



Determination and Evaluation of Irrigation Water Quality in Areas Irrigated with Groundwater in the Southeast of Harran Plain

Yasin Demir^{1,a,*}, Azize Doğan Demir^{2,b}

¹Department of Soil Science and Plant Nutrition, Bingöl University, 12000 Bingöl, Turkey

²Department of Biosystem Engineering, Bingöl University, 12000 Bingöl, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 31/07/2019 Accepted : 23/10/2019</p> <p>Keywords: Irrigation Water quality Groundwater GAP Harran plain</p>	<p>Most of the non-irrigated areas in the southeast of the Harran Plain are irrigated by groundwater. The aim of this study is to determine the importance of 13 underground irrigation water sources operating in the agricultural areas of Ohali village in southeast of Harran Plain in Sanliurfa province in terms of some quality characteristics and irrigation. In this context, the waters belonging to 13 underground wells were analysed and examined in terms of irrigation water quality. According to the results of the analysis, the electrical conductivity of water samples was measured between 1127-4090 $\mu\text{S}/\text{cm}$. The SAR value of irrigation water was found to be between 1.05-3.41 and the %Na value was between 16.2% - 31.8%. In the evaluation made according to four different classification systems, in general, waters 6, 7, 8 and 9 were determined as the worst quality in all classification systems. These waters are described "unsuitable" irrigation water. Considering that the plants which have high water consumption such as cotton and corn are cultivated in the region, it is foreseen that if the necessary precautions are not taken, the salinity in the soil will increase and yield losses will be high. It is imperative that these areas, which cannot be irrigated within the scope of GAP irrigation project, be irrigated with clean water as soon as possible. However, an appropriate drainage system must be installed in the area.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi 7(11): 1894-1900, 2019

Harran Ovasının Güneydoğusunda Yeraltı Suyu ile Sulama Yapılan Alanlarda Sulama Suyu Kalitesinin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 31/07/2019 Kabul : 23/10/2019</p> <p>Anahtar Kelimeler: Sulama Su kalitesi Yeraltı suyu GAP Harran Ovası</p>	<p>Harran ovasının güneydoğusunda GAP projesi kapsamında sulanmayan alanların çoğu yeraltı suları ile sulanmaktadır. Bu çalışmanın amacı Şanlıurfa ili Harran Ovasının güneydoğusunda Ohali köyü tarım alanlarında faaliyette olan 13 adet yeraltı sulama suyu kaynağının, bazı kalite özellikleri ile sulama açısından önemini belirlemesidir. Bu bağlamda 13 adet yeraltı sondaj kuyusuna ait sular analiz edilerek sulama suyu kalitesi bakımından incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre su örneklerinin elektriksel iletkenlik değeri 1127- 4090 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında ölçülmüştür. Sulama sularının SAR değeri 1.05- 3.41 arasında, %Na değeri ise %16,2-%31,8 arasında bulunmuştur. Dört farklı sınıflandırma sistemine göre yapılan değerlendirmede genel olarak 6, 7, 8 ve 9 nolu sular bütün sınıflama sistemlerinde kalite olarak en kötü sular olarak belirlenmiştir. Bu sular sulama suyu olarak "uygun değil" olarak nitelendirilmiştir. Bölgede pamuk ve mısır gibi bitki su tüketimi yüksek olan bitkilerin tarımının yapıldığı göz önünde bulundurulduğunda, gerekli önlemler alınmadığı takdirde toprakta tuzluluğun artacağı ve verim kayıpların çok fazla olacağı ön görülmektedir. Çeşitli nedenlerle GAP sulama projesi kapsamında sulanamayan bu alanların bir an önce temiz su ile sulanması zorunludur. Bununla birlikte bölgede uygun bir drenaj sisteminin tesis edilmesi gereklidir.</p>

^a ydemir@bingol.edu.tr ^b <https://orcid.org/0000-0002-0117-8471> | ^a ademir@bingol.edu.tr ^b <https://orcid.org/0000-0003-2008-3408>



Giriş

Kurak ve yarı kurak iklime sahip yağışın yetersiz olduğu bölgelerde, bitki gelişimini dolayısıyla ürün verimini olumsuz yönde etkileyen en önemli etmen, kök bölgesindeki yarayışlı su noksanlığıdır (Falkenmark ve Rockstrom, 1993; Lal, 1991). Bu bölgelerde bitkisel üretimin optimum düzeyde gerçekleşmesi için sulu tarım zorunludur. Ancak sulama ile birlikte, tatlı su kaynaklarının tükenmesi, tuzluluk, çevre kirliliği ve çeşitli ekolojik sorunlar meydana gelmiştir (Kanber ve ark., 2005). Bu sorunların en önemli nedenlerinden biri yüksek tuz içeriğine sahip suların sulama suyu olarak kullanılmasıdır. Tuzlu sularla yapılan sulama ile o alandaki toprak tuzluluğu ve ürün verimi arasındaki ilişkiler yıllardan beri araştırma konusu olarak işlenmektedir (Agoubi et al., 2013; Rengasamy, 2006; Sun et al., 2018).

