sınıf Sulama Suyu (C <sub>2</sub> )	Elektriksel iletkenlikleri 250-750 µmhos/cm arasındadır. Sulama yönünden sorun olmayan hafif bünyeli topraklarda ve tuza orta veya yüksek oranda güçlü bitkiler için kullanılabilir. Ancak tuzluluğun mevcut olduğu topraklar LR (Yıkama gereksinimi) hesaplanmalı ve drenaj tertibatları yapılmalıdır (Kanber ve Ünlü, 2014).	2. Sınıf Sulama Suyu (S <sub>2</sub> )	Sar oranları 10-18 me/L aralıklarında olan sulardır. Geçirgen topraklarda güvenle yararlanılabilir. Katyon değişim kapasitesi etkili olan ağır bünyeli topraklarda, özellikle düşük yıkama şartlarında ve toprakta karbonat ve bikarbonat elementlerinin olması durumunda, sodyum birikmesi meydana gelebilir (Kanber ve Ünlü, 2014).
3. Sınıf Sulama Suyu (C <sub>3</sub> )	Elektriksel iletkenlikleri 750-2250 µmhos/cm arasındadır. Tuza orta veya aşırı derecede dayanıklı bitkiler için hafif ve orta bünyeli topraklarda LR (Yıkama gereksinimi) hesaplanarak kullanılmalıdır. Ancak drenaj tertibatı olmayan yerlerde kullanılmamalıdır (Kanber ve Ünlü, 2014).	3. Sınıf Sulama Suyu (S <sub>3</sub> )	Sar oranları 18-26 me/L aralıklarında olan sulardır. Kış yağışlarının 500 mm'nin aşığında olan ağır bünyeli topraklarda sodyum birikmesi meydana gelebilir (Kanber ve Ünlü, 2014).
4. Sınıf Sulama Suyu (C <sub>4</sub> )	Elektriksel iletkenlikleri 2250-5000 µmhos/cm arasındadır. Tuza aşırı dayanıklı bitkiler için ve sürekli LR (Yıkama gereksinimi) hesaplanarak kullanılabilir (Kanber ve Ünlü, 2014).	4. Sınıf Sulama Suyu (S <sub>4</sub> )	Sar oranları 26-35 me/L aralıklarında olan sulardır. Sulama suyu için genellikle elverişli değildir. Fakat tuzluluk yönünde problem olmayan geçirgen topraklarda yıkamaya yer vermek ve kimyevi iyileştiricileri ilave etmek şartıyla kullanılabilir (Kanber ve Ünlü, 2014).



Çizelge 3. 8. Christiansen ve ark. (1977) yöntemine göre sulama suyu sınıf kriterleri

Sulama Suyu Grubu	EC (dS/m)	% Na	SAR	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (me/L)	CI (me/L)	ET (me/L)	Bor (ppm)
1.	0.5	40	3	0.5	3	4	0.5
2.	1.0	60	6	1.0	6	8	1.0
3.	2.0	70	9	2.0	10	16	2.0
4.	3.0	80	12	3.0	15	24	3.0
5.	4.0	90	15	4.0	20	32	4.0
6 <sup>x</sup>	X: 5 inci sıradaki sudan daha büyük sonuçlar ihtiva etmektedir.						

Çizelge 3. 9. Eaton (1950) yöntemine göre RSC sınıflaması

Sulama Suyu Sınıflaması	RSC (me/L)	Açıklamalar
1. Sınıf	< 1.25	Sulama suları için elverişlidir ve güvenle değerlendirilebilir.
2. Sınıf	1.25 - 2.50	İyi işletme şartlarında iyileştiricilerle beraber kullanılabilir.
3. Sınıf	> 2.50	Sulama için kullanılamaz.

Çizelge 3. 10. Ayers ve Westcot (1989) yöntemine göre nitrat sınıflaması

Sulama Suyu Sınıfı	Nitrat Miktarı (mg/L)
Kabul Edilebilir	< 5
Şüpheli	5 - 30
Uygun Olmayan	> 30

### 3.2.4. Analiz yöntemleri

Örnekleme noktalarında alınan su örnekleri, laboratuvarında gerekli işlemlerden geçirilip aşağıda verilen çözümlenme ve işlemler yapılmıştır.

#### 3.2.4.1. Elektriksel iletkenlik ve pH

Elektriksel iletkenlik ve pH dijital göstergeli pH ve iletkenlik ölçer cihazıyla ölçülmüştür. Elektriksel iletkenlik TS 9748 EN 27888 metoduna, pH ise TS EN ISO

10523 metoduna göre yapılmıştır. Analizler için mettler toledo markalı ve s216 model cihaz kullanılmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3. 14. Dijital göstergeli pH ve iletkenlik ölçme cihazı.

#### 3.2.4.2. Karbonat ve bikarbonat

Karbonat ve bikarbonat tayini titrimetrik yöntemle, otomatik büret kullanılarak 0.1 N sülfürik asit çözeltisi, fenolftaleyn ve metil oranj indikatörleri kullanılarak yapılmıştır. Karbonat ve bikarbonatın hesaplanmasında kullanılan formül aşağıda verilmiştir. Titrasyon amacıyla kullanılan cihaz ise Şekil 3.15'te gösterilmiştir. Cihaz tarafından mg/L cinsinden ölçülen değer ekivalan ağırlığına bölünerek me/L'ye çevrilmiştir.



Şekil 3. 15. Karbonat ve bikarbonatın tayininde titrasyon amacıyla kullanılan cihaz.

$$\text{Karbonat ve Bikarbonat} = \frac{E \times N \times F \times S}{100} \text{ mg/L} \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

E: Karbonat veya bikarbonat iyonun eş değer ağırlığı.

N: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisinin normalitesi.

F: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisinin faktörü (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> için değeri 1 alınabilir ya da ayarlı bir baz çözeltisi ile titre edilerek hesaplanabilir).

S: Titrasyonda harcanan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisinin miktarı (ml).

### 3.2.4.3. Sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum

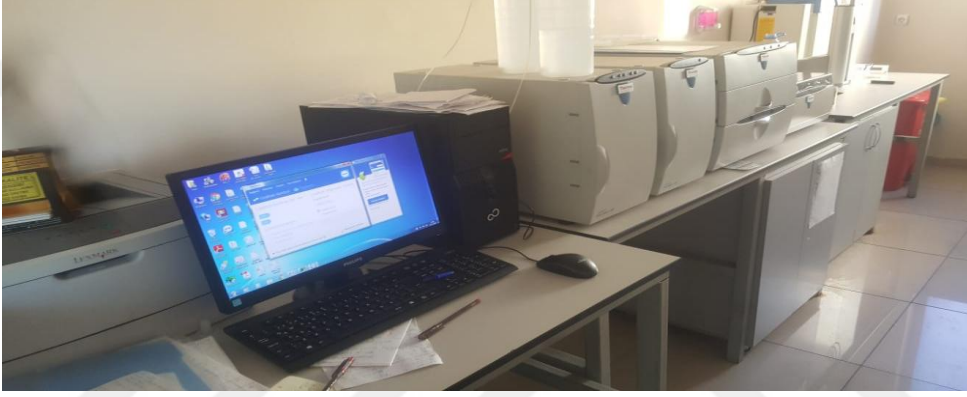
Belirtilen parametreler laboratuvarında pH < 2 'den olacak şekilde nitrik asitle asitlendirilerek EPA 6020A metoduna göre yapılmıştır. Analizler için ICP - MS ( Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometer ) adlı ve Agilent Technology markalı ve 7700 modelli cihaz kullanılmıştır (Şekil 3.16). Sodyum cihaz tayin limiti 0.3 mg/L, potasyum cihaz tayin limiti 0.2 mg/L, magnezyum cihaz tayin limiti 0.2 mg/L, kalsiyum cihaz tayin limiti 0.5 mg/L' dir. Cihaz tarafından mg/L cinsinden ölçülen değer ekivalan ağırlığına bölünerek me/L'ye çevrilmiştir.



Şekil 3. 16. Sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum ölçümünde kullanılan ICP - MS ( Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometer ) cihazı.

#### 3.2.4.4. Nitrat, klor, sülfat

Belirtilen parametreler TS EN ISO 10304 - 1 metoduna göre yapılmıştır. Analizler IC (İyon Kromatografi) adlı, Thermo scientific markalı ve dionex ICS - 5000 plus modelli cihazda yapılmıştır (Şekil 3.17). Nitrat cihaz tayin limiti 0.4 mg/L, klorür cihaz tayin limiti 0.1 mg/L, sülfat cihaz tayin limiti 1 mg/L'dir. İletkenlik değeri yüksek olan numuneler ise ultra saf su ile seyreltilerek çalışılmıştır. Cihaz tarafından mg/L cinsinden ölçülen değer ekivalan ağırlığına bölünerek me/L'ye çevrilmiştir.



Şekil 3. 17. Nitrat, klor ve sülfat ölçümünde kullanılan IC (İyon Kromatografi) cihaz.

#### 3.2.4.5. Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR)

SAR oranının bulunması için ICP - MS cihazıyla sodyum, kalsiyum ve magnezyum değerlerine laboratuvar ortamında bakılmıştır. Elde edilen değerler neticesinde sodyum miktarının, kalsiyum ve magnezyum miktarları toplamının yarısının kareköküne bölünmesiyle suların SAR değerleri bulunmuştur (Richars, 1954). “Eş. 3.2” iyon konsantrasyonları me/L 'dir.

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \quad (3.2)$$

Eşitlikte;

SAR: Sodyum Adsorbsiyon Oranı

Na: Sodyum

Ca: Kalsiyum

Mg: Magnezyum

SAR değerinin bulunabilmesi için sodyum, kalsiyum ve magnezyum iyonlarının derişimlerinin bilinmesi gerekmektedir. Yukarda verilen “Eş. 3.2” toprakta oluşan kation değiştirme reaksiyonlarındaki, sodyum iyonunun oransal etkinliğini yansıtmaktadır. Yani sulama suyunun sebep olacağı sodyum zararını açıklamak için SAR değerlerinden yararlanılmaktadır.

#### 3.2.4.6. Sodyum yüzdesi (% Na)

Sodyum yüzdesi oranının bulunması için laboratuvar ortamında ICP - MS cihazıyla sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum değerlerine bakılmıştır. Parametrelerin değerlerinin bulunmasıyla aşığıda verilen formül kullanılarak sodyum yüzdesi sonuçları bulunmuştur (Richars, 1954). “Eş. 3.3” iyon konsantrasyonları me/L ‘dir.

$$\%Na = \frac{Na}{(Na+K+Ca+Mg)} \cdot 100 \quad (3.3)$$

Eşitlikte;

% Na: Sodyum Yüzdesi

Na: Sodyum

K: Potasyum

Ca: Kalsiyum

Mg: Magnezyum

Kullanılan sulama sularının toprakta meydana getireceği sodyum zararı, kation konsantrasyonlarına bağlıdır. Yukarda verilen “Eş. 3.3” sulama sularının toprak üzerine yaptığı etkiyi açıklamak için kullanılan ölçütlerden biridir.

#### 3.2.4.7. Kalıcı sodyum karbonat (RSC)

Kalıcı sodyum karbonat değerlerinin bulunması için laboratuvar ortamında otomatik büret ile 0.1 N sülfürik asit çözeltisi, fenolftaleyn ve metil oranj indikatörleri kullanılarak karbonat - bikarbonat, ICP - MS cihazı kullanılarak kalsiyum, magnezyum değerleri bulunmuştur. Elde edilen değerler neticesinde toplam karbonat ve

bikarbonattan toplam kalsiyum ve magnezyumun çıkarılmasıyla kalıcı sodyum karbonat miktarı bulunmuştur (Richars, 1954). “Eş. 3.4” iyon konsantrasyonları me/L ‘dir.

$$\text{RSC} = (\text{CO}_3 + \text{HCO}_3) - (\text{Ca} + \text{Mg}) \quad (3.4)$$

Eşitlikte;

RSC: Kalıcı Sodyum Karbonat

CO<sub>3</sub>: Karbonat

HCO<sub>3</sub>: Bikarbonat

Ca: Kalsiyum

Mg: Magnezyum

RSC değerinin bulunabilmesi için karbonat, bikarbonat, kalsiyum ve magnezyum iyonlarının derişimlerinin öğrenilmesi gerekmektedir. Kalıcı sodyum karbonat toprağın fiziksel özelliklerine olumsuz yönde etki yapmaktadır. Bu nedenle sulama suyu sınıflamasında bir diğer ölçüt olarak yukarda verilen “Eş. 3.4” kullanılır.



## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Su Örnekleri Analiz Sonuçları

#### 4.1.1. pH

pH, sulamada kullanılan suların asit, baz veya nötr özellikte olduğunu belirlemek için kullanılan parametredir. Sulama sularında pH verilerinin 6.5 - 8.4 arasında olması istenmektedir. Suların sınır veriler arasında olmaması durumunda bitkilerde dengesiz beslenme ve toksik maddelerin toplanmasına sebep olmakta bu durumda tarımsal ürün miktarında azalma ve ürün kalitesinde bozulmalara sebep olmaktadır (Kanber ve ark., 2003).

