ÇOMÜ

ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ

COMU Journal of Agriculture Faculty

ISSN : 2147 - 8384 e-ISSN : 2564 - 6826 Volume : 14 Issue : 1 Year : 2026

COMU Journal of Agriculture Faculty
ÇOMÜ Zir. Fak. Derg. / COMU J. Agric. Fac.
2026, 14(1): 47–57.
ISSN: 2147–8384 / e-ISSN: 2564–6826
DOI: 10.33202/comuagri.1898235
https://dergipark.org.tr/en/pub/comuagri

ÇOMÜ
ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ
COMU Journal of Agriculture Faculty

RESEARCH ARTICLE

Bursa İli Mustafakemalpaşa Çayı'nın Sulama Suyu Kalitesi ve Bor İçeriğinin Belirlenmesi

Pınar Korkmaz[1], Barış Bülent Aşık[2] ✉
[1, 2] Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bursa, Türkiye

Öz

Çalışma kapsamında Bursa İli Mustafakemalpaşa Çayı ve kolları olan Emet ve Orhaneli çayının 6 farklı bölgesinden mevsimsel olarak alınan su örnekleri analiz edilmiş ve sulama suyu kalite parametreleri açısından değerlendirilmiştir. Su örneklerinde pH, EC, temel anyon ve katyon analizleri yapılmıştır. SAR, %Na, MAR, RSC, KR ve PI parametreleri ise hesaplama yolu ile bulunmuştur. Mustafakemalpaşa Çayı'nın pH değerleri 7.78 ile 8.96 arasında, EC değerlerinin 458-953 µS cm^{-1} arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Su örneklerinin karbonat içerikleri 0 ile 1.12 meq L^{-1} arasında, bikarbonat 4.58-12.17 meq L^{-1} arasında, klor 0.24-2.11 meq L^{-1} değerleri arasında belirlenmiştir. Magnezyum içeriklerinin 2.22-7.43 meq L^{-1} arasında, potasyumun 0.02-0.48 meq L^{-1}, sodyumun 0.01-1.05 meq L^{-1} ve kalsiyum miktarının ise 1.39-4.27 meq L^{-1} değerleri arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Suların örnekleme noktası ve zamana bağlı olarak bor içerikleri 0.07-23.80 mg L^{-1} arasında, fosfor içerikleri ise 0 ile 0.54 mg L^{-1} arasında değişim göstermiştir. Mustafakemalpaşa Çayı suları örnekleme noktası ile zamana bağlı olarak sulama suyu kalitesi; SAR değerleri açısından 0.01-0.54 arasında, %Na değerlerinin 0.54-14.06, RSC değerleri açısından 1., 2. ve 3. sınıfta yer aldığı, MAR değeri 48.10-83.09, KR ve PI açısından ise "uygun" olduğu belirlenmiştir. Ancak Mustafakemalpaşa Çayının örnekleme noktası ve zamana bağlı olarak özellikle bor (B) içeriği Kütahya-Emet kolunu temsilen alınan Bükköy ve Devecikonağı noktalarında ve özellikle sulamanın yapıldığı Melikköy ve Doğancı bölgelerinde "4. sınıf" olarak sulamaya uygun olmayan su kalitesinde olduğu belirlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Mustafakemalpaşa Çayı, sulama suyu kalitesi, katyonlar, anyonlar, bor

Determination of Irrigation Water Quality and Boron Content of Mustafakemalpaşa Stream in Bursa Province

Abstract

In this study, water samples taken from 6 different regions of the Mustafakemalpaşa River and its tributaries, the Emet and Orhaneli Rivers, were evaluated in terms of irrigation water quality parameters. pH, EC, anion, and cation analyses were performed on the samples. SAR, Na%, MAR, RSC, KR, and PI parameters of the samples were calculated. The pH values of the Mustafakemalpaşa Stream were found to be between 7.78 and 8.96, and the electrical conductivity between 458 and 953 µS cm^{-1}. The carbonate content of the samples ranged from 0 to 1.12, bicarbonate from 4.58 to 12.17, and chloride from 0.24 to 2.11 meq L^{-1}. The magnesium, potassium, sodium, and calcium concentrations in the samples ranged from 2.22 to 7.43, 0.02 to 0.48, 0.01 to 1.05, and 1.39 to 4.27 meq L^{-1}, respectively. Boron concentrations ranged from 0.07 to 23.80 mg L^{-1}. The irrigation water quality of Mustafakemalpaşa Stream varied according to the sampling point and time; SAR values ranged from 0.01 to 0.54, Na% values ranged from 0.54 to 14.06, and MAR values ranged from 48.10 to 83.09. RSC values corresponded to quality classes 1, 2, and 3, while KR and PI values indicated "suitable". However, depending on the sampling point and time of the Mustafakemalpaşa stream, especially at Bükköy and Devecikonağı points where boron (B) content was taken as representative of the Kütahya-Emet branch, and at Melikköy and Doğancı points where irrigation and agriculture are intensive, the water was determined to be "Class 4," meaning unsuitable for irrigation.
Keywords: Mustafakemalpaşa Stream, irrigation water quality, cations, anions, boron

✉ **Correspondence:** bbasik@uludag.edu.tr (Barış Bülent Aşık) Received**:** 26.02.2026 Accepted**:** 10.04.2026
Citation: Korkmaz, P., & Aşık, B. B. (2026). Bursa İli Mustafakemalpaşa Çayı'nın sulama suyu kalitesi ve bor içeriğinin belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(1): 47-57.
ORCID: [1] https://orcid.org/0009-0004-0073-2807, [2] https://orcid.org/0000-0001-8395-6283
Copyright: 2026 by the authors (Korkmaz & Aşık).
Licensee: Çanakkale Onsekiz Mart University (COMU), Çanakkale, Türkiye.
This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution CC BY 4.0 license.