Türkiye’de tarımsal sulama için kullanılan su kaynaklarının başında göl veya baraj sulama şebekeleri, akarsular ve yeraltı su kaynakları gelmektedir (Muluk ve ark., 2013). Genel olarak sulama için su kaynaklarının %81’i yerüstü %19’u ise yeraltı kaynakları kullanılmaktadır (Anonim, 2014). Yeraltı suları yağış ya da yeryüzünde bulunan suların, yerçekimi etkisiyle yerin altına sızıp, oradaki boşluklarda birikmesiyle oluşan, jeolojik formasyona göre hareket edebilen sular olarak tanımlanır. Günümüzde yanlış sulama yönetimi yeraltı sularında ciddi bir kirliliğe neden olmuştur. Yüksek tuz içeriğine sahip üst akiferdeki su aşağı doğru süzülerek derin akiferdeki yeraltı sularında kirlenmeye sebep olmuştur (Kaplukan, 2013). Sulu tarımın yoğun olarak yapıldığı ve buharlaşmanın yüksek olduğu Harran, Çukurova ve Konya Ovası gibi bölgelerde bu tip yeraltı suyu kirliliğine rastlanmaktadır.

Harran Ovasında Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) kapsamında 1995 yılından itibaren yoğun sulu tarıma başlanmıştır. Ova topraklarının killi bünyeye sahip olması, bilinçsiz sulama ve buharlaşma bölgede tuzluluk ve taban suyu sorunlarına neden olmuştur (Tekinel ve ark., 2002). GAP kapsamında 2018 yılı sonu itibariyle sulamaya açılan alan 558.507 hektara ulaşmıştır. Bir başka ifade ile sulama hedefi %53 oranında gerçekleştirilmiştir. Geri kalan sulu tarımın yapıldığı alanlar ise genellikle yeraltı kuyu suları ile sulanmaktadır. Ancak Harran Ovasının özellikle güney kısmında yeraltı suyunda meydana gelen kirlilik toprak tuzluluğu başta olmak üzere birçok çevresel probleme neden olmaktadır. Genel olarak yeraltı suyu kirliliğine neden olan 4 etmen vardır. Bunlar; endüstriyel, tarımsal, evsel ve çevresel atıklardır (Sargın, 2010). Bu etmenlerden bölgede en aktif olanı tarımsal atıklardır. Tarımsal atıklardan kaynaklanan kirliliğe, gübreleme, ilaçlama ve topraktaki kristal halde bulunan tuzların sulama veya yağmur ile birlikte yeraltı suyuna taşınmalarıdır (Fried, 1975).

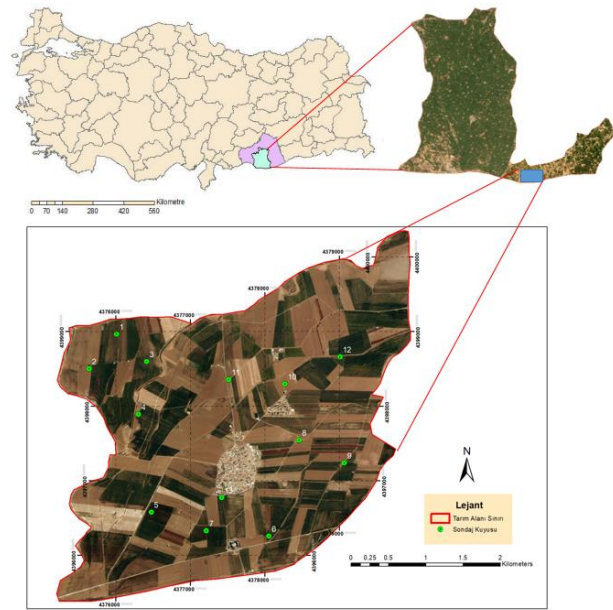
Bu çalışmanın amacı Şanlıurfa ili Harran Ovasının güneydoğusunda Ohali köyü tarım alanlarında faaliyette olan 13 adet yeraltı sulama suyu kaynağının, bazı kalite özellikleri ile sulama açısından öneminin belirlenmesidir. Bununla birlikte meydana gelebilecek olası risklerin değerlendirilmesi bu çalışmanın başka bir amacını taşımaktadır.

Materyal ve Yöntem

Çalışma Alanının Lokasyon ve İklim Özellikleri

Çalışma alanı olan Ohali köyü Güneydoğu Anadolu Bölgesi Harran Ovasının güney doğusunda 36° 41' – 36° 42' Kuzey Enlemleri ve 39° 18' -39° 20' Doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1). Çalışmanın yapıldığı saha 975 ha’lık alana sahip olup tamamı tarım alanıdır. Akçakale Tarım ve Orman İlçe Müdürlüğü 2018 yılı verilerine göre araştırma alanında en çok ekilen bitkiler sırasıyla pamuk, buğday, mısır ve arpa olarak rapor edilmiştir.

Çalışma alanına en yakın iklim istasyonu olan Akçakale istasyonu verilerine göre ilçede yıllık ortalama sıcaklık 17,7°C, toplam yağış miktarı 320 mm ve toplam buharlaşma miktarı 1848 mm ölçülmüştür.



Şekil 1 Çalışma alanı lokasyon haritası
Figure 1 Work area location map

Su Örneklerinin Alınması ve Analizi

Çalışmada kullanılan su örnekleri Ohali köyü tarım alanlarının içinde açılan, derinlikleri 110 -145 m arasında değişen 13 adet sondaj kuyusundan alınmıştır (Çizelge 1). Bu bölgede açılan kuyular Kahraman ve ark. (2016) belirttiği gibi Pleyistosen kil, kum ve çakıl karışımından oluşmuş serbest akiferde rotary sondaj yöntemiyle açılmıştır. Su örnekleri özel örnekleme kapları kullanılarak pamuk ve mısır bitkisi sulama sezonu başlangıcı olan Haziran ayında alınmıştır. Su örnekleri alınırken sondajların daha önceden çalışıyor olmasına dikkat edilmiş örnekleme kapları çalkalandıktan sonra su numuneleri alınmış ve analiz edilmek üzere kısa sürede laboratuvar ortamına taşınmıştır.