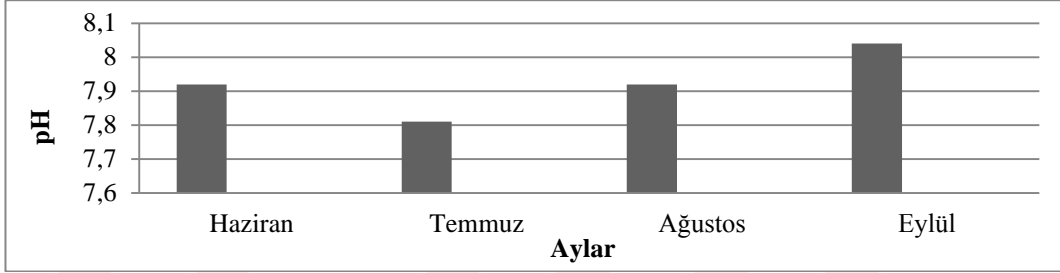
Araştırma noktalarında muhtelif aylarda alınan su örneklerinin pH değerleri Çizelge 4.1’de ve pH değerlerinin mevsimsel varyasyonu ise Şekil 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4. 1. Sulama havuzları aylara bağlı pH değerleri

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	7.1	7.62	7.78	8.02	7.99	8.1	8.35	7.65	8.33	8.27	7.92
Temmuz	6.88	7.63	7.34	7.88	7.81	8.2	8.45	7.63	8.22	8.11	7.81
Ağustos	6.96	7.8	7.42	7.95	7.91	8.15	8.48	7.82	8.55	8.24	7.92
Eylül	7.3	8.25	7.8	7.92	7.98	8.13	8.44	8.18	8.25	8.24	8.04
Ortalama	7.06	7.82	7.58	7.94	7.92	8.14	8.43	7.82	8.33	8.21	7.92

Çizelge 4.1 incelendiğinde Hakkari merkez havuzlarda muhtelif aylarda yapılan çalışmalarda, araştırma noktalarında minimum pH değeri 6.88 ile Akçalı köyünün Kanatlı (1. örnekleme noktası) mevkisinde temmuz ayında, maksimum pH değeri ise 8.55 ile Üzümcü köyünün Derav (9. örnekleme noktası) mevkisinde ağustos ayında ölçülmüştür. Araştırma noktalarının ortalama pH değerleri 1. örnekleme noktasında 7.06, 2. örnekleme noktasında 7.82, 3. örnekleme noktasında 7.58, 4. örnekleme noktasında 7.94, 5. örnekleme noktasında 7.92, 6. örnekleme noktasında 8.14, 7. örnekleme noktasında 8.43, 8. örnekleme noktasında 7.82, 9. örnekleme noktasında 8.33

ve 10. örnekleme noktasında 8.21 olarak kaydedilmiştir. Tüm araştırma noktalarının yetiştirme periyodu boyunca (haziran, temmuz, ağustos ve eylül) ortalama pH değeri ise 7.92 olarak ölçülmüştür. Yapılan analizler neticesinde tüm noktaların en düşük aylık ortalama pH değeri 7.81 ile temmuz ayında, en yüksek pH değeri ise 8.04 ile eylül ayında ölçülmüştür.



Şekil 4. 1. pH'ın 2018 yılında aylara göre değişimi.

Birçok araştırmacı yapmış oldukları çalışmalarda benzer sonuçlar elde etmiştir. Bayram (2016) Van Güzelkonak deresinde pH değerlerini 7.59 ile 9.39 arasında, Bulum (2015) Van Bendimahi Çayı'nda 7.12 ile 9.63 arasında, Cerit (2014) Sivas ili Hafik ilçesinde 7.12 ile 9.18 arasında, Yinanç (2013) Kahramanmaraş Sağ Sahil alanında 7.23 ile 8.41 arasında, Demir (2013) Silifke Ovası'nda 7.15 ile 8.05 arasında, Okumuş (2011) Konya ili Ereğli ilçesinde 7.05 ile 7.56 arasında, Dönmez (2010) Çavuşçu Gölü'nde 6.9 ile 8.2 arasında bulunmuştur.

Tüm örnek havuzlarının aylık ortalama pH değeri su kalite kontrolü yönetmeliği'ne göre birinci (yüksek kaliteli su - çok iyi) ve ikinci su (az kirlenmiş - iyi) kalite sınıfına girmektedir (Anonim, 2015). Kanber ve ark. (2003) göre sulama sularının aylık ortalama pH değerleri sınır değerler arasındadır.

#### 4.1.2. Elektriksel iletkenlik

Elektriksel iletkenlik (EC), sularda iyonlarına ayrılmış tuzların toplam konsantrasyonunu belirtmektedir. Elektriksel iletkenlik sıcaklık, iyonların konsantrasyonu ve elektrik yüklerine tabi olarak değişmektedir. Suda erimiş tuz miktarı arttıkça, suyun elektrik akımı geçirmesi de yükselir. Tuzlu toprakların yıkanarak

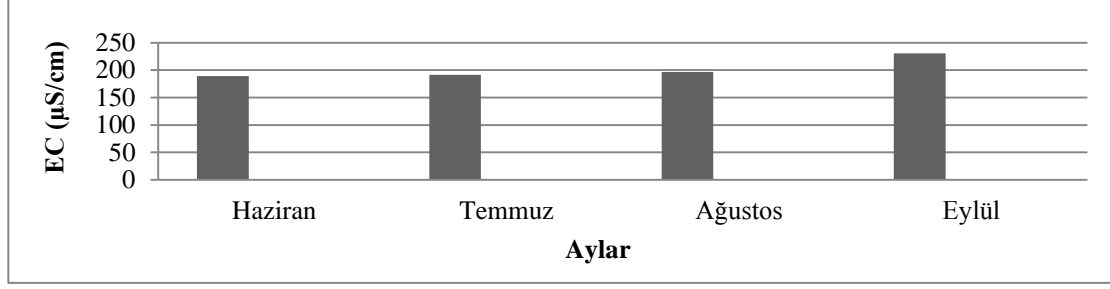
iyileştirmesinde ve bitkilerin tuza direnç seviyeleri, EC ölçümlerinden faydalanılarak yapılmaktadır (Kanber ve Ünlü, 2014).

Araştırma noktalarında muhtelif aylarda alınan su örneklerinin elektriksel iletkenlik (EC) değerleri Çizelge 4.2’de ve elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinin mevsimsel varyasyonu ise Şekil 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4. 2. Sulama havuzları aylara bağlı EC değerleri ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	495.4	155.8	162.1	208.5	175.5	190.9	120.1	142.3	88.9	152.8	189.23
Temmuz	487.7	162.3	149.9	206.4	182.5	211.3	108.7	166.5	100.3	138.5	191.41
Ağustos	563.7	160.1	155.7	217.2	186.2	187.3	100	150.2	99.93	147	196.73
Eylül	644	256.4	212.3	256.1	189.6	180.1	156.6	154.5	102.5	157.1	230.92
Ortalama	547.7	183.65	170	222.05	183.45	192.4	121.35	153.37	97.90	148.85	202.07

Çizelge 4.2 incelendiğinde Hakkari merkez havuzlarda muhtelif aylarda yapılan çalışmalarda, araştırma noktalarında minimum EC değeri  $88.9 \mu\text{S}/\text{cm}$  ile Üzümcü köyünün Derav (9. örnekleme noktası) mevkisinde haziran ayında, maksimum EC değeri ise  $644 \mu\text{S}/\text{cm}$  ile Akçalı köyünün Kanatlı (1. örnekleme noktası) mevkisinde eylül ayında ölçülmüştür. Araştırma noktalarının ortalama EC değerleri 1. örnekleme noktasında  $547.7 \mu\text{S}/\text{cm}$ , 2. örnekleme noktasında  $183.65 \mu\text{S}/\text{cm}$ , 3. örnekleme noktasında  $170 \mu\text{S}/\text{cm}$ , 4. örnekleme noktasında  $222.05 \mu\text{S}/\text{cm}$ , 5. örnekleme noktasında  $183.45 \mu\text{S}/\text{cm}$ , 6. örnekleme noktasında  $192.4 \mu\text{S}/\text{cm}$ , 7. örnekleme noktasında  $121.35 \mu\text{S}/\text{cm}$ , 8. örnekleme noktasında  $153.37 \mu\text{S}/\text{cm}$ , 9. örnekleme noktasında  $97.90 \mu\text{S}/\text{cm}$  ve 10. örnekleme noktasında  $148.85 \mu\text{S}/\text{cm}$  olarak kaydedilmiştir. Tüm araştırma noktalarının yetiştirme periyodu boyunca (haziran, temmuz, ağustos ve eylül) ortalama EC değeri ise  $202.07 \mu\text{S}/\text{cm}$  olarak ölçülmüştür. Yapılan analizler neticesinde tüm noktaların en düşük aylık ortalama EC değeri  $189.23 \mu\text{S}/\text{cm}$  ile haziran ayında, en yüksek EC değeri ise  $230.92 \mu\text{S}/\text{cm}$  ile eylül ayında ölçülmüştür.



Şekil 4. 2. Elektriksel iletkenliğin (EC) 2018 yılı aylara göre değişimi (µS/cm).

Yıldırım (1992) Konya Ereğli - İvriz Sağ Sahil de EC değerleri  $4275 \text{ EC} \times 10^6$  ile  $8000 \text{ EC} \times 10^6$  arasında, Güllüoğlu (2006) Harran Ovası'nda  $401 \text{ µS/cm}$  ile  $8235 \text{ µS/cm}$  arasında, Yıldıztekin (2007) Muğla - Karabağlar yöresinde  $402 \text{ µS/cm}$  ile  $1301 \text{ µS/cm}$  arasında, Sarı (2007) Konya kent merkezinde  $512 \text{ EC} \times 10^6 \text{ µmho/cm}$  ile  $39891 \text{ EC} \times 10^6 \text{ µmho/cm}$  arasında, Karadavut (2009) Aksaray bölgesinde  $160 \text{ µS/cm}$  ile  $3297 \text{ µS/cm}$  arasında, Anbarcı (2010) Edirne ili Keşan ilçesinde  $600 \text{ µmho/cm}$  ile  $1346 \text{ µmho/cm}$  arasında, Okumuş (2011) Konya Ereğli' de  $820 \text{ EC} \times 10^6 \text{ µmho/cm}$  ile  $4103 \text{ EC} \times 10^6 \text{ µmho/cm}$  arasında, Demir (2013) Silifke Ovası'nda  $7.15 \text{ EC} \times 10^6 \text{ µmho/cm}$  ile  $1307 \text{ EC} \times 10^6 \text{ µmho/cm}$  arasında, Bulum (2015) Van Bendimahı Çayı'nda  $418 \text{ µS/cm}$  ile  $981 \text{ µS/cm}$  arasında, Bayram (2016) Van Güzelkonak deresinde  $264 \text{ µS/cm}$  ile  $526 \text{ µS/cm}$  arasında, Şenel (2017) Antalya Boğaçayı'nda  $361 \text{ µS/cm}$  ile  $700 \text{ µS/cm}$  arasında, Alpözen (2017) Konya Sarayönü'nde  $1071 \text{ EC} \times 10^6 \text{ µmho/cm}$  ile  $1989 \text{ EC} \times 10^6 \text{ µmho/cm}$  arasında, Dönmez (2010) Ilgın Çavuşçu Gölü'nde  $295 \text{ µmho/cm}$  ile  $1630 \text{ µmho/cm}$  arasında, Yınaç (2013) Kahramanmaraş Sağ Sahil'de  $366 \text{ µmho/cm}$  ile  $1134 \text{ µmho/cm}$  arasında, Akaroğlu ve ark. (2018) Adnan Menderes Üniversitesinde  $340 \text{ µS/cm}$  ile  $1495 \text{ µS/cm}$  arasında bulunmuştur.

Tüm örnek havuzlarının aylık ortalama EC değeri su kalite kontrolü yönetmeliği'ne göre birinci (yüksek kaliteli su - çok iyi) sınıf su kalitesinde değerlendirilirken, birinci örnekleme noktasında (Akçalı - Kanatlı) ölçülen EC değerleri ise ikinci sınıf su kalite sınıfına girmektedir (Anonim, 2015). USSL (1954)'ye göre ortalama EC değerleri birinci sınıf ( $C_1$ ) su kalitesinde değerlendirilirken, Akçalı köyü kanatlı mevkinde (1. örnekleme noktası) ölçülen EC değeri ise ikinci sınıf ( $C_2$ ) su kalitesine girmektedir.

### 4.1.3. Klorür

Klor, tarımda sulama amaçlı kullanılan sulama sularında önemli bir kriterdir. Klor toksik anyon olarak kabul edilmektedir. Her bitkinin klor için dayanıklılık derecesi aynı değildir. Klor bitkilerdeki direnç çizgisini geçerse zararlaşma işaretleri belirmektedir. Klor zehirlenmesi ilk başta yaprak uçlarında görülür ve zehirlenme derecesi arttıkça kurumalar, yaprak uçlarından kenarlara yayılır. Ölü doku miktarının zamanla çok daha fazla artması bitkide yaprağın düşmesine veya tüm yaprakların dökülmesine sebep olur. Yağmurlama sulama için klor sınır değer 3 me/L ve yüzey sulama sistemleri için ise sınır değer 4 me/L olarak saptanmıştır (Kanber ve Ünlü, 2014; Ayers ve Westcot, 1989).

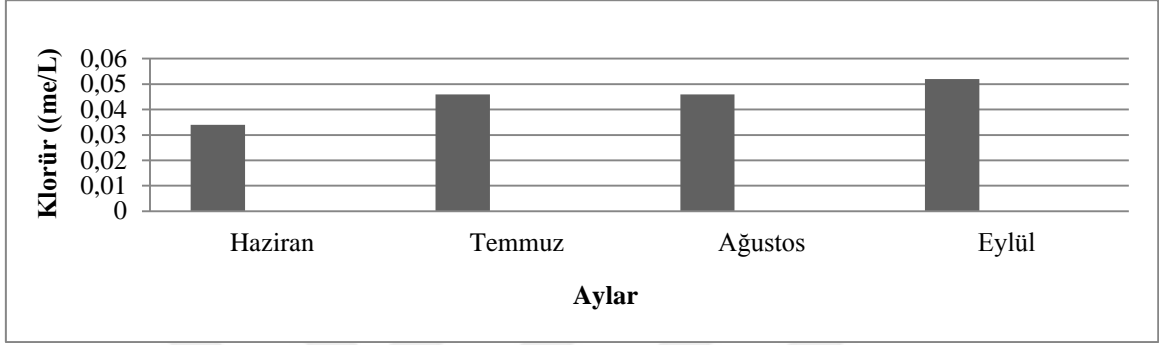
Araştırma noktalarında muhtelif aylarda alınan su örneklerinin klorür değerleri Çizelge 4.3'te ve klorür değerlerinin mevsimsel varyasyonu ise Şekil 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4. 3. Sulama havuzları aylara bağlı klorür değerleri (me/L)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	0.124	0.024	0.062	0.031	0.020	0.020	0.012	0.016	0.013	0.026	0.034
Temmuz	0.129	0.022	0.056	0.028	0.022	0.022	0.015	0.017	0.014	0.140	0.046
Ağustos	0.128	0.027	0.021	0.034	0.021	0.022	0.016	0.018	0.016	0.161	0.046
Eylül	0.148	0.032	0.031	0.034	0.023	0.023	0.019	0.024	0.022	0.171	0.052
Ortalama	0.132	0.026	0.042	0.031	0.021	0.021	0.015	0.018	0.016	0.124	0.044

Çizelge 4.3 incelendiğinde Hakkari merkez havuzlarda muhtelif aylarda yapılan çalışmalarda, araştırma noktalarında minimum klorür değeri 0.012 me/L ile Üzümcü köyü Tütünlü (7. Örnekleme noktası) mevkinde haziran ayında, maksimum klorür değeri ise 0.171 me/L ile Üzümcü köyü Dağaltı (10. örnekleme noktası) mevkinde eylül ayında ölçülmüştür. Araştırma noktalarının ortalama klorür değerleri 1. örnekleme noktasında 0.132 me/L, 2. örnekleme noktasında 0.026 me/L, 3. örnekleme noktasında 0.042 me/L, 4. örnekleme noktasında 0.031 me/L, 5. örnekleme noktasında 0.021 me/L, 6. örnekleme noktasında 0.021 me/L, 7. örnekleme noktasında 0.015 me/L, 8. örnekleme noktasında 0.018 me/L, 9. örnekleme noktasında 0.016 me/L ve 10.