Giriş

Dünya nüfusunun hızla artması, kentleşme, sanayileşme, tarımsal faaliyetlerin etkisiyle son yıllarda kullanılabilir su kaynaklarının miktarını ve kalitesini her geçen gün azaltmaktadır. Bununla birlikte tarımsal üretimin sürdürülmesi noktasında en önemli faktörlerin başında da sulama gelmektedir. Sulama amaçlı kullanılan su kaynaklarının özellikleri ve kalitesi toprak özellikleri ve bitki gelişimi açısından belirleyici bir faktördür. Sulama suyunun kalitesi ise içerdiği tuz ve toksik element miktarına bağlı olarak değişmektedir. Örneğin tuzluluk değeri yüksek olan sulama suyu, toprak profilinin çözünebilir tuz içeriğinde ve drenaj sularının tuz yükünde bir artışa neden olur ve drenaj suyuna ulaşamayan tuzlar toprakta birikim yaratarak bitkisel üretimi sınırlandırabilmektedir (Kaman ve ark., 2022; Boyacı ve ark., 2023). Bunun yanında sulama sularında Na iyonunun diğer katyonlara nisbi oranı, B gibi bazı toksik olabilecek özel elementlerin konsantrasyonları, bazı koşullarda Ca ve Mg konsantrasyonu ile ilgili olarak bikarbonat (HCO_3^-) konsantrasyonu sulama suyu kalitesi ve kullanımını sınırlandırmaktadır.

Mustafakemalpaşa Çayı, Susurluk Havza sınırları içerisinde, Orhaneli ve Emet çaylarının birleşmesiyle oluşan ve Uluabat Gölü'nü besleyen en önemli su kaynağıdır ve ovanın sulama suyu ihtiyacının büyük bir kısmını karşılamaktadır. Mustafakemalpaşa Ovası'nda yaklaşık 202 710 dekar sulama alanı bulunmaktadır. En çok sulanan ürünler arasında mısır, sebze ve yem bitkileri geniş alan kaplamaktadır (Anonim, 2016). Sulama ile birlikte sonrasında oluşan drenaj sularının Uluabat Gölü'ne taşınması, gölde giderek artan bir kirlenme riski oluşturmaktadır (Salihoğlu ve Karaer, 2004; Dalkıran ve ark., 2016). Ayrıca bölgede kanalizasyon atıkları, deri sanayisinin deşarjları, mezbaha atıkları ve peynir altı suyu atıkları gibi kirletici kaynakların varlığı, çayın su kalitesinin izlenmesini gerekli kılmaktadır.

Emet ve Orhaneli çaylarının birleşmesiyle oluşan ve Türkiye'nin 14 RAMSAR alanından biri olan Uluabat Gölü'nü besleyen Mustafakemalpaşa Çayı'nın su kalitesi ile ilgili çalışmalar oldukça sınırlıdır (Semiz, 2014; Omwene ve ark., 2019). Bu kadar belirgin kirletici unsurlara sahip bir sulama suyunun neden olduğu ve olabileceği olumsuz etkileri belirlemek için yapılacak çalışmaların önemli olduğu düşünülmektedir. Kirleticilerin etkilerini en aza indirmek için yapılacak çalışmaların verilerle desteklenmesi çözüm olarak görülmektedir. Geçmiş yıllarda Orhaneli ve Emet çaylarında B, As, Ag kirliliği ile ilgili yapılan çalışmalarda önemli riskler belirlenmiştir (Tokatlı ve ark., 2013; 2014; Arslan ve Çelik, 2015; Tokatlı ve ark., 2016a).

Bu nedenden dolayı su kalitesinin sulama zamanına bağlı olarak özelliklerinin belirlenmesi ve kalite parametreleri açısından değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Yürütülen çalışmada sulama sezonu ve mevsim şartlarına bağlı olarak örneklemeler yapılmış ve Mustafakemalpaşa Çayı sulama suyu kalitesi açısından değerlendirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Örnekleme Noktalarının Belirlenmesi