Sulama sularının kalite sınıflarının belirlenmesi amacıyla laboratuvar ortamında su örneklerinin EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$), pH, Na^+ (me/l), Ca^{+2} (me/l), K^+ (me/l), Mg^{+2} (me/l), CO_3^- (me/l), HCO_3^- (me/l), Cl^- (me/l) ve SO_4^{-2} (me/l) analizleri yapılmıştır (Tüzüner, 1990).

Belirlenen bu parametreler kullanılarak sulama sularında Çizelge 2'de yer alan bazı kalite indisleri belirlenmiştir.

Sulama sularının kalite sınıfları belirlenirken aşağıdaki sınıflandırma sistemleri kullanılmıştır.

- *Schofield sınıflandırma sistem (SSS)*: Bu sistemde suların elektriksel iletkenlik değeri (EC), sodyum iyonu oranı (%Na), klorür içeriği (Cl⁻) ve sülfat (SO₄²⁻) içerikleri göz önünde bulundurularak sınıflama yapılmaktadır (Schofield, 1936).
- *Wilcox Grafik sınıflandırma sistemi (WGSS)*: Bu sistemde suların elektriksel iletkenlik değeri (EC), sodyum iyonu oranı (%Na) kullanılarak sınıflandırma yapılmaktadır (Wilcox, 1948).
- *Thorne ve Thorne Grafik Sistemi (TTGS)*: Bu sistemde suların elektriksel iletkenlik değeri (EC), sodyum iyonu oranı (%Na) kullanılarak sınıflandırma yapılmaktadır. EC değerleri 1 ile 5 arasında, %Na değerleri de A-E arasında 5 sınıfa ayrılarak sınıflandırma yapılmaktadır (Thorne and Thorne, 1951).
- *ABD Tuzluluk Laboratuvarı sınıflandırma sistem (USSLS)*: Bu sınıflama sisteminde sulama suları EC ve SAR değerleri dikkate alınarak değerlendirilmektedir. Her iki kriter de 4 sınıf altında toplanmıştır ve tuzluluk zararı C₁-C₄, sodyum zararı ise S₁-S₄ arasında kategorilendirilmiştir (USSLS, 1954).

Bulgular ve Tartışma

Araştırmaya konu olan alandaki sondaj kuyularından alınan su örnekleri üzerinde yapılan analizler ve bu analizlere ait değerler Şekil 2'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi su numunelerinin elektriksel iletkenlik değeri 1127 µS/cm ile 4090 µS/cm arasında değişmektedir. Örnek alınan 13 sondaj kuyusu için ortalama değer 1198,7 µS/cm olarak tespit edilmiştir. Suların elektriksel iletkenlik değeri sularda erimiş halde bulunan tuzların konsantrasyonu ile doğru orantılıdır (Tüzüner, 1990; Ayyıldız, 1993). Yüksek EC değerine sahip sularla yapılan sulamalarda toprağa fazla miktarda tuz eklenmektedir. Örneğin en fazla EC değerine sahip 7 nolu sondaj kuyusunda toprağa uygulanan her 1 litre su ile beraber 2617,6 mg tuz verilmektedir (Kanber ve ark., 1992). Su örneklerinin pH değeri 7,3 ile 8,22 arasında değişmektedir. Ortalama pH değeri ise 7,7 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre suların asit baz oranı alkali olarak sınıflandırılmıştır. Sulama sularında istenen pH aralığı 6,5-8,5 arasındadır. Bu aralığın dışındaki değerler suyu oluşturan moleküller arasında çeşitli düzensizliklere neden olmaktadır (Ayyıldız, 1993). Bu açıdan bakıldığında araştırma alanındaki yeraltı sularının pH değerleri optimum düzeydedir.

Çizelge 1 Sondaj kuyularına ait teknik bilgiler

Table 1 Technical information of water wells

Kuyu No	Koordinat		Rakım	KV l/sn	K D (m)	SSS (m)
1	36°42.686'K	39°18.625'D	404	12	120	62
2	36°42.485'K	39°18.426'D	401	15	123	65
3	36°42.528'K	39°18.841'D	402	15	125	64
4	36°42.222'K	39°18.782'D	399	14	120	60
5	36°41.656'K	39°18.874'D	396	15	120	62
6	36°41.516'K	39°19.724'D	400	16	125	63
7	36°41.548'K	39°19.272'D	400	14	126	65
8	36°42.072'K	39°19.943'D	406	15	125	64
9	36°41.940'K	39°20.269'D	402	14	130	64
10	36°42.398'K	39°19.840'D	407	15	128	63
11	36°42.423'K	39°19.435'D	403	15	110	60
12	36°42.555'K	39°20.238'D	408	13	120	62
13	36°41.739'K	39°19.383'D	401	9	115	58