örnekleme noktasında 0.124 me/L olarak kaydedilmiştir. Tüm araştırma noktalarının yetiştirme periyodu boyunca (haziran, temmuz, ağustos ve eylül) ortalama klorür değeri ise 0.044 me/L olarak ölçülmüştür. Yapılan analizler neticesinde tüm noktaların en düşük aylık ortalama klorür değeri 0.034 me/L ile haziran ayında, en yüksek klorür değeri ise 0.052 me/L ile eylül ayında ölçülmüştür.



Şekil 4. 3. Klorürün 2018 yılı aylara göre değişimi (me/L).

Aksoy (2012) Iğdır Bulakbaşı'nda klor değerlerini 33.73 mg/L ile 114.19 mg/L arasında, Alpözen (2017) Konya Sarayönü'nde 1.00 me/L ile 3.80 me/L arasında, Şenel (2017) Antalya Boğaçayı'nda 28.40 mg/L ile 74.55 mg/L arasında, Bayram (2016) Van Güzelkonak deresinde 47.3 mg/L ile 94.7 mg/L arasında, Bulum (2015) Van Bendimahi Çayı'nda 7.10 mg/L ile 17.75 mg/L arasında, Yıldıztekin (2007) Muğla Karabağlar yöresinde 0.4 me/L ile 3.2 me/L arasında, Cerit (2014) Sivas ili Hafik ilçesinde 0 ile 4.33 me/L arasında bulunmuştur.

Tüm örnek havuzlarının aylık ortalama klor (Cl) değerleri Scofield (1936) yöntemine göre çok iyi sulama suyu sınıfındadır. Ayers ve Westcot (1989) yöntemine göre ise suların klor değerleri yağmurlama ve yüzey sulama için belirlenen sınır değerler arasındadır.

#### 4.1.4. Kalsiyum

Kalsiyum fazlalığı suya sertlik niteliği kazandırmaktadır. Kalsiyumun sulama sularında aşırı olması, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri etkiler, toprağı kolay işlenebilir hale getirir ve infiltrasyon kapasitesini etkiler. Sularda kalsiyum eksikliği genellikle yağışın fazla olduğu yerlerde görülmektedir (Kanber ve Ünlü, 2014). Bitki

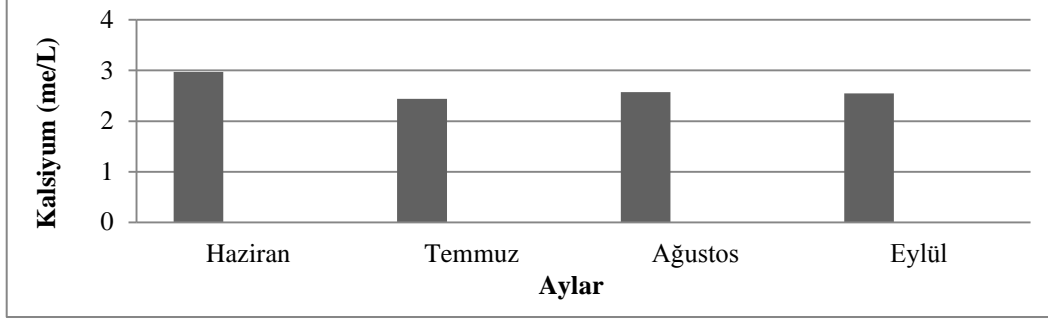
gelişimi için asıl elementten olan kalsiyumun sulama sularında 0 - 20 me/L aralıklarında olması istenmektedir (Ayers ve Westcot, 1989).

Araştırma noktalarında muhtelif aylarda alınan su örneklerinin kalsiyum değerleri Çizelge 4.4'te ve kalsiyum değerlerinin mevsimsel varyasyonu ise Şekil 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4. 4. Sulama havuzları aylara bağlı kalsiyum değerleri (me/L)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	8.12	2.77	2.61	3.25	2.70	2.69	1.62	2.30	1.58	2.14	2.97
Temmuz	4.70	2.24	2.98	2.80	2.49	2.46	1.38	2.02	1.37	2.05	2.44
Ağustos	5.36	2.30	2.35	3.43	2.36	2.68	1.25	2.09	1.46	2.42	2.57
Eylül	5.33	2.37	2.44	3.04	2.49	2.52	1.45	2.17	1.52	2.20	2.55
Ortalama	5.87	2.42	2.59	3.13	2.51	2.58	1.42	2.14	1.48	2.20	2.63

Çizelge 4.4 incelendiğinde Hakkari merkez havuzlarda muhtelif aylarda yapılan çalışmalarda, araştırma noktalarında minimum kalsiyum değeri 1.25 me/L ile Üzümcü köyünün Tütünlü (7. örnekleme noktası) mevkisinde ağustos ayında, maksimum kalsiyum değeri ise 8.12 me/L ile Akçalı köyünün Kanatlı (1. örnekleme noktası) mevkisinde haziran ayında ölçülmüştür. Araştırma noktalarının ortalama kalsiyum değerleri 1. örnekleme noktasında 5.82 me/L, 2. örnekleme noktasında 2.42 me/L, 3. örnekleme noktasında 2.59 me/L, 4. örnekleme noktasında 3.13 me/L, 5. örnekleme noktasında 2.51 me/L, 6. örnekleme noktasında 2.58 me/L, 7. örnekleme noktasında 1.42 me/L, 8. örnekleme noktasında 2.14 me/L, 9. örnekleme noktasında 1.48 me/L ve 10. örnekleme noktasında 2.20 me/L olarak kaydedilmiştir. Tüm araştırma noktaların yetiştirme periyodu boyunca (haziran, temmuz, ağustos ve eylül) ortalama kalsiyum değeri ise 2.63 me/L olarak ölçülmüştür. Yapılan analizler neticesinde tüm noktaların en düşük aylık ortalama kalsiyum değeri 2.44 me/L ile temmuz ayında, en yüksek kalsiyum değeri ise 2.97 me/L ile haziran ayında ölçülmüştür.



Şekil 4. 4. Kalsiyumun 2018 yılı aylara göre değişimi (me/L).

Aksoy (2012) Iğdır Bulakbaşı'nda kalsiyum değerleri 31.04 mg/L ile 105.60 mg/L arasında, Alpözen (2017) Konya Sarayönü'nde 4.20 me/L ile 12.09 me/L arasında, Şenel (2017) Antalya Boğaçayı'nda 16.46 mg/L ile 91.17 mg/L arasında, Bayram (2016) Van Güzelkonak deresinde 64.0 mg/L ile 137.6 mg/L arasında, Bulum (2015) Van Bendimahi Çayı'nda 80.0 mg/L ile 198.4 mg/L arasında, Yıldıztekin (2007) Muğla Karabağlar yöresinde 3.33 me/L ile 7.60 me/L arasında, Sarı (2007) Konya kent merkezinde 1.46 me/L ile 11.23 me/L arasında, Yinanç (2013) Kahramanmaraş Sağ Sahil yöresinde 0.63 me/L ile 5.59 me/L arasında, Arslan ve ark. (2007) Bafra Ovası Sağ Sahil'de 2.60 me/L ile 10.75 me/L arasında, Küçük (2007) Büyük Menderes Nehri'nde 53 mg/L ile 174 mg/L arasında bulunmuştur.

Tüm örnek havuzlarının aylık ortalama kalsiyum değerleri Ayers ve Westcot (1989) yöntemine göre izin verilebilir değerler arasında bulunmaktadır.

#### 4.1.5. Magnezyum

Kalsiyuma benzer şekilde magnezyum fazlalığı da suya sertlik kazandırmaktadır. Sulama sularında 'Sert su toprağı yumuşak, yumuşak su toprağı sert yapar' sözü benimsenmiştir. Toprağın fiziksel ve kimyasal özelliğini etkiler. Bitki büyümesi için önemli ve yeşil bitkilerin klorofillerinin mühim bir bölümünü oluşturur. Bitki gelişmesi için asıl elementlerden olan magnezyumun sulama suyunda değerlerinin 0 - 5 me/L aralığında olması uygun görülmektedir (Sağlam ve Adiloğlu, 1997; Kanber ve Ünlü 2014; Ayers ve Westcot, 1989).

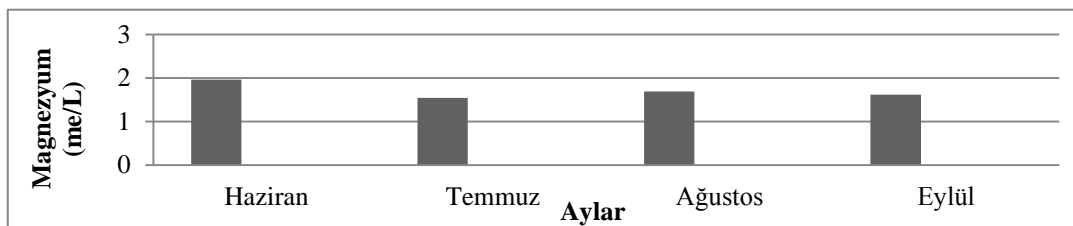


Araştırma noktalarında muhtelif aylarda alınan su örneklerinin magnezyum değerleri Çizelge 4.5'te ve magnezyum değerlerinin mevsimsel varyasyonu ise Şekil 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4. 5. Sulama havuzları aylara bağlı magnezyum değerleri (me/L)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	9.48	0.94	0.98	1.91	1.64	1.64	0.58	1.07	0.57	0.80	1.96
Temmuz	5.58	0.78	1.97	1.73	1.48	1.51	0.50	0.99	0.50	0.36	1.54
Ağustos	6.33	0.69	1.04	2.15	1.24	1.47	0.47	0.81	0.56	2.15	1.69
Eylül	6.34	0.80	1.25	1.84	1.52	1.53	0.54	0.98	0.56	0.87	1.62
Ortalama	6.93	0.80	1.31	1.90	1.47	1.53	0.52	0.96	0.54	1.04	1.70

Çizelge 4.5 incelendiğinde Hakkari merkez havuzlarda muhtelif aylarda yapılan çalışmalarda, araştırma noktalarında minimum magnezyum değeri 0.36 me/L ile Üzümcü köyü Dağaltı (10. örnekleme noktası) mevkisinde temmuz ayında, maksimum magnezyum değeri ise 9.48 me/L ile Akçalı köyü Kanatlı (1. örnekleme noktası) mevkisinde haziran ayında ölçülmüştür. Araştırma noktalarının ortalama magnezyum değerleri 1. örnekleme noktasında 6.93 me/L, 2. örnekleme noktasında 0.80 me/L, 3. örnekleme noktasında 1.31 me/L, 4. örnekleme noktasında 1.90 me/L, 5. örnekleme noktasında 1.47 me/L, 6. örnekleme noktasında 1.53 me/L, 7. örnekleme noktasında 0.52 me/L, 8. örnekleme noktasında 0.96 me/L, 9. örnekleme noktasında 0.54 me/L ve 10. örnekleme noktasında 1.04 me/L olarak kaydedilmiştir. Tüm araştırma noktaların yetiştirme periyodu boyunca (haziran, temmuz, ağustos ve eylül) ortalama magnezyum değeri ise 1.70 me/L olarak ölçülmüştür. Yapılan analizler neticesinde tüm noktaların en düşük aylık ortalama magnezyum değeri 1.54 me/L ile temmuz ayında, en yüksek magnezyum değeri ise 1.96 me/L ile haziran ayında ölçülmüştür.



Şekil 4. 5. Magnezyumun 2018 yılı aylara göre değişimi (me/L).

Aksoy (2012) Iğdır Bulakbaşı'nda magnezyum değerlerini 35.02 mg/L ile 141.37 mg/L arasında, Alpözen (2017) Konya Sarayönü'nde 3.18 me/L ile 5.09 me/L arasında, Şenel (2017) Antalya Boğaçayı'nda 15.88 mg/L ile 29.05 mg/L arasında, Bayram (2016) Van Güzelkonak deresinde 44.7 mg/L ile 112.8 mg/L arasında, Bulum (2015) Van Bendimahi Çayı'nda 19.45 mg/L ile 85.60 mg/L arasında, Yıldıztekin (2007) Muğla Karabağlar yöresinde 0.60 me/L ile 5.00 me/L arasında, Sarı (2007) Konya kent merkezinde 1.88 me/L ile 4.06 me/L arasında, Yinanç (2013) Kahramanmaraş Sağ Sahil yöresinde 1.08 me/L ile 5.16 me/L arasında, Arslan ve ark. (2007) Bafra Ovası Sağ Sahil'de 3.40 me/L ile 24.10 me/L arasında, Küçük (2007) Büyük Menderes Nehri'nde 26.7 mg/L ile 116.7 mg/L arasında bulunmuştur.

Örnekleme havuzlarından birincisi hariç aylık ortalama magnezyum değerleri Ayers ve Westcot (1989) yöntemine göre izin verilebilir değerler arasında değerlendirilmiştir. Birinci örnekleme noktasındaki (Akçalı - Kanatlı) sulama suyunun aylık ortalama magnezyum değeri ise 6.93 me/L olarak belirlenmiş olup sulamada izin verilebilir değerin üzerinde bulunmuştur.

#### **4.1.6. Potasyum**

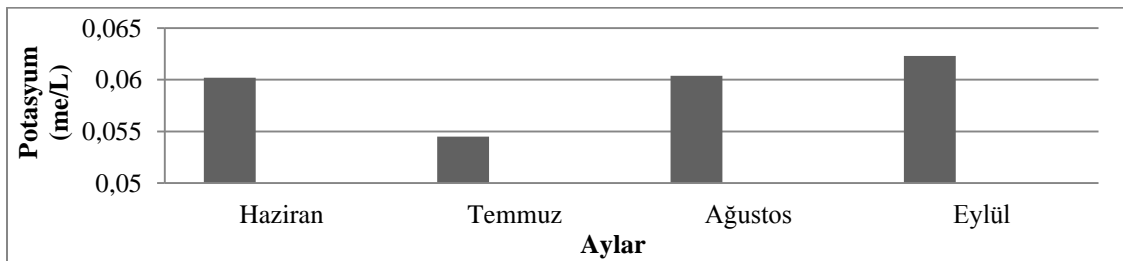
Potasyum, bitki büyümesi için gerekli besin elementlerinden bir tanesidir. Potasyumun gerek sulamada gerekse toprakta o denli zararlı etkisi yoktur. K iyonu nadir hallerde yüksek bulunur. Potasyumun fazla olması suya gübrelerin veya kirletici unsurların karıştığının belirtisidir. Bitkilerin gelişmesi için potasyumun sulama sularında değerlerinin 0 - 0.05 me/L aralığında olması uygun görülmektedir (Ayyıldız, 1983; Ayers ve Westcot, 1989; Tuncay, 1991; Yurtseven ve Sönmez, 1992).