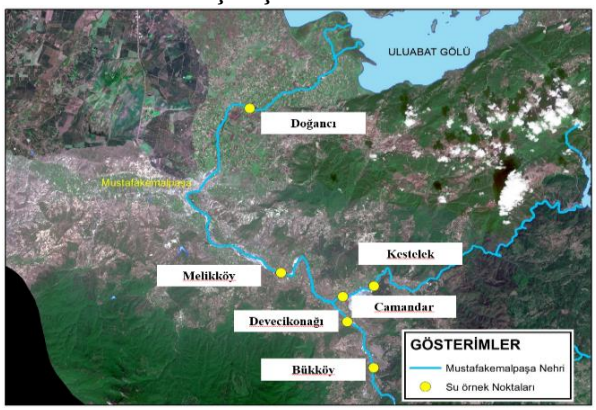
Mustafakemalpaşa Çayı, Orhaneli ve Emet kollarının Mustafakemalpaşa ilçesi Camandar Köyü civarında birleşmesiyle oluşmakta ve yaklaşık 43 km sonra Uluabat Gölü'ne dökülmektedir (Şekil 1). Orhaneli Çayı, Kütahya ili Çavdarhisar Beldesi'nde Murat Dağı'nın kuzey yamaçlarından doğar ve yaklaşık 276 km akışa sahipdir. Emet Çayı ise Kütahya ili Gediz ilçesinden doğmakta ve yaklaşık 180 km akarak Orhaneli Çayı ile birleşmektedir (Anonim, 1982). Mustafakemalpaşa Çayı'nı besleyen Orhaneli ve Emet Çayı'nın havzalarının büyük bir kısmı Kütahya ilinin sınırları içinde kalmakta, bu nedenle bu bölgelerdeki kirlilik, madencilik faaliyetleri ve havzanın jeolojik yapısı Mustafakemalpaşa Çayı özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir.

Çalışma kapsamında su örneklerinin alınmasında Mustafakemalpaşa Çayı'nı oluşturan Emet Çayı (Bükköy, Devecikonağı) ve Orhaneli Çayı'ndan (Kestelek, Camandar) 4 adet örnekleme noktası seçilmiştir. Kolların birleşme sonrasında Mustafakemalpaşa Çayı'ndan başlangıç noktasından (Melikköy) ve Ulubat Göl'üne döküldüğü noktadan (Doğancı) örnekleme yapılarak toplam 6 noktadan su örnekleri alınmıştır (Şekil 1). Su örnekleri sulama dönemi (ilkbahar:Mart,Nisan, Mayıs ve yaz: Haziran, Temmuz, Ağustos) ve diğer dönemlerde (sonbahar ve kış) toplam 12 ay süre ile aylık olarak alınmış ve analize hazır hale getirilmiştir. Elde olunan sonuçlar ortalama olarak hesaplanarak değerlendirmede kullanılmıştır.

Su Örneklerinin Analiz Yöntemleri

Örneklemede 1 litrelik PPE (polifenilen eter termoplastik) şişeler öncelikle örnek su ile çalkalanarak yıkanmış, hava alamayacak şekilde şekilde doldurulmuş ve kapakları kapatılarak araç tipi buzdolabında örnekleme süresince saklanmıştır. Örneklerin pH değerleri WTW3110 model pH-metre ve EC değerleri WTW EC-metre ile arazide örnekleme esnasında belirlenmiştir. CO_3^{2-} ve HCO_3^- miktarı H_2SO_4 ile Cl^- miktarı $AgNO_3$ ile titrimetrik olarak, Na, K ve Ca Ependorf Elex model fleymfotometre ile Mg, P ve B ise Perkin Elmer Optima 2011DV model ICP OES ile belirlenmiştir (Sağlam, 2008).

Çalışma Alanı



Şekil 1. Mustafakemalpaşa Çayı ve örnekleme noktaları
Figure 1. Mustafakemalpaşa Stream and sampling points

Sulama Kaynağı	Örnek Noktaları
Orhaneli Çayı	Kestelek
Orhaneli Çayı	Camandar
Emet Çayı	Bükköy
Emet Çayı	Devecikonağı
Mustafakemalpaşa Çayı	Melikköy
Mustafakemalpaşa Çayı	Doğancı

Elde edilen analiz sonuçlarından yararlanılarak Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR), Sodyum Karbonat Kalıntısı (RSC), Yüzde Sodyum (%Na), Magnezyum Oranı (MAR), Kelley Oranı (KI), Permeabilite indeksi (PI) değerleri aşağıda verilen eşitlikler ile hesaplanmıştır.

Yüzde sodyum $Na,\%) : (Na + K)$ x100/$(Na + K + Ca + Mg)$ (1)

Sodyum adsorbsiyon oranı $(SAR) : Na/\sqrt[2]{(Ca + Mg)/2}$ (2)

Kalıntı sodyum karbonat $(RSC, me\ L^{-1}) : (CO_3 + HCO_3)$-$(Ca + Mg)$ (3)

Magnezyum oranı $(MAR,\%) : Mg$ x100/$(Ca + Mg)$ (4)

Kelley oranı $(KI) : Na\ /\ (Ca + Mg)$ (5)

Permeabilite indeksi $(PI,\%) : (Na + \sqrt[2]{HCO3})$ x 100 /$(Ca + Mg + Na)$ (6)

Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bir yıl süre ile aylık olarak yapılan örneklemeler ile elde edilen analiz sonuçları mevsimsel ortalama olarak değerlendirilmiş ve sulama suyu kalitesi sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 1 ve Çizelge 2).