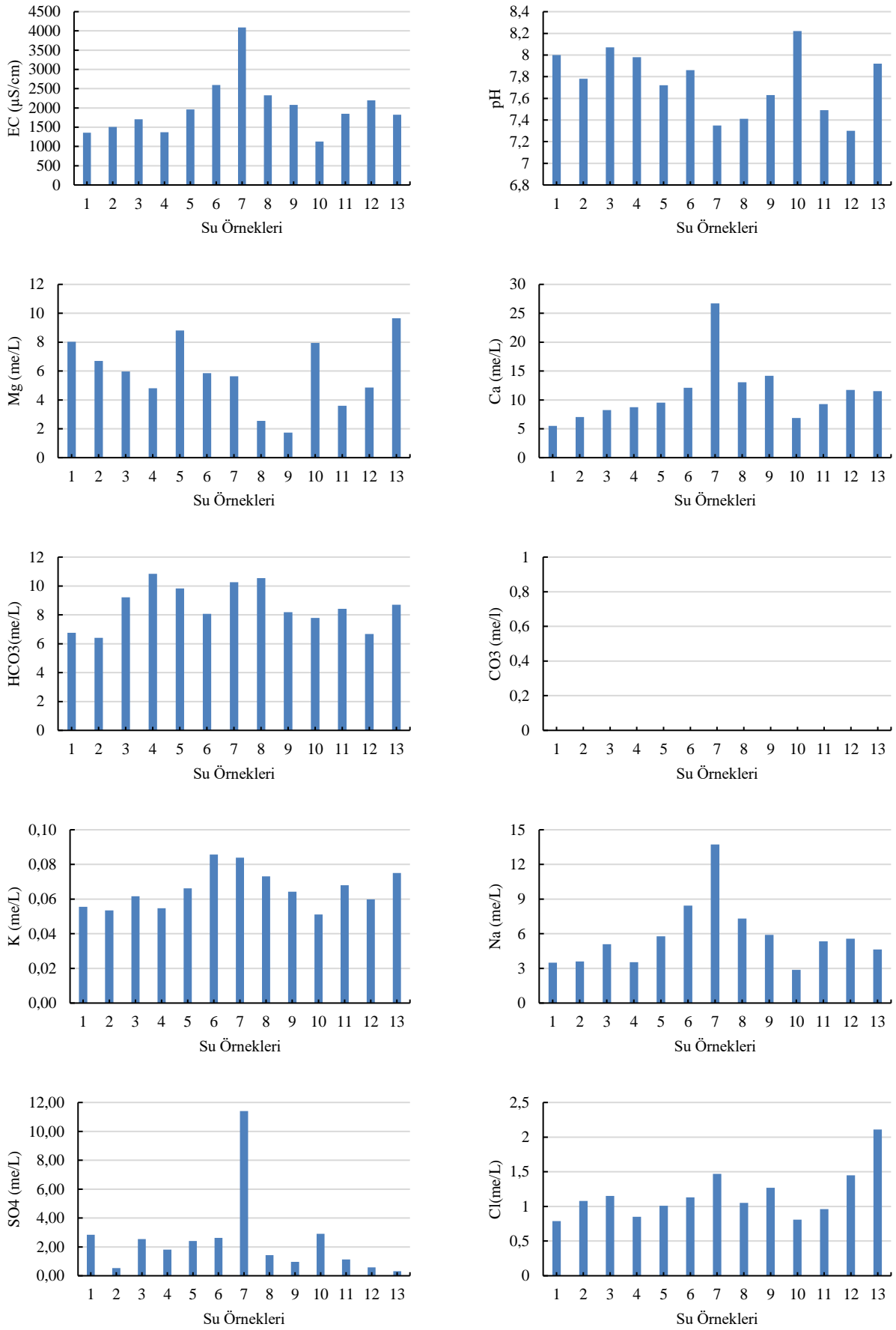
KV: Kuyu verimi, KD: Kuyu Derinliği, SSS: Statik Su Seviyesi

Çizelge 2 Sulama suyu kalite indislerine ait eşitlikler

Table 2 Equations of irrigation water quality indices

Parametre	Formül*	Kaynak
Sodyum Adsorbsiyon Oranı	$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$	Hem (1991)
Kalıntı Sodyum Karbonat	$RSC = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg)$	Ragunath (1987)
Sodyum Oranı	$\%Na = \frac{Na}{Ca+Mg+K+Na} \times 100$	Tank ve Chandel (2010)
Toplam Sertlik	$TH = (2,497Ca) + (4,11Mg)$	Todd (1980)
Potansiyel Tuzluluk	$PS = Cl + 0,5SO_4$	Doneen (1964)

*Birimler me/l dir



Şekil 2 Su örneklerinin katyon ve anyon analiz değerleri
 Figure 2 Cation and anion analysis values of water samples

Su örneklerinin Ca ve Mg değerlerine bakıldığında, Ca değerinin 5,48 me/l ile 26,7 me/l arasında olduğu Mg'nin ise 1,74 me/l ile 9,66 me/l arasında olduğu görülmektedir. Ca ve Mg bazik karakterli katyonlardır. Bu elementler su kalitesi uygun ise asitli toprakların ıslahında önemli rol oynamaktadırlar ve suyun fazla miktarda bu katyonları içermesi toprakta Ca ve Mg bileşiklerinin birikmesine neden olabilmektedir. Su örneği alınan kuyulardan 13 nolu kuyu aynı zamanda yaklaşık 250 hane olan Ohali köyüne içme ve kullanma suyu olarak verilmektedir. 13 nolu suyun Ca içeriği 11,52 me/l (230,4 mg/l), Mg içeriği ise 9,66 me/l (115,92 mg/l) olarak ölçülmüştür. TSE 266 içme suyu standartlarına göre ölçülen bu değerler izin verilen maksimum değerlerin (Ca<200 mg/l, Mg<50 mg/l) çok üstündedir (Anonim, 2019).