Araştırma noktalarında muhtelif aylarda alınan su örneklerinin potasyum değerleri Çizelge 4.6'da ve potasyum değerlerinin mevsimsel varyasyonu ise Şekil 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4. 6. Sulama havuzları aylara bağlı potasyum değerleri (me/L)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	0.469	0.0279	0.0155	0.0089	0.0095	0.0098	0.0091	0.0093	0.0095	0.0342	0.0602
Temmuz	0.420	0.0242	0.0414	0.0059	0.0082	0.0093	0.0078	0.0089	0.0077	0.0125	0.0545
Ağustos	0.436	0.0201	0.0818	0.0103	0.0084	0.0101	0.0076	0.0082	0.0094	0.0126	0.0604
Eylül	0.431	0.0217	0.0677	0.0083	0.0127	0.0126	0.0091	0.0094	0.0097	0.0414	0.0623
Ortalama	0.439	0.0234	0.0516	0.0083	0.0097	0.0104	0.0084	0.0089	0.0090	0.0251	0.0593

Çizelge 4.6 incelendiğinde Hakkari merkez havuzlarda muhtelif aylarda yapılan çalışmalarda, araştırma noktalarında minimum potasyum değeri 0.0059 me/L ile Çimenli köyünün Zorova (4. örnekleme noktası) mevkinde temmuz ayında, maksimum potasyum değeri ise 0.469 me/L ile Akçalı köyünün Kanatlı (1. örnekleme noktası) mevkinde haziran ayında ölçülmüştür. Araştırma noktalarının ortalama potasyum değerleri 1. örnekleme noktasında 0.439 me/L, 2. örnekleme noktasında 0.0234 me/L, 3. örnekleme noktasında 0.0516 me/L, 4. örnekleme noktasında 0.0083 me/L, 5. örnekleme noktasında 0.0097 me/L, 6. örnekleme noktasında 0.0104 me/L, 7. örnekleme noktasında 0.0084 me/L, 8. örnekleme noktasında 0.0089 me/L, 9. örnekleme noktasında 0.0090 me/L ve 10. örnekleme noktasında 0.0251 me/L olarak kaydedilmiştir. Tüm araştırma noktaların yetiştirme periyodu boyunca (haziran, temmuz, ağustos ve eylül) ortalama potasyum değeri ise 0.0593 me/L olarak ölçülmüştür. Yapılan analizler neticesinde tüm noktaların en düşük aylık ortalama potasyum değeri 0.0545 me/L ile temmuz ayında, en yüksek potasyum değeri ise 0.0623 me/L ile eylül ayında ölçülmüştür.



Şekil 4. 6. Potasyumun 2018 yılı aylara göre değişimi (me/L).

Arslan ve ark. (2007) Bafra Ovası Sağ Sahil’de potasyum değerlerini 0.06 me/L ile 3.59 me/L arasında, Yıldıztekin (2007) Muğla Karabağlar yöresinde 0.01 me/L ile 0.51 me/L arasında, Sarı (2007) Konya kent merkezinde 0.02 me/L ile 3.37 me/L arasında, Dönmez (2010) Ilgın Çavuşçu Gölü’nde 1.95 mg/L ile 15 mg/L arasında, Yinanç (2013) Kahramanmaraş Sağ Sahil yöresinde 0 ile 0.45 me/L arasında, Cerit (2014) Sivas ili Hafik ilçesinde 0.01 me/L ile 0.22 me/L arasında, Bulum (2015) Van Bendimahi Çayı’nda 3.7 mg/L ile 14.9 mg/L arasında, Bayram (2016) Van Güzelkonak deresinde 1.10 mg/L ile 4.90 mg/L arasında, Şenel (2017) Antalya Boğaçayı’nda 0.69 mg/L ile 3.22 mg/L arasında bulunmuştur.

Tüm örnek havuzlarının aylık ortalama potasyum değerleri Ayers ve Westcot (1989) yöntemine göre izin verilebilir değerler arasında değerlendirilirken, birinci örnekleme noktasındaki (Akçalı - Kanatlı) sulama suyunun aylık ortalama değeri 0.439 me/L olarak bulunmuş ve müsaade edilebilir değerin üstünde bulunmuştur. Aynı zamanda üçüncü örnekleme noktasındaki (Kırıkdağ - Şişer) sulama suyunun aylık ortalama değeri 0.0516 me/L olarak bulunmuştur, yani sulamada müsaade edilebilir değerin üstünde bulunmuştur.

#### **4.1.7. Sodyum**

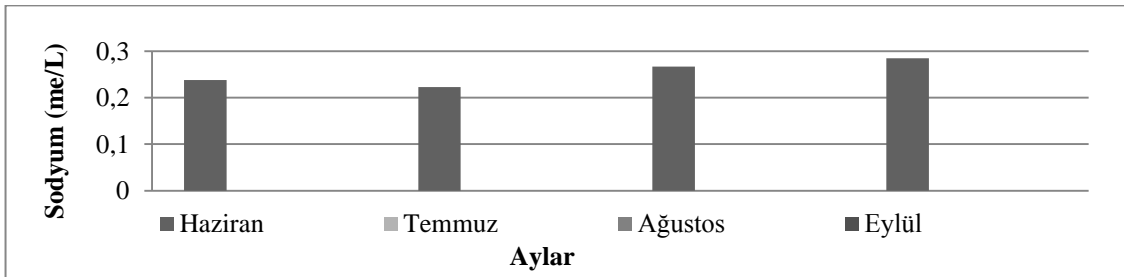
Sodyum, sulama suyu kalitesi üzerinde doğrudan etki eden katyondur. Sodyum en azından ölçülebilecek miktarda sulama sularında mevcuttur. Normal değerlerin üstünde olması sodyumun, bitkilerde zehir etkisine sebep olur. Zehirlenme belirtisi ilk olarak yaşlı yapraklarda görülür. Zehirlenme belirtileri genel olarak yaprak yanması, kavrulma ve ölü dokuların yayılması biçimindedir. Toprakta yeterli ölçüde kalsiyum varsa sodyum zehirlenmesinde düşüklük görülmektedir. Sodyum noksanlığı ise bitkilerin, potasyum alım ve kullanımını zorlaştırır. Sulama sularında sodyum iyonunun 0 - 40 me/L aralığında olması uygundur (Dişli, 1997; Kanber ve Ünlü, 2014; Ayers ve Westcot, 1989).

Araştırma noktalarında muhtelif aylarda alınan su örneklerinin sodyum değerleri Çizelge 4.7’de ve sodyum değerlerinin mevsimsel varyasyonu ise Şekil 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4. 7. Sulama havuzları aylara bağlı sodyum değerleri (me/L)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	1.533	0.253	0.081	0.040	0.038	0.039	0.062	0.022	0.061	0.260	0.238
Temmuz	1.423	0.215	0.258	0.032	0.033	0.034	0.053	0.019	0.054	0.117	0.223
Ağustos	1.723	0.197	0.402	0.054	0.045	0.053	0.065	0.023	0.071	0.045	0.267
Eylül	1.702	0.183	0.457	0.044	0.045	0.057	0.063	0.027	0.064	0.211	0.285
Ortalama	1.595	0.212	0.299	0.042	0.040	0.045	0.060	0.022	0.062	0.158	0.253

Çizelge 4.7 incelendiğinde Hakkari merkez havuzlarda muhtelif aylarda yapılan çalışmalarda, araştırma noktalarında minimum sodyum değeri 0.019 me/L ile Üzümcü köyü Cemeabbas (8. örnekleme noktası) mevkisinde temmuz ayında, maksimum sodyum değeri ise 1.723 me/L ile Akçalı köyü Kanatlı (1. örnekleme noktası) mevkisinde ağustos ayında ölçülmüştür. Araştırma noktalarının ortalama sodyum değerleri 1. örnekleme noktasında 1.595 me/L, 2. örnekleme noktasında 0.212 me/L, 3. örnekleme noktasında 0.299 me/L, 4. örnekleme noktasında 0.042 me/L, 5. örnekleme noktasında 0.040 me/L, 6. örnekleme noktasında 0.045 me/L, 7. örnekleme noktasında 0.060 me/L, 8. örnekleme noktasında 0.022 me/L, 9. örnekleme noktasında 0.062 me/L ve 10. örnekleme noktasında 0.158 me/L olarak kaydedilmiştir. Tüm araştırma noktalarının yetiştirme periyodu boyunca (haziran, temmuz, ağustos ve eylül) ortalama sodyum değeri ise 0.253 me/L olarak ölçülmüştür. Yapılan analizler neticesinde tüm noktaların en düşük aylık ortalama sodyum değeri 0.223 me/L ile temmuz ayında, en yüksek sodyum değeri ise 0.285 me/L ile eylül ayında ölçülmüştür.



Şekil 4. 7. Sodyumun 2018 yılı aylara göre değişimi (me/L).

Küçük (2007) Büyük Menderes Nehri'nde sodyum değerlerini 40.05 mg/L ile 140.2 mg/L arasında, Arslan ve ark. (2007) Bafra Ovası Sağ Sahil'de 2.7 me/L ile 65.2 me/L arasında, Yıldıztekin (2007) Muğla Karabağlar yöresinde 0.01 me/L ile 3.00 me/L arasında, Sarı (2007) Konya kent merkezinde 0.5 me/L ile 5.26 me/L arasında, Anbarcı (2010) Edirne ili Keşan ilçesinde 1.84 me/L ile 6.37 me/L arasında, Dönmez (2010) Iğın Çavuşçu Gölü'nde 6.9 mg/L ile 80.5 mg/L arasında, Yinanç (2013) Kahramanmaraş Sağ Sahil'de 0.01 me/L ile 1.96 me/L arasında, Cerit (2014) Sivas ili Hafik ilçesinde 0.01 me/L ile 6.39 me/L arasında, Şenel (2017) Antalya Boğaçayı'nda 12.29 mg/L ile 22.85 mg/L arasında bulunmuştur.

Tüm örnek havuzlarının aylık ortalama sodyum değerleri Ayers ve Westcot (1989) yöntemine göre izin verilebilir değerin oldukça altındadır.

#### 4.1.8. Nitrat

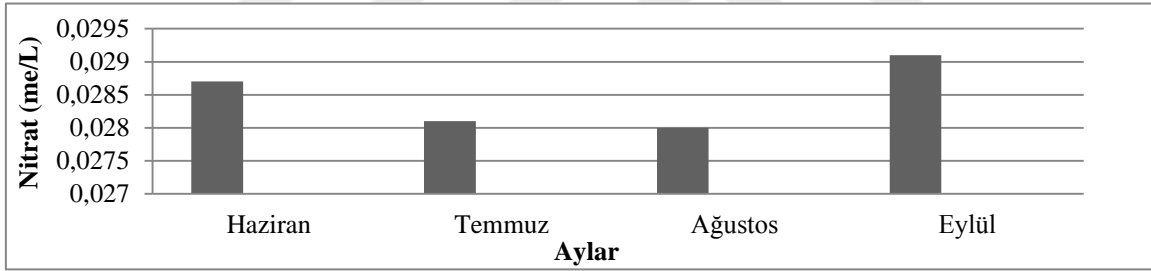
Sularda nitrat kirliliği çok rastlanan problemlerden bir tanesidir. Yeraltı suları yüzey sularına oranla daha çok nitrat ihtiva eder. Nitrat tuzları suda erirler ve basitçe yıkanılır. Sürekli nitrat gübrelemesinin yapılması, toprakların yapısı ve hidrolitik iletkenliği için tehlikelidir ancak sulama suyu ile yeterli ölçüde nitrat tatbik etmek, çayır otlarında büyümeyi sağlar. Aynı zamanda sulama sularında nitratın aşırı derecede olması, toprak geçirgenliğini azaltmaktadır (Egemen, 2011; Kanber ve Ünlü, 2014; Ayyıldız, 1990).

Araştırma noktalarında muhtelif aylarda alınan su örneklerinin nitrat değerleri Çizelge 4.8'de ve nitrat değerlerinin mevsimsel varyasyonu ise Şekil 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4. 8. Sulama havuzları aylara bağlı nitrat değerleri (me/L)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	0.1156	0.0174	0.0335	0.0253	0.0164	0.0167	0.0164	0.0169	0.0175	0.0120	0.0287
Temmuz	0.1356	0.0145	0.0254	0.0269	0.0114	0.0114	0.0148	0.0158	0.0104	0.0156	0.0281
Ağustos	0.1388	0.0122	0.0237	0.0270	0.0127	0.0087	0.0154	0.0169	0.0116	0.0132	0.0280
Eylül	0.1377	0.0103	0.0108	0.0253	0.0170	0.0120	0.0201	0.0190	0.0183	0.0208	0.0291
Ortalama	0.1319	0.0136	0.0233	0.0261	0.0143	0.0122	0.0166	0.0171	0.0144	0.0154	0.0284

Çizelge 4.8 incelendiğinde Hakkari merkez havuzlarda muhtelif aylarda yapılan çalışmalarda, araştırma noktalarında minimum nitrat değeri 0.0087 me/L ile Çimenli köyünde (6. örnekleme noktası) ağustos ayında, maksimum nitrat değeri ise 0.1388 me/L ile Akçalı köyün Kanatlı (1. örnekleme noktası) mevkinde ağustos ayında ölçülmüştür. Araştırma noktalarının ortalama nitrat değerleri 1. örnekleme noktasında 0.1319 me/L, 2. örnekleme noktasında 0.0136 me/L, 3. örnekleme noktasında 0.0233 me/L, 4. örnekleme noktasında 0.0261 me/L, 5. örnekleme noktasında 0.0143 me/L, 6. örnekleme noktasında 0.0122 me/L, 7. örnekleme noktasında 0.0166 me/L, 8. örnekleme noktasında 0.0171 me/L, 9. örnekleme noktasında 0.0144 me/L ve 10. örnekleme noktasında 0.0154 me/L olarak kaydedilmiştir. Tüm araştırma noktalarının yetiştirme periyodu boyunca (haziran, temmuz, ağustos ve eylül) ortalama nitrat değeri ise 0.0284 me/L olarak ölçülmüştür. Yapılan analizler neticesinde tüm noktaların en düşük aylık ortalama nitrat değeri 0.0280 me/L ile ağustos ayında, en yüksek nitrat değeri ise 0.0291 me/L ile eylül ayında ölçülmüştür.