Çizelge 1. Sulama suyu sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kriterleri
Table 1. Irrigation water criteria used as a basis for irrigation water classification

Sulama Suyu Kalite Kriterleri	1.sınıf (çok iyi)	2. sınıf (iyi)	3. sınıf (kullanılır)	4.sınıf (ihtiyatla kullanılmalı)	5.sınıf (Uygun değil)
Sıcaklık, ^0C	<30	30	35	40	>40
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6-9	<6 veya>9
EC, µmhos cm^{-1}	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	>3000
Toplam tuz, mg L^{-1}	0-175	175-525	525-1400	1400-2100	>2100
HCO_3^-, meq L^{-1}	<1.5	1.5-8.50	>8.50		
mg L^{-1}	<90	90-520	>520		
Klorür (Cl^-), meq L^{-1}	0-4	4-7	7-12	12-20	>20
mg L^{-1}	0-142	142-249	249-426	426-710	>710
Sülfat ($SO_4^=$), meq L^{-1}	0-4	4-7	7-12	12-20	>20
mg L^{-1}	0-192	192-336	336-575	576-960	>960

Sınır Değerler	Optimum	Üst sınır	Literatür		
Na, mg L^{-1}	0-30	>50	(Landis ve ark., 1989)		
K, mg L^{-1}	0.5-10	>10			
Ca, mg L^{-1}	40-120	>120			
Mg, mg l^{-1}	6.0-24	>24			
Bor (B), mg l^{-1}	Suyun B içeriği (Richards, 1954)				
	Çok iyi	İyi	Kullanılabilir	Şüpheli	Kullanılamaz
Hassas bitkiler	<0.32	0.33-0.66	0.67-0.99	1.00-1.25	>1.25
Orta hassas bitkiler	<0.66	0.67-1.32	1.33-1.99	2.00-2.50	>2.50
Dayanıklı bitkiler	<0.99	1.00-1.99	2.00-2.99	3.00-3.75	>3.75

Çizelge 2. Sulama suyu kalite kriterleri
Table 2. Irrigation water quality criteria

Parametreler	Sınır değerler	Sınıflar
SAR, (Ayers ve Westcot, 1985)	[0-10]	"Çok iyi"
	[10-18]	"İyi"
	[18-26]	"İhtiyatlı kullanabilir"
	[>26]	"Kullanılamaz"
%Na, (Wilcox, 1955)	[<20]	"Mükemmel"
	[20-40]	"İyi"
	[40-60]	"İzin verilebilir"
	[60-80]	"Şüpheli"
	[>80]	"Uygun değil"
RSC, (Eaton, 1950)	[<1.25]	"Güvenli"
	[1.25-2.5]	"Orta"
	[>2.5]	"Uygun değil"
MAR, (Paliwal, 1972)	[<50]	"Uygun"
	[>50]	"Uygun değil"
KI, (Kelley, 1963)	[<1]	"Uygun"
	[>1]	"Uygun değil"
PI, (Doneen,1964)	[<25]	"Uygun"
	[25-75]	"İyi"
	[>75]	"Uygun değil"