Örneklenen sulama sularında CO₃ hiç bulunmamıştır. Su örneklerinin HCO₃ içeriği ise 6,4 me/l ile 10,84 me/l aralığında ölçülmüştür. Sulama suları fazla miktarda HCO₃ içerdiklerinde Ca ile birleşerek CaCO₃ olarak çökelmektedir. Bu çökeltme toprak alkaliliğini azaltırken SAR oranını yükseltmektedir (Bower et al., 1965; Tanık ve ark., 2016). Sulama suyu kalitesi kılavuz değerlerine göre (FAO 1985), sulama sularında izin verilen maksimum HCO₃ değeri 8,5 me/l'dir. Buna göre 3,4,5,7 ve 8 nolu sondaj kuyularına ait sulama suları sınır değer üstündedir. Sulama sularının Cl içeriği 3,6 me/l ile 16,8 me/l arasında ölçülmüştür. En yüksek değer halk tarafından içme ve kullanma suyu olarak da kullanılan 13 nolu kuyuda belirlenmiştir. FAO (1985)'e göre sulama sularında müsaade edilebilir Cl miktarı en fazla 10 me/l'dir. Araştırma konusu olan sulara bakıldığında 7, 12 ve 13 nolu örnekler sınır değer üstünde bulunmuştur. Sulama sularının K ve Na içerikleri incelendiğinde, K içeriğinin 0,051-0,086 me/l arasında, Na içeriğinin ise 2,86-13,72 me/l arasında değiştiği görülmektedir. Na içeriği yüksek olan su ile yapılan sulamalarda, toprakların strüktürel yapısı bozulmakta buna bağlı olarak da infiltrasyon problemleri meydana gelmektedir. Bunun nedeni, toprakta değiştirilebilir formda bulunan Na'nın toprak kolloidleri tarafından tutulmuş Ca ve Mg'nin yerini alması, toprak killerine adsorbe edilmesi ve toprak parçacıklarının dağılmasına neden olmasıdır (Bauder et al., 2011).

Sulama sularının kalitesini belirlemede kullanılan indislere ait değerler Çizelge 3'te ve bu örneklerin sulama suyu kalite sınıfları Çizelge 4'te verilmiştir. Sulama sularının SAR değeri 1,05-3,41 arasında bulunmuştur. SAR, sodyum katyonunun toprakların fiziksel özelliğine olan etkisinin bir göstergesidir. Bu indis için herhangi bir sınır değer bulunmamaktadır. Sulama sularında en yüksek değer 7 nolu sondaj kuyusunda belirlenmiştir. Sulama sularının RSC değerleri -27,03-7,94 me/l arasında ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar "negatif" olduğundan ortamda sodyum bikarbonat oluşma olasılığı yoktur. Bütün sular güven aralığı içindedir (Aghazadeh ve Mogaddam, 2010). Su örneklerinin %Na değerleri %16,2 ile %31,8 arasında bulunmuştur. Sodyum fiziko-kimyasal yapısı nedeniyle topraklarda belirli bir değer üzerine çıktığında toprak yapısında dispersiyona neden olmaktadır. Dispersiyon olayı toprak agregatlarını oluşturan kum, kil ve silt fraksiyonlarının birbirinden ayrılarak dağılması olarak tanımlanır. Değişebilir Na yüzdesinin yüksek olan topraklar dispers hale geçerek balçıklaşır ve geçirgenlikleri düşer (Kanber ve ark., 1992). Toprak ve bitki sağlığı açısından sodyum zararının %40 değerinden fazla olduğu durumlarda ortaya çıkabileceği Ayyıldız (1993) tarafından bildirilmiştir. Bu durumda su örneklerinin %Na değerleri izin verilebilir sınırlar içindedir. Sodyumun toprağa ve bitkiye zararlı olmaması için %50-60 değerinden daha büyük olmaması gerekmektedir. Suların toplam sertlik değerleri 641-1611 mg/l aralığında bulunmuştur. Suyun sertliği yüksek CaCO₃ ve MgCO₃ değerlerinden kaynaklanmaktadır. Dufor and Becker (1964)' göre 180 mg/l den daha büyük değere sahip sular "çok sert" sınıfına girmektedir. Bu durumda bütün su örnekleri çok sert olarak nitelendirilmiştir. Potansiyel tuzluluk sularında çok çabuk eriyen Cl ve SO₄ tuzlarının konsantrasyonlarına bağlı olarak hesaplanmaktadır. Sulama sularının PS değerleri 5,01-16,95 me/l aralığında bulunmuştur. Bu indise göre sonuç 3 ten az ise sulama suyu tuzluluk açısından uygun, 3 ten fazla ise uygun değil olarak sınıflandırılmaktadır (Doneen, 1964). Bu kritere göre bütün su örnekleri uygun değil olarak nitelendirilmiştir.