Şekil 4. 8. Nitratın 2018 yılı aylara göre değişimi (me/L).

Aksoy (2012) Iğdır Bulakbaşı'nda nitrat değerlerini 0 ile 10.01 mg/L arasında, Şenel (2017) Antalya Boğaçayı'nda 0.1 mg/L ile 2.43 mg/L arasında, Bulum (2015) Van Bendimahi Çayı'nda 0 ile 7.8 mg/L arasında, Bayram (2016) Van Güzelkonak deresinde 0.8 mg/L ile 3.4 mg/L arasında, Yinanç (2013) Kahramanmaraş Sağ Sahil 'de 3.80 mg/L ile 132.0 mg/L arasında, Yıldıztekin (2007) Muğla Karabağlar yöresinde 0.145 mg/L ile 27.39 mg/L arasında, Küçük (2007) Büyük Menderes Nehri'nde 0.5 mg/L ile 4.0 mg/L arasında bulunmuştur.

Tüm örnek havuzlarının aylık ortalama nitrat değeri su kalite kontrolü yönetmeliğine göre birinci (yüksek kaliteli - çok iyi) kalite sınıfında değerlendirilirken, Akçalı köyü Kanatlı (1. örnekleme noktası) mevkindeki sulama suyu ise ikinci kalite -

az kirlenmiş su sınıfındadır (Anonim, 2015). Ayrıca Ayers ve Westcot (1989) yöntemine göre suların çoğu kabul edilebilir değerler arasında bulunurken, Akçalı - Kanatlı (1. örnekleme noktası) mevkiindeki sulama suyu değerleri şüpheli bulunmuştur.

#### 4.1.9. Sülfat

Sülfat, topraklarda ve sulama sularında düşük oranlarda bulunmaktadır. Toprakta tuzluluğun çoğalmasından ziyade toprağın başka özelliklerine de tesir etmektedir. Sulama sularında mevcut olması bitkiler için faydalıdır. Ancak sülfatın sulama sularında aşırı derecede olması durumunda sülfat iyonu kalsiyum iyonunun çökmesine sebep olur ve bu durumda bitkiler için zehirli olabilir. Ayers ve Westcot (1989) yöntemine göre müsaade edilebilir üst sınır 20 me/L'dir (Kanber ve Ünlü, 2014; Ayyıldız, 1990; Ayers ve Westcot, 1989).

Araştırma noktalarında muhtelif aylarda alınan su örneklerinin sülfat değerleri Çizelge 4.9'da ve sülfat değerlerinin mevsimsel varyasyonu ise Şekil 4.9'da verilmiştir.

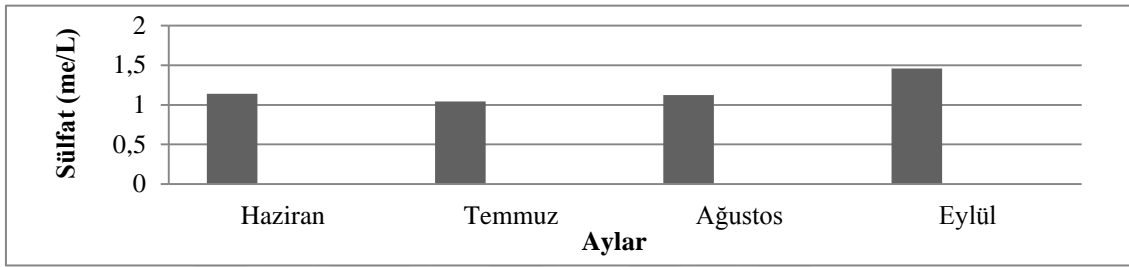
Çizelge 4. 9. Sulama havuzları aylara bağlı sülfat değerleri (me/L)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	8.157	0.334	0.246	0.668	0.554	0.553	0.120	0.202	0.120	0.454	1.140
Temmuz	6.595	0.334	0.326	0.715	0.744	0.749	0.142	0.268	0.144	0.407	1.042
Ağustos	6.827	0.347	0.557	0.781	0.865	0.865	0.151	0.311	0.151	0.375	1.123
Eylül	7.379	0.375	3.083	0.863	0.924	0.928	0.152	0.336	0.155	0.389	1.458
Ortalama	7.239	0.347	1.053	0.756	0.771	0.773	0.141	0.279	0.142	0.406	1.190

Çizelge 4.9 incelendiğinde Hakkari merkez havuzlarda muhtelif aylarda yapılan çalışmalarda, araştırma noktalarında minimum sülfat değeri 0.12 me/L ile Üzümcü köyü Derav ve Tütünlü (9. ve 7. örnekleme noktası) mevkiinde haziran ayında, maksimum sülfat değeri ise 8.157 me/L ile Akçalı köyü Kanatlı (1. örnekleme noktası) mevkiinde haziran ayında ölçülmüştür. Araştırma noktalarının ortalama sülfat değerleri 1. örnekleme noktasında 7.239 me/L, 2. örnekleme noktasında 0.347 me/L, 3. örnekleme noktasında 1.053 me/L, 4. örnekleme noktasında 0.756 me/L, 5. örnekleme noktasında



0.771 me/L, 6. örnekleme noktasında 0.773 me/L, 7. örnekleme noktasında 0.141 me/L, 8. örnekleme noktasında 0.279 me/L, 9. örnekleme noktasında 0.142 me/L ve 10. örnekleme noktasında 0.406 me/L olarak kaydedilmiştir. Tüm araştırma noktalarının yetiştirme periyodu boyunca (haziran, temmuz, ağustos ve eylül) ortalama sülfat değeri ise 1.190 me/L olarak ölçülmüştür. Yapılan analizler neticesinde tüm noktaların en düşük aylık ortalama sülfat değeri 1.042 me/L ile temmuz ayında, en yüksek sülfat değeri ise 1.458 me/L ile eylül ayında ölçülmüştür.



Şekil 4. 9. Sülfatın 2018 yılı aylara göre değişimi (me/L).

Aksoy (2012) Iğdır Bulakbaşı'nda sülfat değerlerini 43.0 mg/L ile 70 mg/L arasında, Alpözen (2017) Konya Sarayönü'nde 5.15 mg/L ile 8.53 mg/L arasında, Şenel (2017) Antalya Boğaçayı'nda 28.14 mg/L ile 51.63 mg/L arasında, Bulum (2015) Van Bendimahi Çayı'nda 2 mg/L ile 21 mg/L arasında, Bayram (2016) Van Güzelkonak deresinde 10.00 mg/L ile 24.00 mg/L arasında, Yinanç (2013) Kahramanmaraş Sağ Sahil yöresinde 0 ile 2.89 me/L arasında, Cerit (2014) Sivas ili Hafik ilçesinde 0 ile 0.90 me/L arasında bulunmuştur.

Tüm örnek havuzlarının aylık ortalama sülfat değerleri Ayers ve Westcot (1989) yöntemine göre müsaade edilebilir üst sınırın içerisinde yer almaktadır. Ayrıca Scofield (1936) yöntemine göre sular çok iyi sulama suyu sınıfında değerlendirilirken, Akçalı - Kanatlı mevkiindeki sulama suyu kullanılabilir sulama suyu sınıfında yer almıştır.

#### 4.1.10. Karbonat

Karbonat; kireç taşı, dolomit ve demir karbonat formunda bulunur. Kireç taşı ve dolomit topraklarda mevcut ve genellikle iyileştirici olarak kullanılır. Alkali karbonatlar mineral kaynaklarda çok, doğal sularda ise az bulunur. Eriyebilir karbonatlar, sulama

suyu ile birlikte toprağa verilirse ve toprakta kalsiyum ve potasyum iyonu yoksa sodyumlulaşma riski ortaya çıkar. Sulama sularındaki karbonatın büyük bir bölümü hava ve toprakta  $\text{CO}_3^{-2}$  iyonun suda derişimi ile bulunmaktadır. Karbonatın sulama sularında pH'ın 8.5'dan fazla olduğu yerlerde ciddi ölçüde bulunabileceği ifade edilmiştir. Havuzlarda suların tamamında pH'ın 8.5'dan küçük bulunmasından ötürü karbonat miktarının 0 veya az miktarda sonuçlandığı düşünülmektedir. Ayers ve Westcot (1989) yöntemine göre karbonatta müsaade edilebilir sınır 0 - 1 me/L'dir (Kanber ve Ünlü, 2014; Kali, 2008; Lindsay, 1979; Ayers ve Westcot, 1989).

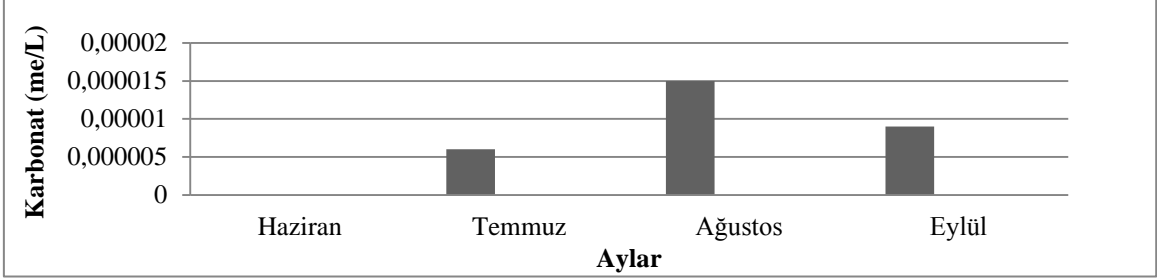
Araştırma noktalarında muhtelif aylarda alınan su örneklerinin karbonat değerleri Çizelge 4.10'da ve karbonat değerlerinin mevsimsel varyasyonu ise Şekil 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4. 10. Sulama havuzları aylara bağlı karbonat değerleri (me/L)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temmuz	0	0	0	0	0	0	0.00003	0	0.00003	0	0.000006
Ağustos	0	0.00003	0	0.00003	0.00003	0	0.00003	0	0.00003	0	0.000015
Eylül	0	0.00003	0	0	0.00003	0	0	0	0.00003	0	0.000009
Ortalama	0	0.000015	0	0.000007	0.000015	0	0.000015	0	0.000025	0	0.000007

Çizelge 4.10 incelendiğinde Hakkari merkez havuzlarda muhtelif aylarda yapılan çalışmalarda, araştırma noktalarında minimum karbonat değeri 0, maksimum karbonat değeri ise 2, 4, 5, 7 ve 9'uncu örnekleme noktalarında 0.00003 me/L ölçülmüştür. Araştırma noktalarının ortalama karbonat değerleri 1. örnekleme noktasında 0, 2. örnekleme noktasında 0.000015 me/L, 3. örnekleme noktasında 0, 4. örnekleme noktasında 0.000007 me/L, 5. örnekleme noktasında 0.000015 me/L, 6. örnekleme noktasında 0, 7. örnekleme noktasında 0.000015 me/L, 8. örnekleme noktasında 0, 9. örnekleme noktasında 0.000025 me/L ve 10. örnekleme noktasında 0 olarak kaydedilmiştir. Tüm araştırma noktaların yetiştirme periyodu boyunca (haziran, temmuz, ağustos ve eylül) ortalama karbonat değeri ise 0.000007 me/L olarak ölçülmüştür. Yapılan analizler neticesinde tüm noktaların en düşük aylık ortalama

karbonat değeri 0 ile haziran ayında, en yüksek karbonat değeri ise 0.000015 me/L ile ağustos ayında ölçülmüştür.



Şekil 4. 10. Karbonatın 2018 yılı aylara göre değişimi (me/L).

Şenel (2017) Antalya Boğaçayı'nda karbonat değerlerini 0.4 me/L ile 2.02 me/L arasında, Yinanç (2013) Kahramanmaraş Sağ Sahil yöresinde 0 ile 0.35 me/L arasında, Cerit (2014) Sivas ili Hafik ilçesinde 0 ile 4.20 me/L arasında bulunmuştur.

Tüm örnek havuzlarının aylık ortalama karbonat değerleri Ayers ve Westcot (1989) yöntemine göre müsaade edilebilir sınırlar içerisinde dir.

#### 4.1.11. Bikarbonat

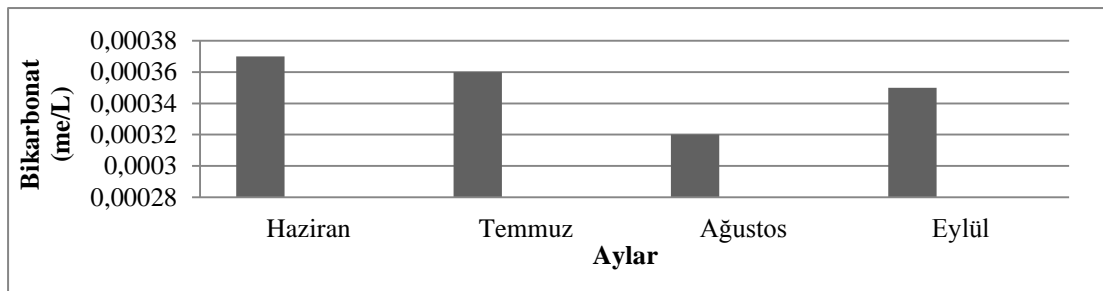
Mikroorganizmalar ile bitki kökleri tarafından çıkarılan karbondioksit, suda çözüldüğü vakit bikarbonat derişimi fazlalaşır. Karbondioksit, karbonat ve bikarbonatın fazlalaşması, sulama suyunda pH'ın artmasına ve suda alkali bir özelliğın egemen olmasına sebep olur. Bu nedenle ki kalsiyum iyonu çöker ve sistemde sodyum iyonu başat hale geçer. Bikarbonat iyonunun bitkiye zararlı tesiri vasıtalı şekildedir. Ayers ve Westcot (1989) yöntemine göre bikarbonatta müsaade edilebilir sınır 0 - 10 me/L'dir. Aynı zamanda bikarbonatta üsten yağmurlama için sınır değeri 1.5 me/L olarak belirlenmiştir (Kanber ve Ünlü, 2014; Ayers ve Westcot, 1989).