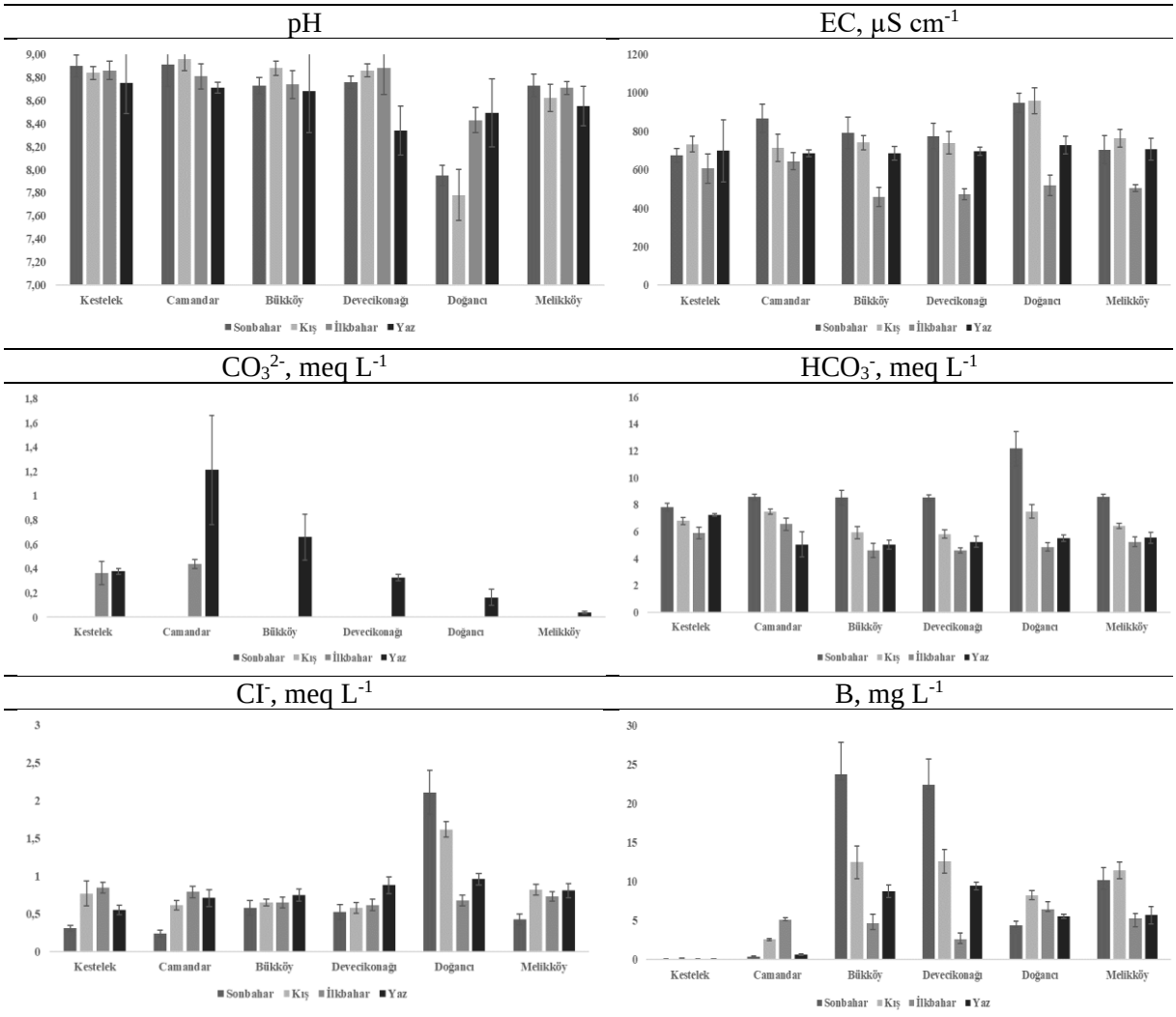
Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamında alınan su örneklerinin pH, EC ve anyon analiz sonuçları Şekil 2'de verilmiştir. Su örneklerinin pH değerleri 7.78 ile 8.96 arasında değişim göstermiştir. Ayers ve Westcot (1985) tarafından pH değerlerinin 6.5-8.4 arasında olması durumunda sulama açısından herhangi bir sorun olmadığı bildirilmiştir. Ancak yapılan analizlerde ölçülen pH değerleri bu sınır değerin biraz üzerinde belirlenmiştir. Karacaoğlu (2006), Emet Çayı havzasının doğal ana materyalinde bol miktarda kireçtaşı içerdiğinden, akarsuyun "sert su" özelliği taşıdığını ve bu sebeple pH değerinin genellikle 8'e yakın veya 8'in üzerinde olması nedeni ile suyun alkali bir karakter gösterdiğini belirtmiştir. (Mestik, 2019). Sulama suyu pH'sının, toprağın mikrobiyolojisini etkileyebileceği, bitki kök sistemine zarar verebileceği ve katyon değişim süreçlerini tehlikeye atabileceği bildirilmiştir (Jesus Guimaraes ve ark., 2021). Suların kalitelerini inceleyen diğer araştırmalarda da genel olarak örneğin Ceyhan Nehri havzası sularının pH'nın 7.8-9.3 (Tanrıverdi ve ark., 2010) ile 8.0-8.6 arasında (Demirkıran ve ark., 2009) değiştiği belirtilmiştir.

Örneklerin EC değerleri 458 µS cm^{-1} ile 953 µS cm^{-1} arasında belirlenmiştir. Bu sonuçlar sulama suyu sınıflandırılmasına göre de 2. Sınıf (orta tuzlu) ve 3. Sınıf (yüksek tuzlu) sulama suyu kalitesinde olabileceğini göstermektedir. Mestik (2019), Mustafakemalpaşa Çayı'nın yıllık ortalama elektriksel iletkenlik değerinin 620 µS cm^{-1} ile 639 µS cm^{-1} arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Altın ve Sönmez (2020), suların EC değeri ile ilgili olarak yağış fazla olmadığı için EC değerlerinin yüksek olduğu; yağışların artmasıyla birlikte EC değerlerinin genel olarak düştüğünü belirtmişlerdir. Bu durum yağışlarla su kaynağında oluşan seyrelme etkisi ile ilgili olarak açıklanabilir. Sürücü ve Demir (2024) Yeşilırmak nehrinde debi ile EC, Na, Ca+Mg, HCO_3 ve SO_4 arasında önemli düzeyinde anlamlı negatif

bir korelasyonun olduğunu bildirmişlerdir. Araştırıcılar debi miktarının artmasıyla su içerindeki çözünmüş iyon konsantrasyonlarının azalması bu ilişkinin oluşması ile açıklamışlardır.

Suyun içermiş olduğu tuzlar toprak çözeltisi içerisinde osmotik basınca neden olduklarından bitkinin su kullanımı üzerine olumsuz etki gösterirler. Yüksek osmotik basınç koşullarında bitkilerin su kullanımı azalır. Bu durumda bitkilerde kuraklık koşullarında gözlenen tepkiler görülür ve turgor kaybına, yaprakların sararmasına, solmasına ve devam etmesi halinde bitkinin ölmesine neden olur (Ayers ve Westcot, 1985). Dönemler arasında sulama suyu kalite sınıflarında farklılık olduğu görülmektedir. Sonbahar ve kış döneminde EC değerinin yüksek çıkması yağışlarla birlikte erozyon ile toprak tuzlarının su ortamına karışması ile ilgili olabilir. Orta tuzlu sular tuza orta duyarlı bitkilerde kullanılabilecekken, yüksek tuzlu sularda yetiştirilecek bitkinin tuza dayanıklı olması ve drenaj koşullarının sağlanması gerekmektedir.