Çizelge 3 Sulama örneklerinin kalitesinin belirlenmesinde indis değerleri
Table 3 Index values for determining the quality of irrigation samples

Örnek No	SAR	RSC (me/l)	%Na	TH (mg/l)	PS (me/l)
1	1,3	-9,9	20,5	669,22	5,0
2	1,3	-10,3	20,7	682,02	6,7
3	1,9	-9,3	26,4	704,45	8,4
4	1,3	-7,9	20,7	673,21	5,1
5	1,9	-13,2	23,9	909,44	7,0
6	2,8	-13,7	31,8	893,29	8,3
7	3,4	-27,0	29,7	1611,56	16,1
8	2,6	-10,1	31,8	777,49	6,9
9	2,0	-11,6	26,9	793,97	8,8
10	1,0	-10,7	16,2	734,19	5,2
11	2,1	-8,4	29,2	641,00	5,8
12	1,9	-13,0	25,1	825,99	10,4
13	1,4	-16,6	17,9	1051,74	16,9

Çizelge 4 Su Örneklerinin farklı sınıflandırma sistemlerine göre sulama suyu kalitesi

Table 4 Irrigation water quality according to different classification systems of water samples

ÖN	SSS	WGSS	TTGS	USSLS
1	EC:İzin verilebilir, %Na:İyi, Cl: Mükemmel, SO ₄ : Mükemmel	İyi-kullanılabilir	2A	C ₃ S ₁
2	EC:İzin verilebilir, %Na:İyi, Cl: İyi, SO ₄ : Mükemmel	İyi-kullanılabilir	2A	C ₃ S ₁
3	EC:İzin verilebilir, %Na:İyi, Cl: izin verilebilir, SO ₄ : Mükemmel	İyi-kullanılabilir	2A	C ₃ S ₁
4	EC:İzin verilebilir, %Na:İyi, Cl: iyi, SO ₄ : Mükemmel	İyi-kullanılabilir	2A	C ₃ S ₁
5	EC:İzin verilebilir, %Na:İyi, Cl: İyi, SO ₄ : Mükemmel	İyi-kullanılabilir	3A	C ₃ S ₁
6	EC:Şüpheli, %Na:İyi, Cl: İyi, SO ₄ : Mükemmel	Şüpheli- Uygun değil	3A	C ₄ S ₁
7	EC:Şüpheli, %Na:İyi, Cl: izin verilebilir, SO ₄ : İzin verilebilir	Şüpheli- Uygun değil	4A	C ₄ S ₁
8	EC:Şüpheli, %Na:İyi, Cl: İyi, SO ₄ : Mükemmel	Şüpheli- Uygun değil	3A	C ₄ S ₁
9	EC:Şüpheli, %Na:İyi, Cl: izin verilebilir, SO ₄ : Mükemmel	Şüpheli- Uygun değil	3A	C ₃ S ₁
10	EC:İzin verilebilir, %Na: Mükemmel, Cl: Mükemmel, SO ₄ : Mükemmel	İyi-kullanılabilir	2A	C ₃ S ₁
11	EC:İzin verilebilir, %Na:İyi, Cl: İyi, SO ₄ : Mükemmel	İyi-kullanılabilir	3A	C ₃ S ₁
12	EC:Şüpheli, %Na:İyi, Cl: izin verilebilir, SO ₄ : Mükemmel	Şüpheli- Uygun değil	3A	C ₃ S ₁
13	EC:İzin verilebilir, %Na: Mükemmel, Cl: şüpheli, SO ₄ : Mükemmel	İyi-kullanılabilir	3A	C ₃ S ₁

ÖN: Örnek No, EC: elektriksel iletkenlik, %Na: sodyum oranı, Cl: klorür, SO₄: sülfat, 2A: tuzluluk açısından 2 sodyum açısından 1.sınıf sulama suyu, 3A: tuzluluk açısından 3 sodyum açısından 1.sınıf sulama suyu, 4A: tuzluluk açısından 4 sodyum açısından 1.sınıf sulama suyu, C₃S₁: tuzluluk açısından 3 sodyum açısından 1.sınıf sulama suyu, C₄S₁: tuzluluk açısından 4 sodyum açısından 1.sınıf sulama suyu

Su örneklerinin sulama suyu kalite sınıfları Çizelge 4’te gösterildiği gibi dört sınıfa göre belirlenmiştir. SSS’e göre tuzluluk açısından 6, 7, 8, 9 ve 12 nolu sondaj kuyularına ait sular şüpheli sınıftadır. Diğer sular ise izin verilebilir olarak sınıflandırılmıştır. Bütün su örnekleri Na bakımından mükemmel ve iyi olarak nitelendirilmiştir. SSS’e göre sulama sularının 13 nolu örnek dışında Cl içeriği bakımından herhangi bir kısıtlayıcı özelliği yoktur. Ancak 13 nolu sondaj kuyusu sularının Cl içeriği yüksek olduğundan “şüpheli” olarak sınıflandırılmıştır. Yüksek Cl bitkilerde toksik etki yaratmakta ve yapraklarda yanma ile birlikte ürün kalite ve verimini olumsuz etkilemektedir (Kaçar ve İnal, 2010). Bu kuyunun suları aynı zamanda halk tarafından içme ve kullanma suyu olarak da kullanılmaktadır. TSS 226 içme suyu standardına göre bu suyun Cl içeriği üst sınır olan 600 mg/l’ye oldukça yakındır. SSS’e göre suların SO₄ içeriği tarımsal sulama için herhangi bir problem yaratmayacak niteliktedir.

WGSS’e göre araştırma kapsamındaki yeraltı sularından 6, 7, 8, 9 ve 12 nolu sondaj kuyuları tarımsal sulama açısından uygun değildir. Diğer kuyular ise uygun olarak sınıflandırılmıştır. EC ve %Na’nın göz önünde bulundurulduğu bu sistemde uygun olmayan su ile yapılan sulamalar toprakların bozulmasına neden olmaktadır. Sınıflandırmada %Na miktarından çok EC miktarı etkili olmuştur.