Araştırma noktalarında muhtelif aylarda alınan su örneklerinin bikarbonat değerleri Çizelge 4.11'de ve bikarbonat değerlerinin mevsimsel varyasyonu ise Şekil 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4. 11. Sulama havuzları aylara bağlı bikarbonat değerleri (me/L)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ort.
Haz.	0.00068	0.00037	0.00040	0.00042	0.00037	0.00036	0.00018	0.00032	0.00018	0.00045	0.00037
Tem.	0.00077	0.00037	0.00042	0.00049	0.00036	0.00034	0.00018	0.00029	0.00018	0.00029	0.00036
Ağu.	0.00067	0.00031	0.00027	0.00037	0.00032	0.00032	0.00018	0.00029	0.00018	0.00031	0.00032
Eyl.	0.00072	0.00039	0.00031	0.00047	0.00037	0.00040	0.00014	0.00027	0.00024	0.00027	0.00032
Ort.	0.00071	0.00036	0.00035	0.00043	0.00035	0.00035	0.00017	0.00029	0.00019	0.00033	0.00035

Çizelge 4.11 incelendiğinde Hakkari merkez havuzlarda muhtelif aylarda yapılan çalışmalarda, araştırma noktalarında minimum bikarbonat değeri 0.00014 me/L ile Üzümcü köyü Tütünlü (7. örnekleme noktası) mevkisinde eylül ayında, maksimum bikarbonat değeri ise 0.00077 me/L ile Akçalı köyü Kanatlı (1. örnekleme noktası) mevkisinde temmuz ayında ölçülmüştür. Araştırma noktalarının ortalama bikarbonat değerleri 1. örnekleme noktasında 0.00071 me/L, 2. örnekleme noktasında 0.00036 me/L, 3. örnekleme noktasında 0.00035 me/L, 4. örnekleme noktasında 0.00043 me/L, 5. örnekleme noktasında 0.00035 me/L, 6. örnekleme noktasında 0.00035 me/L, 7. örnekleme noktasında 0.00017 me/L, 8. örnekleme noktasında 0.00029 me/L, 9. örnekleme noktasında 0.00019 me/L ve 10. örnekleme noktasında 0.00033 me/L olarak kaydedilmiştir. Tüm araştırma noktalarının yetiştirme periyodu boyunca (haziran, temmuz, ağustos ve eylül) ortalama bikarbonat değeri ise 0.00035 me/L olarak ölçülmüştür. Yapılan analizler neticesinde tüm noktaların en düşük aylık ortalama bikarbonat değeri 0.00032 me/L ile ağustos ve eylül ayında, en yüksek bikarbonat değeri ise 0.00037 me/L ile haziran ayında ölçülmüştür.



Şekil 4. 11. Bikarbonatın 2018 yılı aylara göre değişimi (me/L).

Aksoy (2012) Iğdır Bulakbaşı'nda bikarbonat değerlerini 213.5 mg/L ile 473.97 mg/L arasında, Şenel (2017) Antalya Boğaçayı'nda 3.14 me/L ile 7.39 me/L arasında, Bulum (2015) Van Bendimahi Çayı'nda 841.8 mg/L ile 414.8 mg/L arasında, Bayram (2016) Van Güzelkonak deresinde 268.4 mg/L ile 732.0 mg/L arasında, Cerit (2014) Sivas ili Hafik ilçesinde 3.92 me/L ile 9.20 me/L arasında bulunmuştur.

Tüm örnek havuzlarının aylık ortalama bikarbonat değerleri Ayers ve Westcot (1989) yöntemine göre müsaade edilebilir üst sınırın altındadır.

#### 4.1.12. Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR)

Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR), sulama suyundaki veya çamur süzüğündeki sodyum ( $\text{Na}^+$ ) elementinin, başka elementlerle değişim durumunu belirtmek için kullanılır. SAR sınıflandırması değişken sodyum ( $\text{Na}^+$ ) iyonunun, toprağın fiziksel özelliklerine olan etkisini yansıtmaya çalışır. Elektriksel iletkenlikle sodyum adsorbsiyon oranı arasında zıt bir bağıntı vardır. Sodyum adsorbsiyon oranının sulama suyun da artmasıyla, toprağın saturasyon ekstraktının SAR oranı da artar. Buna bağlı olarak da değişebilir sodyum yüzdesi değerleri de artar (Kanber ve Ünlü, 2014; Sağlam ve Adiloğlu, 1997).

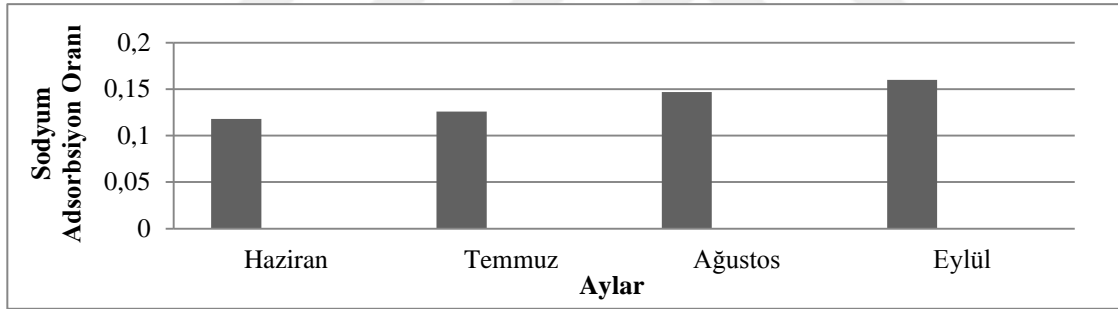
Araştırma noktalarında muhtelif aylarda alınan su örneklerinde yapılan analiz ve hesaplamalar sonucu SAR değerleri Çizelge 4.12'de ve SAR değerlerinin mevsimsel varyasyonu ise Şekil 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 3. 11. Sulama havuzları aylara bağlı SAR değerleri (me/L)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	0.516	0.185	0.060	0.024	0.025	0.026	0.059	0.016	0.058	0.214	0.118
Temmuz	0.627	0.174	0.163	0.021	0.023	0.024	0.054	0.015	0.055	0.106	0.126
Ağustos	0.712	0.161	0.308	0.032	0.033	0.036	0.070	0.019	0.070	0.029	0.147
Eylül	0.704	0.145	0.336	0.028	0.031	0.040	0.063	0.021	0.062	0.170	0.16
Ortalama	0.639	0.166	0.216	0.026	0.028	0.031	0.061	0.017	0.061	0.129	0.137

Çizelge 4.12 incelendiğinde Hakkari merkez havuzlarda muhtelif aylarda yapılan çalışmalarda, minimum sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) değeri 0.015 me/L ile

Üzümcü köyü Cemeabbas (8. örnekleme noktası) mevkisinde temmuz ayında, maksimum sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) değeri ise 0.712 me/L ile Akçalı köyü Kanatlı (1. örnekleme noktası) mevkisinde ağustos ayında belirlenmiştir. Araştırma noktalarının ortalama sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) değerleri 1. örnekleme noktasında 0.639 me/L, 2. örnekleme noktasında 0.166 me/L, 3. örnekleme noktasında 0.216 me/L, 4. örnekleme noktasında 0.026 me/L, 5. örnekleme noktasında 0.028 me/L, 6. örnekleme noktasında 0.031 me/L, 7. örnekleme noktasında 0.061 me/L, 8. örnekleme noktasında 0.017 me/L, 9. örnekleme noktasında 0.061 me/L ve 10. örnekleme noktasında 0.129 me/L olarak kaydedilmiştir. Tüm araştırma noktalarının yetiştirme periyodu boyunca (haziran, temmuz, ağustos ve eylül) ortalama sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) değeri ise 0.137 me/L olarak bulunmuştur. Yapılan analizler ve işlemler neticesinde tüm noktaların en düşük aylık ortalama sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) değeri 0.118 me/L ile haziran ayında, en yüksek sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) değeri ise 0.16 me/L ile eylül ayında belirlenmiştir.



Şekil 4. 12. SAR'ın 2018 yılı aylara göre değişimi (me/L).

Yinanç (2013) Kahramanmaraş Sağ Sahil yöresinde sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) değerini 0.01 me/L ile 1.20 me/L arasında, Alpözen (2017) Konya Sarayönü'nde 1.00 mg/L ile 1.40 mg/L arasında, Cerit (2014) Sivas ili Hafik ilçesinde 0.56 me/L ile 3.67 me/L arasında, Anbarcı (2010) Edirne ili Keşan ilçesinde 1.02 me/L ile 3.88 me/L arasında bulunmuştur.

Tüm örnek havuzlarının aylık ortalama sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) değeri Christiansen ve ark. (1977) göre birinci sınıf sulama suyu sınıfına girmektedir. USSS (1954)'ye göre ise sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) değerleri birinci sınıf (S<sub>1</sub>) sulama suyu sınıfındadır.

#### 4.1.13. Sodyum yüzdesi (% Na)

Sodyum yüzdesinin (% Na), sulama sularında kötü sonuç doğurmaması için değerlerin 50 - 60'dan büyük olması istenmez. Sulama suyunun topraklarda meydana getireceği sodyum tehlikesi, katyon konsantrasyonuna bağlıdır. Sodyum içeriği yüksek ise sodyum riski ve zararı daha çoktur (Güngör ve ark., 2002; Kanber ve Ünlü, 2014).

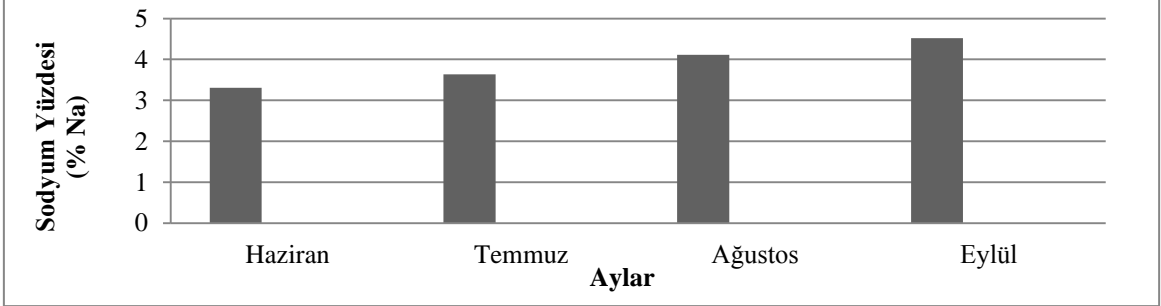
Araştırma noktalarında muhtelif aylarda alınan su örneklerinde yapılan analiz ve hesaplamalar sonucu sodyum yüzdesi (% Na) değerleri Çizelge 4.13'te ve sodyum yüzdesi (% Na) değerlerinin mevsimsel varyasyonu ise Şekil 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4. 12. Sulama havuzları aylara bağlı sodyum yüzdesi (% Na) değerleri (me/L)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	7.820	6.339	2.197	0.767	0.866	0.890	2.729	0.646	2.747	8.039	3.304
Temmuz	11.738	6.596	4.914	0.700	0.822	0.847	2.730	0.625	2.795	4.607	3.637
Ağustos	12.441	6.142	10.377	0.956	1.231	1.257	3.626	0.784	3.380	0.972	4.116
Eylül	12.330	5.422	10.843	0.892	1.106	1.383	3.055	0.847	2.971	6.350	4.519
Ortalama	11.082	6.124	7.082	0.828	1.00	1.094	3.035	0.725	2.973	4.992	3.894

Çizelge 4.13 incelendiğinde Hakkari merkez havuzlarda muhtelif aylarda yapılan çalışmalarda, minimum sodyum yüzdesi (% Na) değeri 0.625 me/L ile Üzümcü köyü Cemeabbas (8. örnekleme noktası) mevkisinde temmuz ayında, maksimum sodyum yüzdesi (% Na) değeri ise 12.441 me/L ile Akçalı köyü Kanatlı (1. örnekleme noktası) mevkisinde ağustos ayında belirlenmiştir. Araştırma noktalarının ortalama sodyum yüzdesi (% Na) değerleri 1. örnekleme noktasında 11.082 me/L, 2. örnekleme noktasında 6.124 me/L, 3. örnekleme noktasında 7.082 me/L, 4. örnekleme noktasında 0.828 me/L, 5. örnekleme noktasında 1.00 me/L, 6. örnekleme noktasında 1.094 me/L, 7. örnekleme noktasında 3.035 me/L, 8. örnekleme noktasında 0.725 me/L, 9. örnekleme noktasında 2.973 me/L ve 10. örnekleme noktasında 4.992 me/L olarak kaydedilmiştir. Tüm araştırma noktaların yetiştirme periyodu boyunca (haziran, temmuz, ağustos ve eylül) ortalama sodyum yüzdesi (% Na) değeri ise 3.894 me/L olarak hesaplanmıştır. Yapılan analizler ve işlemler neticesinde tüm noktaların en düşük

aylık ortalama sodyum yüzdesi (% Na) değeri 3.304 me/L ile haziran ayında, en yüksek sodyum yüzdesi (% Na) değeri ise 4.519 me/L ile eylül ayında belirlenmiştir.



Şekil 4. 13. Sodyum yüzdesinin (% Na) 2018 yılı aylara göre değişimi (me/L).

Yinanç (2013) Kahramanmaraş Sağ Sahil’de sodyum yüzdesi değerlerini 0.21 me/L ile 28.34 me/L arasında, Alpözen (2017) Konya Sarayönü’nde 15.1 mg/L ile 25.0 mg/L arasında, Dönmez (2010) Ilgın Çavuşçu Gölü’nde 0 ile 24.49 mg/L arasında, (Sarı, 2007) Konya kent merkezinde 0.51 me/L ile 5.26 me/L arasında bulunmuştur.

Tüm örnek havuzlarının aylık ortalama sodyum yüzdesi (% Na) Scofield (1936) ve Christiansen ve ark. (1977) yöntemine göre birinci sınıf yani çok iyi sulama suyu sınıfına girmektedir.

#### 4.1.14. Kalıcı sodyum karbonat (RSC)

Kalıcı sodyum karbonat (RSC), toprakların fiziksel yapısına zarar vermekte ve siyah alkali diye adlandırılan sodyumlu toprakların meydana gelmesine sebep olmaktadır (Kanber ve Ünlü, 2014).