Şekil 2. Su örneklerinin pH, EC ve kimi anyon içerikleri
Figure 2. pH, EC and some anion contents of water samples

Su örneklerinin karbonat içerikleri 0 meq L^{-1} ile 1.12 meq L^{-1}, bikarbonat içerikleri ise 4.58 meq L^{-1} ile 12.17 meq L^{-1} arasında değişim göstermiştir. Sulama sularında bulunan karbonat ve bikarbonatlar, kalsiyum ve magnezyum katyonlarıyla birlikte bulunduklarında önemli hale gelmektedir. Buharlaşmaya bağlı veya başka bir nedenle su içerisinde bu iyonların konsantrasyonunun artması, kalsiyum ile birlikte çökelme eğilimini artırır. Magnezyum tuzları, kalsiyum tuzlarına göre daha fazla çözündüklerinde daha az çökelirler. Bu çökelme, toprağın değişim kompleksindeki ve çözeltideki sodyum oranını artırarak toprak alkaliliğine neden olabilir. Karbonat ve bikarbonat ile aynı konsantrasyonda kalsiyum ve magnezyum içeren sulardaki bikarbonat iyonlarının alkalilik açısından sorun yaratmayacağı genel

olarak kabul edilmektedir. Ancak sulama suyundaki CO_3^{2-} ve HCO_3^- iyonu konsantrasyonu, iki değerli katyonlardan daha fazla olduğunda toprakta Na_2CO_3 birikimi meydana gelebilir (Sağlam, 1977).

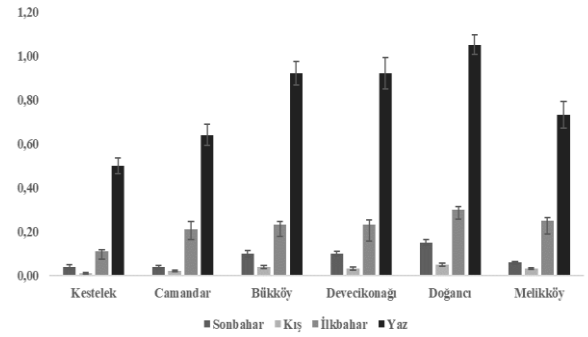
Su örneklerinin klor içerikleri 0.24 meq L^{-1} ile 2.11 meq L^{-1} arasında belirlenmiş ve sulama suyu sınıflandırılmasına göre de noktasal ve mevsimsel olarak I. Sınıf sulama suyu olarak değerlendirilmiştir. Christiansen ve ark. (1977) tarafından sulama sularında Cl^- en sorunlu anyon olarak belirtilmiştir. Maas (1990) 5 meq L^{-1}'in altındaki Cl^- konsantrasyonları, hassas bitkiler için sorun oluşturmazken, 5-10 meq L^{-1} arasındaki değerler orta hassas bitkiler için uygun ve 10 meq L^{-1}'in üzerindeki konsantrasyonların ise dayanıklı bitkilerin sulanmasında sorun oluşturabileceği değerlendirilmiştir.

Su örneklerinin B içeriğinin 0.07 mg L^{-1} ile 23.80 mg L^{-1} arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Su örnekleri mevsimsel olarak sulama suyu sınıflandırılmasına göre de I. sınıf ve IV. sınıf sulama suyu kalitesinde olduğu değerlendirilmiştir. Mestik (2019), Mustafakemalpaşa çayının yıllık ortalama B içeriğinin 2001-2002 döneminde 0.76 mg L^{-1}; 2016-2017 döneminde ise 9.32 mg L^{-1} olarak ve yönetmelikte izin verilen maksimum değerin üzerinde olduğunu bildirmiştir. Omwene ve ark. (2019), havzadaki B kirliliğinin ana kaynağının Emet Çayı olduğunu belirtmiş, Emet Çayı'nın üst akış havzasında B içeriğinin 50 mg L^{-1}'nin üzerinde olduğunu ve bu miktarın üst havzadan alt havzaya doğru azaldığını bildirmişledir. Bu durum, Emet Çayı aracılığıyla B kirliliğinin Mustafakemalpaşa Çayı'na taşındığını göstermektedir. Dalkıran ve ark. (2020) özellikle son 15 yılda yapılan çalışmalarda Emet Çayı'nda çok yüksek B konsantrasyonlarının gözlemlendiğini (Çöl ve Çöl, 2003; Semiz, 2014; Tokatlı ve ark., 2016b; Benzer, 2017) ve Mustafakemalpaşa Çayı'ndaki yıllık ortalama B konsantrasyonu 9.32 mg L^{-1} ile 20.86 mg L^{-1} arasında değişim gösterdiğini bildirmiştir. Semiz (2014) tarafından uzun dönem sürdürülen çalışmada 2004 yılına kadar B içeriğinin yaz aylarında (debinin en düşük olduğu dönemde) en yüksek, kış aylarında (debinin en yüksek olduğu dönemde) ise en düşük düzeylerde olduğu ancak 2004 yılından sonra B içeriğinde önemli artışlar olduğu belirtilmiştir. Çalışma kapsamında belirlenen B konsantrasyonları tolere edebilen bitkiler (>4.0 mg L^{-1}) için yüksek bir değer olup, bu bitkilerde bile toksik etki oluşturabilecek seviyede olduğu görülmektedir.