TTGS’e göre 1, 2, 3, 4 ve 10 nolu sulama suları 2.sınıf, 5, 6, 8, 9, 11 ve 12 nolu sular 3. sınıf, 7 nolu su ise 4. sınıf olarak belirlenmiştir. Bütün su örneklerinin %Na etki derecesi “A” olarak sınıflandırılmış ve bu sisteme göre %Na’nın herhangi bir kısıtlayıcı değeri bulunmamıştır. SSS ve WGSS’te şüpheli ve uygun olmayan 7 nolu su örneği bu sistemde de tavsiye edilmeyen kategoride sınıflandırılmıştır.

Dünyada ve ülkemizde en çok kullanılan sulama suyu sınıflandırma sistemi olan USSLS’e göre 6, 7 ve 8 nolu su örnekleri tarımsal sulama açısından 4. sınıf, diğer sular ise 3.sınıf olarak belirlenmiştir. Sodyum açısından sınır değerinin altında kalan bütün sular 1.sınıf olarak nitelendirilmiştir. Genel olarak C₃S₁ sınıfı sular sulamaya uygundur. C₄S₁ sınıfı sular bazı özel şartlarda kullanılabilir. C₃ ve C₄ sınıfında olan sular çok yüksek tuz içeriğine sahip sularlardır. Sürekli kullanılmaları halinde

tuzluluk problemi yaratmamaları için sürekli yıkama ve özel toprak işleme uygulanması gerekir. Bunun için alanda drenaj sisteminin kurulu olması gereklidir. Drenaj sistemi olmadan kullanılmamalıdır (Ayyıldız, 1993). Bu sular ancak tuza dayanıklı bitkilerin sulanması için uygundur (Kanber ve ark., 1992). Araştırma bölgesinde tarımı en çok yapılan bitkiler yazın pamuk ve mısır kışın ise buğday ve arpadır. Bu bitkilerden pamuk ve arpa tuza dayanıklı bitkiler grubunda yer alır. Ancak mısır ve buğday orta tuza dayanıklıdır. Örneğin pamuk için eşik tuzluluk değeri 5,1 dS/m, mısır için eşik değer 1 dS/m’dir (Kotuby ve ark., 1997; Bayraklı, 1998; Kanber ve ark., 1992). Gerekli önlemler alınmadan tuzlu sular ile yapılan sulama zamanla toprakta tuz birikimine neden olacak ve bitkisel üretimi olumsuz etkileyecektir.

Sonuç ve Öneriler

Harran ovasının güneydoğusunda GAP projesi kapsamında sulanmayan alanların çoğu yeraltı suları ile sulanmaktadır. Bu sular zamanla tuzlulaşmakta olup sulama suyu kalitesi olarak kötüleşmektedir. Bu çalışma ile Ohali köyü çevresinde faaliyette olan 13 adet yeraltı sondaj kuyusu suları sulama suyu kalitesi bakımından incelenmiştir. Su örnekleri 4 farklı sulama suyu sınıflandırma sistemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Genel olarak 6, 7, 8 ve 9 nolu sular bütün sınıflama sistemlerinde kalite olarak en kötü sular olarak belirlenmiştir. Özellikle 7 nolu sondaj kuyusuna ait suların tuz içeriğinin yüksek olması nedeniyle sulama suyu olarak kullanılmasının uygun olmadığı saptanmıştır. Bütün sınıflarda %Na, sulama suyu kalite sınıflandırması açısından sınırlayıcı bir faktör olarak görülmemiştir. Bölgedeki halkın en önemli geçim kaynağı bitkisel üretimdir. Uygun olmayan sular ile sulanan topraklar giderek tuzlulaşmakta ve bunun neticesinde verim kayıpları yaşanmaktadır. GAP sulama projesi kapsamında bölgede sulama kanalları önceki yıllarda tesis edilmiştir. Ancak özellikle yaz üretim sezonunda bu sulama şebekelerinde su bulunmamaktadır. Çiftçiler sulama planlarını kendi imkânlarıyla açtıkları sondaj kuyularına göre yapmaktadır. Bölgede arazi toplulaştırma çalışmaları kapsamında, gerek yüzey akışa geçen fazla suyun tahliyesi gerekse taban suyu oluşumunun önüne