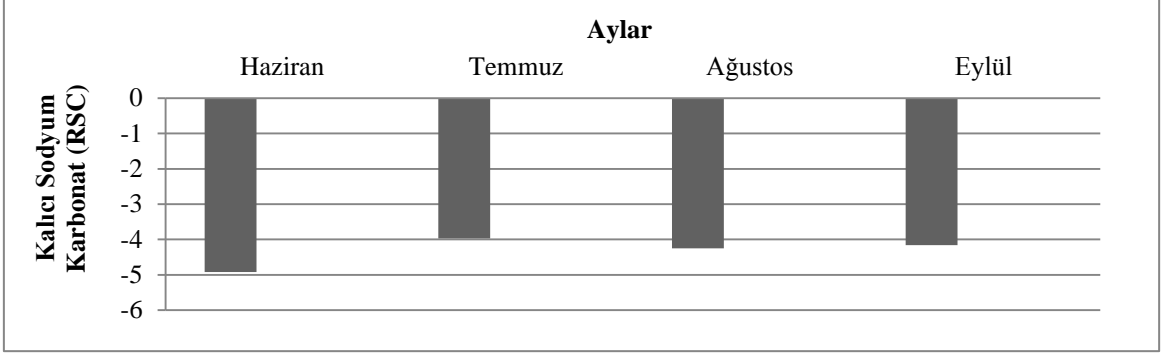
Araştırma noktalarında muhtelif aylarda alınan su örneklerinde yapılan analiz ve hesaplamalar sonucu kalıcı sodyum karbonat değerleri (RSC) Çizelge 4.14’te ve kalıcı sodyum karbonat değerinin mevsimsel varyasyonu ise Şekil 4.14’te verilmiştir.



Çizelge 4. 13. Sulama havuzları aylara bağlı RSC değerleri (me/L)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ortalama
Haziran	-17.59	-3.70	-3.58	-5.15	-4.33	-4.32	-2.19	-3.36	-2.14	-2.93	-4.92
Temmuz	-10.27	-3.01	-4.94	-4.52	-3.96	-3.96	-1.87	-3.00	-1.86	-2.40	-3.97
Ağustos	-11.68	-2.98	-3.38	-5.57	-3.59	-4.14	-1.71	-2.89	-2.01	-4.56	-4.25
Eylül	-11.66	-3.16	-3.68	-4.87	-4.00	-4.04	-1.98	-3.14	-2.07	-3.06	-4.16
Ortalama	-12.8	-3.21	-3.89	-5.02	-3.97	-4.11	-1.93	-3.09	-2.02	-3.23	-4.32

Çizelge 4.14 incelendiğinde Hakkari merkez havuzlarda muhtelif aylarda yapılan çalışmalarda, minimum kalıcı sodyum karbonat (RSC) değeri -17.59 me/L ile Akçalı köyü Kanatlı (1. örnekleme noktası) mevkinde haziran ayında, maksimum kalıcı sodyum karbonat (RSC) değeri ise -1.71 me/L ile Üzümcü köyü Tütünlü (7. örnekleme noktası) mevkinde ağustos ayında belirlenmiştir. Araştırma noktalarının ortalama kalıcı sodyum karbonat (RSC) değerleri 1. örnekleme noktasında -12.8 me/L, 2. örnekleme noktasında -3.21 me/L, 3. örnekleme noktasında -3.89 me/L, 4. örnekleme noktasında -5.02 me/L, 5. örnekleme noktasında -3.97 me/L, 6. örnekleme noktasında -4.11 me/L, 7. örnekleme noktasında -1.93 me/L, 8. örnekleme noktasında -3.09 me/L, 9. örnekleme noktasında -2.02 me/L ve 10. örnekleme noktasında -3.23 me/L olarak kaydedilmiştir. Tüm araştırma noktalarının yetiştirme periyodu boyunca (haziran, temmuz, ağustos ve eylül) ortalama kalıcı sodyum karbonat (RSC) değeri ise -4.32 me/L olarak bulunmuştur. Yapılan analizler ve işlemler neticesinde tüm noktaların düşük aylık ortalama kalıcı sodyum karbonat (RSC) değeri -4.92 me/L ile haziran ayında, en yüksek kalıcı sodyum karbonat (RSC) değeri ise -3.97 me/L ile temmuz ayında belirlenmiştir.



Şekil 4. 14. Kalıcı sodyum karbonatın (RSC) 2018 yılı aylara göre değişimi (me/L).

Yinanç (2013) Kahramanmaraş Sağ Sahil de kalıcı sodyum karbonat (RSC) değerlerini 3.25 me/L ile 0.08 me/L arasında, Alpözen (2017) Konya Sarayönü'nde 0, Dönmez (2010) Ilgın Çavuşçu Gölü'nde -6.7 mg/L ile 0 mg/L arasında, Cerit (2014) Sivas ili Hafik ilçesinde -1.91 me/L ile 7.93 me/L arasında, Karadavut (2009) Aksaray'da -6.00 me/L ile 10.30 me/L arasında, Sarı (2007) Konya kent merkezinde 0 olarak bulunmuştur.

Kalsiyum ve magnezyum iyonlarının toplamı, karbonat ve bikarbonat iyonlarının toplamında fazla olduğu için sonuçlar negatif çıkmıştır. Bu nedenle tüm örnek havuzlarının aylık ortalama kalıcı sodyum karbonat değerleri Eaton (1950) yöntemine göre birinci sınıf sulama sınıfıdır.

## 5. SONUÇ

Hakkari'de tarım arazilerinin sulanmasında kullanılan suların kalitesinin incelenmesi amacıyla yürütülen bu çalışmada elde edilen veriler doğrultusunda hesaplama, tespit ve değerlendirmeler yapılmıştır. Bu değerlendirmelerin sonuçları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

**1-** Basıncılı sulama sistemleri ve özellikle damla sulama sistemi için pH önemlidir. Yapılan bu çalışma sonucunda suların ortalama pH değerleri 7.06 ile 8.43 arasında değişmekte ve bu sular bazik özellik göstermektedir. Sulama suyu olarak kullanılmasında herhangi bir sorun oluşturmamaktadır. Ancak sulama suları ile bir arada toprağa verilecek bazı besin elementlerinin suların pH değeri daha da artıracığı göz önünde bulundurulursa başta damlama sulama sistemleri olmak üzere basıncılı sulama sistemlerinde tıkanmaya yol açabilir.

**2-** Sulama sularının aylık ortalama elektriksel iletkenlik değerleri 547.7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ile 97.90  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında bulunmuştur. Suların sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) değerleri ise 0.017 me/L ile 0.639 me/L arasında değişmektedir. ABD Tuzluluk Laboratuvarı sınıflandırma sistemine göre bu sular  $C_1S_1$  ve  $C_2S_1$  sınıfına girmektedir. Buna göre 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 numaralı sular  $C_1S_1$  yani düşük tuzlu ve düşük sodyumlu sulama suyu sınıfına; 1 numaralı su ise  $C_2S_1$  yani kısmen düşük tuzlu ve düşük sodyumlu sulama suyu sınıfına girmektedir.  $C_1S_1$  sınıfına giren sular iyi kaliteli olup her bitki için güvenle kullanılabilir niteliktedir.  $C_2S_1$  sulama suyu sınıfına giren sular ise hafif bünyeli topraklarda, tuza orta veya yüksek derecede dayanıklı bitkilerin seçilmesiyle, herhangi bir toprak yönetimine ihtiyaç olmadan sulama suyu olarak kullanılabilir. Ancak tuza karşı hassas olan sebze veya meyvelerin sulanmasında kullanıldığında dikkat edilmelidir.

**3-** Yapılan bu çalışmada su örneklerinin kalıcı sodyum karbonat (RSC) değerleri -12.8 me/L ile -1.93 me/L arasında yer almaktadır. Bu değerler sulamada izin verilebilir sınır değer olan 2.50 me/L değerinin oldukça altındadır (Eaton, 1950). Buna göre havuzlardaki sular kalıcı sodyum karbonat (RSC) yönünden, sulamada güvenle kullanılabilir sınıftadır.

**4-** Anyon değerlerinde aylara oranla büyük bir değişim görülmemiştir. Sulama suyu analizinde anyonlar arasında sülfat iyonunun hakim olduğunu söylemek mümkündür. Su örnekleri klor değerlerine göre değerlendirildiğinde, bu değerler 0.015 me/L ile 0.132 me/L arasında değişmektedir. Yağmurlama sulama için klor 3 me/L ve yüzey sulama için ise klor sınır değeri 4 me/L olarak bulunmuşlardır (Ayers ve Westcot, 1989). Elde edilen bu sonuçlar sulamada izin verilebilir sınır değerinin oldukça altındadır. Bu sebeple havuzlardaki sular klor yönünden herhangi bir problem teşkil etmemekte ve gerek yağmurlama sisteminde gerekse yüzey sulama sisteminde güvenle kullanılabilir niteliktedir. Sulama sularında sülfat konsantrasyonları 0.141 me/L - 7.239 me/L arasında olup güvenilir sınır değer olan 20 me/L geçmediği için sulama açısından problem teşkil etmemektedir (Ayers ve Westcot, 1989). Su örnekleri nitrat değerlerine göre değerlendirildiğinde ise 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 numaralı sular yüksek kalite yani sulamaya uygun; 1 numaralı su (Akçalı Köyü - Kanatlı) ise ikinci kalite - az kirlenmiş yani şüpheli sulama suyu sınıfına girmektedir. 1 numaralı suyun nitrat değerlerinin diğer sulara oranla yüksek çıkması, kar sularının azotlu bileşikleri su kaynaklarına taşınması ve tarım ilaçları ile hayvan atıklarının yeraltı suyuna sızmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Fazla nitrat ise toprak yapısını bozmakta, toprağın hidrolik iletkenliğini ise artırmaktadır (Kanber ve Ünlü, 2014). Bu nedenle ötürü Akçalı Köyü - Kanatlı mevkindeki suyun sulamada kullanılmasında dikkat edilmeli ve ilaveten nitrat gübrelemesine gereksinim duyulmadan kullanılması gerektiği düşünülmektedir.

**5-** Katyon değerlerinde aylara oranla büyük bir değişim görülmemiştir. Sulama suyu analizinde katyonlar arasında kalsiyum iyonunun hakim olduğunu söylemek mümkündür. Sulama sularında kalsiyum konsantrasyonlarının aylık ortalama değerleri 1.42 me/L - 5.87 me/L arasında değişmektedir. Kalsiyum için sınır değer 20 me/L olarak bulunmuştur (Ayers ve Westcot, 1989). Kalsiyum değerleri güvenilir sınır değeri geçmediği için havuzlardaki suyun sulama suyu olarak kullanılmasında herhangi bir sakınca bulunmamaktadır. Suların kalsiyum değerlerinin düşük çıkması ise yağışın fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sulama sularında magnezyum iyonunun aylık ortalama değerleri 0.52 me/L - 6.93 me/L arasında değişmektedir. Magnezyum için sınır değer 5 me/L'yi olarak bulunmuşlardır (Ayers ve Westcot, 1989). Buna göre 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 numaralı sular sınır değerler arasında ve 1 numaralı su (Akçalı -

Kanatlı) ise sulamada müsaade edilebilir sınır değerin üstünde bulunmuştur. Suda magnezyum fazlalığı bitkilerdeki kalsiyum ve magnezyum dengesine zarar verir ve aynı zamanda toprağın yapısını da etkiler. Bu sebeple Akçalı Köyü Kanatlı mevkisindeki suyun sulamada kullanılmasında dikkat edilmelidir. Su örnekleri potasyum değerlerine göre değerlendirildiğinde ise 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 numaralı sular sınır değerler arasında olduğu için sulamaya uygundur. Ancak 1 numaralı (Akçalı Köyü - Kanatlı) ve 3 numaralı (Kırıkdağ Köyü - Şişer) havuzlardaki sular sınır değerin üstünde bulunmuştur. Potasyumun bu havuzlarda yüksek çıkması, bölgede ya yoğun gübre kullanılması ya da hayvan artıklarının suya karışmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu nedenle Akçalı Köyü - Kanatlı ve Kırıkdağ Köyü - Şişer mevkiilerindeki suların ek potasyum gübrelemesine gerek duyulmadan, dikkat edilerek kullanılması gerektiği düşünülmektedir. Su örnekleri sodyum değerlerine göre incelendiğinde ise sodyum konsantrasyonu 0.022 me/L ile 1.595 me/L arasında yer almaktadır. Yağmurlama sulama ve yüzey sulama için sodyum sınır değeri 3 me/L olarak bulunmuştur (Ayers ve Westcot, 1989). Elde edilen bu sonuçlar sulamada izin verilebilir sınır değerinin oldukça altındadır. Bu sebeple havuzlardaki sular sodyum yönünden herhangi bir problem teşkil etmemekte ve hem yağmurlama sisteminde hem yüzey sulama sisteminde güvenle kullanılabilir.

**6-** Sodyum yüzdesi (% Na) değerleri 0.725 me/L - 11.082 me/L arasında değişmektedir. Sodyum yüzdesi (% Na) oranına göre sular 1. sınıftır ve kullanıma uygundur.

**7-** Karbonat değerleri 0 - 0.000025 me/L arasında yer almaktadır. Karbonat değerlerinin düşük çıkması, pH'ın 8.5'dan küçük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Karbonatta müsaade edilebilir sınır değer 0 - 1 me/L'dir (Ayers ve Westcot, 1989). Bikarbonat değerleri ise 0.00017 me/L - 0.00071 me/L arasında olduğu görülmüştür. Bikarbonatta müsaade edilebilir sınır değer ise 0 - 10 me/L'dir ve bikarbonatta üsten yağmurlama için sınır değer 1.5 me/L olarak belirlenmiştir (Ayers ve Westcot, 1989). Karbonat ve bikarbonat değerleri, sınır değerler arasında olduğu için sulama için uygundur. Aynı zamanda bikarbonat da üstten yağmurlama için emniyetli sınır değeri olan 1.5 me/L değerini geçmediği için yağmurlama sisteminde kullanılabilir.