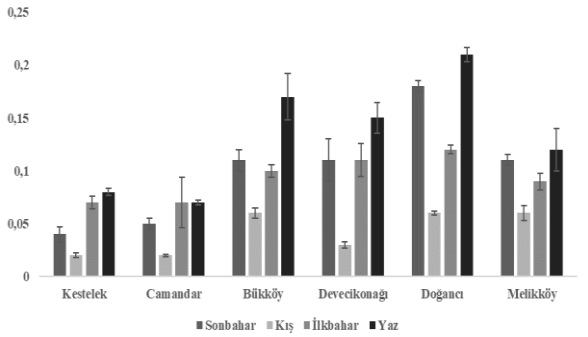
Çalışma kapsamında Mustafakemalpaşa Çayı'nı oluşturan Orhaneli Çayı ve Emet Çayı'ndan bir yıl süre ile alınan örneklerin başlıca katyon analiz sonuçları Şekil 3'de verilmiştir. Su örneklerinin Na içerikleri 0.01 meq L^1 ile 1.05 meq L^{-1}, potasyum içerikleri 0.02 meq L^{-1} ile 0.48 meq L^{-1}, kalsiyum içerikleri 1.39 meq L^{-1} ile 4.27 meq L^{-1} arasında ve magnezyum içeriklerinin ise 2.22 meq L^{-1} ile 7.43 meq L^{-1} arasında belirlenmiştir.

Hasırcı (2021), sulama amaçlı kullanılmakta olan su kaynaklarında belirlenen başlıca katyon içeriklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, en düşük katyon konsantrasyonunun K iyonu olduğunu ve Özer ve Köklü (2019) ise sulama suyu kaynaklarında yapmış oldukları çalışmada da sularda katyon içeriğinin Ca> Mg> Na >K şeklinde sıralandığını bildirmişlerdir. Demirkıran (1998) ise Na>Ca>K>Mg şeklinde sıralandığını bildirmişlerdir. Bu değişkenliğin suyun kaynağı ve akıntılarının geçtiği bölgelerin jeolojik yapısıyla da ilgili olduğu belirtilmiştir.

Na, meq L^{-1}

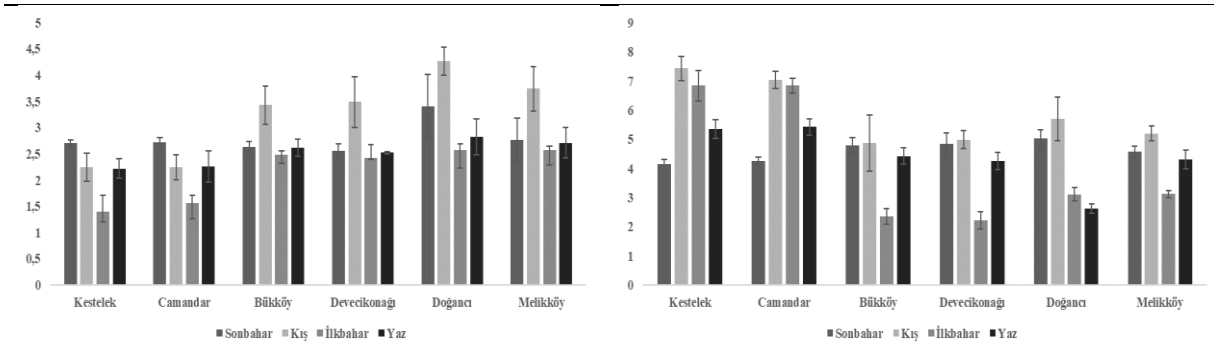


K, meq L^{-1}



Ca, meq L^{-1}

Mg, meq L^{-1}



Şekil 3. Su örneklerinin kimi katyon içerikleri
Figure 3. Some cation contents of water samples