geçmek için açık ana drenaj kanalları açılmıştır. Ancak bu kanalların çoğu arazinin topoğrafyasını bozduğu gerekçesiyle çiftçiler tarafından tekrar kapatılmıştır. Denetim mekanizmasının sağlıklı işlememesi yüzünden bu drenaj kanalları kapalı ve çiftçiler uygun olamayan sulama suları ile bitkisel üretim faaliyetlerine devam etmektedirler. Drenaj sistemleri, tuzluluk tehdidinin olduğu topraklarda iyi bir bitki yetiştirme ortamının sağlanması için önemli bir uygulamadır. Drenaj sistemi ile birlikte taban suyu kontrol altına alınarak, toprak solumunda ve yüzeyindeki fazla suyun tahliyesi sağlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında araştırılan bazı su örneklerinin sulama suyu kalitesi açısından uygun olmadığı göz önünde bulundurulduğunda, drenaj sistemlerinin sürdürülebilir tarımsal üretim için gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Önlem ve gerekli tedbirler alınmadıkça topraklarda tuzluluk artacak ve verim kaybı çok daha büyüyecektir. Bunun için GAP sulama projelerinin bir an önce tamamlanması ve denetiminin objektif olarak yapılarak suyun ulaşmadığı alanlara kaliteli suyun ulaştırılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Aghazadeh N, Mogaddam AA. 2010. Assessment of groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural uses in the Oshnavieharea, Northwest of Iran. *Journal of Environmental Protection*, 30-40.
- Agoubi B, Kharroubi A, Abida H. 2013. Hydrochemistry of groundwater and its assessment for irrigation purpose in coastal Jeffara Aquifer, southeastern Tunisia. *Arabian Journal of Geosciences*, 6(4): 1163-1172.
- Anonim. 2014. Türkiye'de Yeraltı suyu Sulama Faaliyetleri Yeraltı suyu Sulama Kooperatifleri, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim. 2019. TSE. Türk Standartları Enstitüsü.
- Ayyıldız M. 1993. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları:1196, Ankara.
- Bauder TA, Waskom RM, Sutherland PL, Davis JG, Follett RH, Soltanpour PN. 2011. Irrigation water quality criteria. *Service in action*; no. 0.506.
- Bayraklı F. 1998. Toprak Kimyası. O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 26, 1. Baskı, Samsun, 214s.
- Bower CA, Wilcox LV, Akın GW, Keyes MG. 1965. An Index of the tendency of CaCO₃ to precipitate from irrigation waters. *SQil*. Scil29: 91-92.
- Doneen LD. 1964. Notes on water quality in agriculture. Published as a water science and engineering paper 4001, Department of Water Science and Engineering, University of California.
- Dufor CN, Becker E. 1964. Public water supplies of the 100 largest cities in the United States, 1962: U.S. Geological Survey, Water-Supply Paper 1812.
- Falkenmark M, Rockstrom J. 1993. Curbing rural exodus from tropical drylands. *AMBIO*0122 no 71993.
- FAO. 1985. Water quality guidelines for maximum crop production. Food and Agriculture Organization/UN. www.fao.org/docrep/T0551E. 2006/9/13.
- Fried JJ. 1975. Groundwater pollution (Vol. 4). Elsevier.
- Hem JD. 1991. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural waters. Book 2254, third edition. Scientific Publishers, Jodhpur.
- Kaçar B, İnal A. 2010. Bitki analizleri. Nobel Yayın Dağıtım.
- Kanber R, Çullu MA, Kendirli B, Antepli S, Yılmaz N. 2005. Sulama, drenaj ve tuzluluk. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, 3-7.
- Kanber R, Kırdı C, Tekinel O. 1992. Sulama suyu niteliği ve sulamada tuzluluk sorunları. Çukurova Üniversitesi, Zir. Fak. Genel Yay, (21).
- Kahraman N, Atasoy AD, Yeşilnacar Mİ. 2016. Harran Ovası Serbest Akiferinde Yaz ve Kış Dönemleri Nitrat Kirliliğinin Araştırılması (2014-2015). *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 1(2): 1-8.
- Kapluhan E. 2013. Türkiye'de kuraklık ve kuraklığın tarıma etkisi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (27): 487-510.
- Kotuby J, Koenig R, Kitchen B. 1997. Salinity and Plant Tolerance. Utah State University Extension. AG-SO-03., Utah.
- Lal R. 1991. Current research on crop water balance and implications for the future. In: *Soil Water Balance in the Soudano Sahelian Zone*. Eds.
- Muluk ÇB, Kurt B, Turak A, Türker A, Çalışkan MA, Balkız Ö, Zeydanlı U. 2013. Türkiye'de suyun durumu ve su yönetiminde yeni yaklaşımlar: çevresel perspektif. *İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği-Doğa Koruma Merkezi*.
- Ragunath HM. 1987. *Groundwater*, second ed. Wiley Eastern Ltd, New Delhi, 456p
- Rengasamy P. 2006. World salinization with emphasis on Australia. *Journal of Experimental Botany*, 57(5): 1017-1023. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj108>
- Sargin AH. 2010. Yeraltı suları, Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı. 200s. Ankara
- Scofield CS. 1936. *The Salinity of Irrigation Water*. Smithsonian Institute, Annual Report, 1935.
- Sun J, He F, Zhang Z, Shao H, Pan, Y, Yang R, Zheng M. 2018. Analysis of saline groundwater infiltration into two loam soils. *Land degradation & development*, 29(10): 3795-3802.
- Tanık A, Öztürk İ, Cüceloğlu G. 2016. Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı ve Yağmur Suyu Hasadı Sistemleri (El Kitabı). 2. Baskı. Türkiye Belediyeler Birliği. Ankara, Türkiye.
- Tekinel O, Ünlü M, Topaloğlu F, Kanber R. 2002. GAP yöresinde su kullanımı ve tuzluluk. *Su Havzalarında Toprak ve Su Kaynaklarının Korunması, Geliştirilmesi ve Yönetimi Sempozyumu Bildirileri*, 18-20.
- Thorne JP, Thorne DW. 1951. *Irrigation waters of Utah*.
- Tank DK, Chandel CPS. 2010. Analysis of the major ion constituents in groundwater of Jaipur City. *Nature and Science*, 8(10): 1-7.
- Todd DK. 1980. *Groundwater Hydrology*. 2nd ed., John Wiley and Sons, New York, 535p.
- Tüzüner A. 1990. Toprak ve su analiz laboratuvarları el kitabı. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- USSL. 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. USDA, Handbook, 60, 47 p. USA.
- Wilcox LV. 1948. *The quality of water for irrigation use*: US Dept. Agr. Tech. Bull, 962, 26.