8- Yukarıda verilen maddeler doğrultusunda yapılan genel bir değerlendirmede sulama suyu kalitesinin uygun olduğu bulunmuştur. Ancak Akçalı Köyü Kanatlı mevkisindeki suyun bazı analiz sonuçları ikinci kalite ve sınır değerlerin üstünde çıkmıştır. Bu sebeple suyun ilerleyen dönemde toprakta tuzluluk, sodyumlaşma veya çoraklaşmaya sebebiyet vermemesi için gerekli analiz ve takiplerin yapılması gerekmektedir. Aynı zamanda Kırıkdağ Köyü - Şişer mevkisindeki suyun potasyum değerleri istenilen değerlerin biraz üstünde çıkmıştır. Bu nedenle potasyum değerlerinin ileriki tarihlerde de takibinin ve analizlerinin yapılması gerekmektedir. Ayrıca potasyum miktarının sulama suyunda artmasını önlemek için ek potasyum gübrelemesinin yapılmaması konusunda çiftçilerin bilgilendirilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak araştırma noktalarındaki suların sulama suyu kalitesi yönünden gözlenmesi, belirli sürelerde sürdürülebilir tarım için devam etmeli ve su kalitesi düşük çıkan suların nedeni saptanmalı ve gerekli tedbirler alınmalıdır. Zira elverişsiz suların kullanılması veya sınır değerler arasındaki suların bilinçsizce kullanılması, köylerdeki tarım alanlarında tuzluluk, alkalilik ve benzeri durumların yaşanmasına sebep olacaktır. Bu davranış, tarım ürünlerinde verimin düşmesine ve toprağın fiziksel ve kimyasal yapısında da bozulmalara yol açacaktır. Ayrıca sulama suyu olarak kullanılan suların büyük çoğunluğu içme ve kullanma suyu olarak da kullanıldığı saptanmıştır. Kalitesi düşük bir sulama suyunun; ilkin bitki sağlığı, sonrada biyolojik döngü sistemiyle insan ve hayvan sağlığına olumsuz yönde etki edebileceği gerçeği unutulmamalıdır.

Bu bulgular doğrultusunda; su potansiyelini daha etkin kullanmak, basınçlı sulama sistemlerinin kullanımını özendirmek, su kalitesini korumak, toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını korumak, tarım ilaçlarını bilinçli olarak (fazlalığı - azlığı) kullanmak ve su kalitesine uygun bitki deseni seçmek konusunda yöre halkını ve çiftçileri bilgilendirmek amacıyla uzman kişiler tarafından gerekli eğitim ve desteğin sağlanmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Aksoy, A., 2012. *Bulakbaşı Suyu'nun (Iğdır) Su Kalite Kriterleri Üzerine Bir Araştırma* (yüksek lisans tezi). Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Akaroğlu, Ş. N., Seferoğlu, S., 2018. Sulama suyu kalitesinin çileğin besin maddesi içerikleri ve bazı meyve kalite özellikleri üzerine etkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **15** (1): 47-54.
- Alpözen, C. M., 2017. *Konya-Sarayönü Gözlü Tarım İşletmesi Müdürlüğüne Ait Sulu Ziraat Alanlarındaki Su Kaynaklarının Sulama Suyu Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesi* (yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Anonim, 2015. Kıtaiçi yerüstü su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150415-18.htm>. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara. Erişim tarihi: 01.12.2018.
- Anonim, 2016. Dünya su gününe ilişkin açıklama. <https://www.tmmob.org.tr/icerik/odalardan-dunya-su-gunune-iliskin-aciklamalar>. Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, Ankara. Erişim tarihi: 2 Mayıs 2018.
- Anonim, 2018a. Toprak ve su kaynakları. <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara. Erişim tarihi: 2 Mayıs 2018.
- Anonim, 2018b. Hakkari İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü verileri. <http://www.hakkarikulturturizm.gov.tr/TR,159078/hakkarinin-konumu.html>. Erişim tarihi: 14.09.2018.
- Anonim, 2018c. Hakkari İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü verileri. <http://www.hakkarikulturturizm.gov.tr/TR,159075/hakkaride-iklim.html>. Erişim tarihi: 14.09.2018.
- Anonim, 2018d. Meteoroloji Genel Müdürlüğü verileri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceleristatistik.aspx?k=A&m=Hakkari>. Erişim tarihi: 14.09.2018.
- Anonim, 2018e. *Hakkari İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Bilgilendirme verileri*. Erişim tarihi: 14.09.2018.
- Anbarcı, M., 2010. *Keşan ve Çevresinde Yetiştirilen Sebzelerin Sulanmasında Kullanılan Sulama Sularının Kalitelerinin Belirlenmesi* (yüksek lisans tezi). Tekirdağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Arslan, H., Güler, M., Cemek, B., Demir, Y., 2007. Bafra ovası yeraltı suyu kalitesinin sulama açısından değerlendirilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, **4** (2): 219-226
- Asri, F. Ö., Demirtaş, E. I., Arı, N., 2018. Antalya-Finike yöresi portakal bahçelerinde kullanılan sulama sularının kalitelerinin belirlenmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, **31** (2): 169-173.
- Ayrancı, Y., 2006. Muğla Ortaca yöresi sera sulama sularının kalitelerinin belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **20** (39): 32-36.
- Ayyıldız, M., 1990. *Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fak., Yay. No: 1196, Ankara. 277.

- Aydoğan, F., 2013. *Edirne İlindeki Sulama Suyu Kaynaklarının Kalitesi ve Ağır Metal İçeriklerinin Tespiti* (yüksek lisans tezi). Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Ayers, R. S., Westcot, D. W., 1989. *Water Quality for Agriculture*. Irrigation and Drainage Paper, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 29, Rev. 1. Rome, 173 s.
- Ayyıldız, M., 1983. *Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fak., Yay. No: 879, Ankara. 244.
- Bayram, M. S., 2016. *Van Gölü'ne Dökülen Güzelkonak (Arpit) Deresi'nin (Gevaş-Van) Su Kalite Kriterleri Üzerine Bir Araştırma* (yüksek lisans tezi). Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Bozkurt, S., Özekici, B., 2006. The effect of fertigation management in different types of in-line emitters on trickle irrigation system performance. *Journal of Applied Sciences*, 6 (5): 1165-1171.
- Bulum, Ö. B., 2015. *Bendimahi Çayı'nın (Van) Su Kalite Kriterleri Üzerine Bir Araştırma* (yüksek lisans tezi). Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Cerit, Y., 2014. *Sivas İli Hafik İlçesinde Yetiştirilen Sebzelerin Sulanmasında Kullanılan Sulama Sularının Kalitelerinin Belirlenmesi* (yüksek lisans tezi). Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Christiansen, J. E., Olsen E. C., Willardson, L. S., 1977. Irrigation water quality evaluation. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 103 (2): 155-69.
- Çakmacı, T., Şahin, Ü., Kuşlu, Y., Kızıloğlu, F. M., Tüfenkçi, Ş., Okuroğlu, M., (2016). Van ili tarım alanlarında temiz ve atık su kaynaklarının yönetimi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26 (4): 662-667.
- Çalışkan, D., 2010. *Ankara Çayı'nın Tarımsal Sulama Amaçlı Kullanılabilirliğinin Araştırılması* (yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çerçioğlu, M., Kara, R. S., Bülent, Okur., 2017. Kütahya-Simav yöresi sera topraklarının ve sulama suyu özelliklerinin araştırılması üzerine bir ön çalışma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54 (1): 61-70.
- Çetinkaya, O., 2003. *Su Kalitesi Ders Notları*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü, Van. 76 s.
- Demir, D. R., 2013. *Silifke Ovası Seracılık İşletmelerinde, Su Kaynaklarının Kalite Yönünden İncelenmesi* (yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Dişli, Y., 1997. *Antalya İli Kale (Demre) İlçesi Yeraltı Sulama Suyu Kalitesi Üzerine Bir Araştırma* (yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Dönmez, Z. K., 2010. *İlgın Çavuşçu Gölü Sulama Kanalında Su Kalitesi Parametrelerinin İncelenmesi* (yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Eaton, F. M., 1950. Significant of carbonates in irrigation waters. *Soil Science*, 69: 123-134.
- Egemen, Ö., 2011. *Su Kalitesi*. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fak., Yay. No: 14, İzmir. 150.
- Güllüoğlu, M. S., 2006. *Harran Ovası Yeraltı Suyu Kalitesinin Araştırılması* (yüksek lisans tezi). Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.



- Güngör, A., 2015. *Çarşamba Ovası Drenaj Sularının Sulamada Kullanılma Olanaklarının Araştırılması* (yüksek lisans tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Güngör, Y., Erözel, Z., Yıldırım, O., 2002. *Sulama*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fak., Yay. No: 1525, Ankara. 287.
- İşcan, S., Tepeli, E., Uyan, A., Yaşar, M., Çavdar, A., 2001. *Sulamanın Temel Esasları I. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Adana Zirai Üretim İşletmesi ve Mekanizasyon Eğitim Merkezi Müdürlüğü*, Yay. No: 2, Adana. 208.
- Kali, N., 2008. *Erzurum Ovası Su Kalitesi ve Kirliliğinin Tespiti* (yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Kanber, R., Çakır, R., Tarı, A. F., 2003. *Sulama ve Drenaj Mühendisliği*. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Yayın No: 122, Ankara. 47-59
- Kanber, R., Ünlü, M., 2014. *Tarımda Su ve Toprak Tuzluluğu*. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fak., Yay. No: 239, Adana. 296.
- Kaplan, M., Sönmez, S., Tokmak, S., 1999. Antalya Kumluca yöresi kuyu sularının nitrat içerikleri. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, **23** : 309-313.
- Karadavut, S., 2009. *Aksaray Bölgesi Yerüstü ve Yeraltı Su Kaynaklarının Potansiyeli Kalitesi ve Etkin Sulama Açısından Değerlendirilmesi* (doktora tezi). Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Kaykıoğlu, G., Ekmekyapar, F., 2005. Ergene havzasında endüstriyel işlem suyu olarak kullanılan yeraltı sularının özellikleri üzerine bir araştırma. *Trakya Üniversitesi J Sci*, **6** (1): 85-91.
- Küçük, S., 2007. Büyük Menderes nehri su kalite ölçümlerinin su ürünleri açısından incelenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **4** (1-2): 7-13.
- Lindsay, W. L., 1979. *Chemical Equilibria in Soils*. A Willey Interscience Publication, Newyork. 449.
- Nazar, M., 2018. *Beyşehir Gölü ve Beyşehir Gölü ile Tuz Gölü Arasındaki Sulama ve Tahliye Kanallarındaki Su Kalitesinin Değişimi* (yüksek lisans tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Okumuş, Ş., 2011. *Konya-Ereğli İvriz Sağ Sahil Sulama Birliğine Ait Yer Altı Su Kaynaklarının Sulama Suyu Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesi* (yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Richars, L. A., 1954. *Diagnosis and Improvement of Salin and Alkali Soils*. US Dept. Agric., Agric. Handb. No. 60, Washington DC. 160.
- Sarı, E., 2007. *Konya Kent Merkez Yeşil Alan Sulamasında Kullanılan Yeraltı Sularının Su Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesi* (yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Sağlam, M. T., Adiloğlu, A., 1997. *Su Kalitesi*. Trakya Üniversitesi, Ziraat Fak., Yay. No: 230, Tekirdağ. 27.
- Scofield, C. S., 1936. *The Salinity of Irrigation Water*. Smithsn Inst. Ann. Rpt., 1935.s. 275-287.
- Şahin, M., 2005. *Konya Kent Merkezi Park ve Yeşil Alanlarının Sulanmasında Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri* (doktora tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Şenel, M. S., 2017. *Antalya Boğaçayı'nda Kirlilik Düzeyi ve Su Kalitesinin Belirlenmesi* (yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

- Tuncay, H., 1994. *Su Kalitesi*. Ege Üniversitesi, Ziraat Fak., Yay. No: 512, İzmir. 243.
- Turan, T., Eren, Z., 2008. Türkiye’de su kaynakları ve su politikası. **TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi**. 20-22 Mart 2008, Erzurum. 25-30.
- USSL, 1954. *Salt Problems in Irrigation Soils*. USDA Agr. Inf. Bull. 190.
- Varol, S., Davraz, A., Varol, E., 2008. Yeraltı suyu kimyası ve sağlığa etkisinin tıbbi jeoloji açısından değerlendirilmesi. *AF Preventive Medicine Bulletin*, 7 (4): 351-356.
- Yalçın, H., Gürü, M., 2002. *Su Teknolojisi*. Palme Yayıncılık, Ankara. 504.
- Yavuz, F., 2011. *Balçova ve Seferihisar Yöresi Tarımsal Amaçlı Kullanılan Sulama Sularının Kimi Kalite Öğelerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma* (yüksek lisans tezi). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Yetiş, A. D., 2013. *Ceylanpınar Ovası Yeraltı Suyu Kalitesinin ve Kirlenme Potansiyelinin Belirlenmesi* (doktora tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Yıldıztekin, M., 2007. *Muğla Karabağlar Yöresi Kuyu Sularının Sulama Suyu Kalitesi Yönünden Araştırılması* (yüksek lisans tezi). Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Yinanç, K., 2013. *Kahramanmaraş Sağ Sahil Sulama Alanında Yeraltı Suyu Kalitesi ve Sulamada Kullanılabilirliğinin Araştırılması* (yüksek lisans tezi). Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Yıldırım, A. A., 1992. *Ereğli-İvriz Sağ Sahil Sulama Alanına Yeraltı Suyu Kalitesi ve Sulamada Kullanılabilirliği Üzerinde Bir Araştırma* (yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yurtseven, E., Sönmez, B., 1992. *Sulama Sistemlerinin Değerlendirilmesi*. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yay. No: 181/T-63, Ankara. 27-331.
- Zengin, M., 1992. *Konya Ovası Sulama Sularının Su Kalitesi Açısından Sınıflandırılması Üzerine Bir Araştırma* (yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

## ÖZ GEÇMİŞ

1991 yılında Hakkari'nin Şemdinli ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Hakkari'de tamamladı. 2011 yılında Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünü kazandı ve 2015 yılının Temmuz ayında mezun oldu. 2016 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisansa başladı. 2017 yılında Hakkari İl Özel İdaresinde mühendis olarak çalışmaya başladı ve halen çalışmaktadır. Yaşamını Hakkari'de sürdürmektedir.



T.C  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 01/08/2019

Tez Başlığı / Konusu:

**HAKKARİ-MERKEZ SULAMA HAVUZLARINDAKİ SU KALİTESİNİN SULAMA AÇISINDAN  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 62 sayfalık kısmına ilişkin, 01/08/2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından TURNITIN intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezin benzerlik oranı % 6 (altı) dir.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

  
01.08.2019  
Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Kayhan KAÇAR  
Öğrenci No:169101005  
Anabilim Dalı: Biyosistem Mühendisliği  
Programı: Biyosistem Mühendisliği  
Statüsü: Y. Lisans  Doktora

**DANIŞMAN ONAYI**

Prof. Dr. Şefik TÜFENKÇİ

UYGUNDUR

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

**ENSTİTÜ ONAYI**



(Unvan, Ad Soyad, İmza)  
Prof. Dr. Suat ŞENSOY  
Enstitü Müdürü