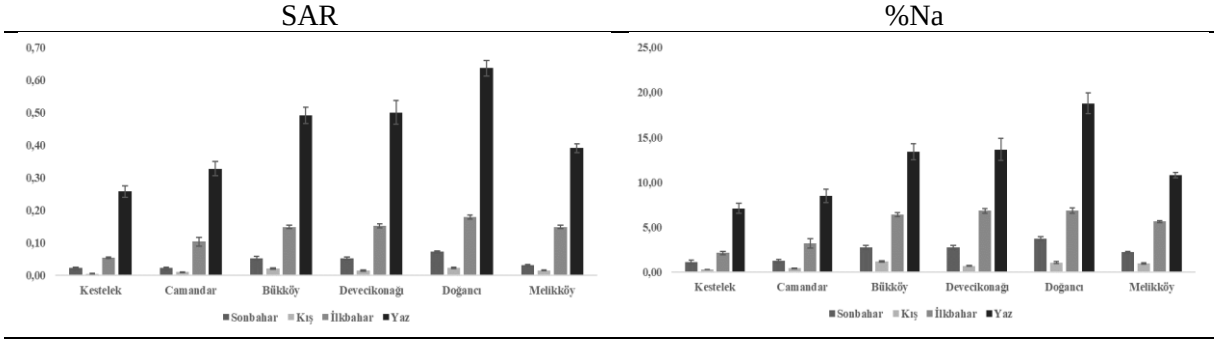
Sulama Suyu Kalite Parametreleri

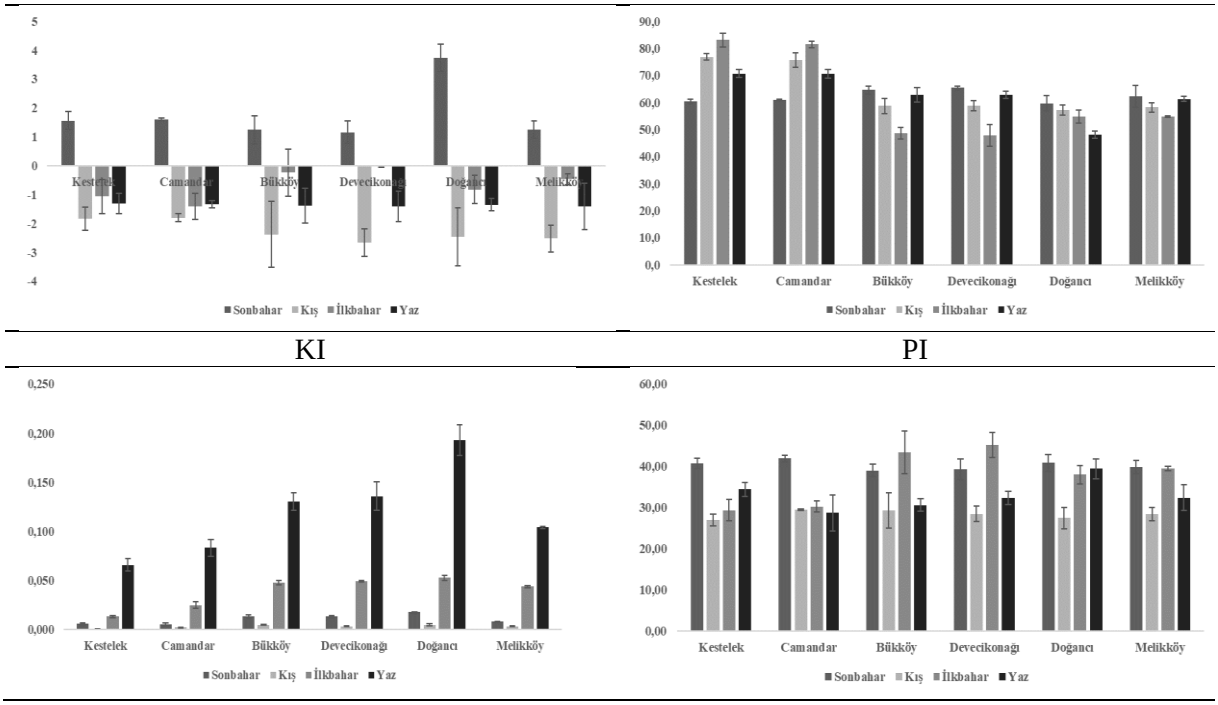
Çalışma kapsamında alınan su örneklerinde yapılan anyon ve katyon analiz sonuçlarına bağlı olarak sulama suyu kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan kimi parametreler hesaplama yolu ile bulunmuştur. Hesaplanan değerler Şekil 4'de verilmiştir.

Su örneklerinin SAR değerinin 0.01 ile 0.64 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Mevsimsel olarak SAR değeri açısından suların I. sınıf sulama suyu kalitesinde olduğu değerlendirilmiştir. Sodyum konsantrasyonunun en önemli riski, toprağın fiziksel özellikleri üzerine olan etkisidir. Yüksek sodyum içeren sular, toprak sütrüktürünün bozulmasına neden olmakta ve bu nedenle, orta ve uzun vadede toprak kalitesinin korunması için SAR değeri 0.5'ten büyük olan sularla sulama yapılmaması önerilmektedir.

Alınan su örneklerinin %Na değeri 0.54 ile 18.78 arasında değişim göstermiştir. Mevsimsel olarak %Na değeri sulama suyu kalitesine göre de 1. sınıf sulama suyu olarak sınıflandırılmıştır. Sodyumun toprak ve bitki üzerindeki zararlı etkilerini önlemek amacıyla %Na değerini 50-60 seviyesini aşmaması gerekmektedir. Sulama sularındaki yüksek Na konsantrasyonu, toprakta kil fraksiyonları tarafından adsorbe edilerek Ca ve Mg gibi +2 değerli diğer katyonlarla yer değiştirmesine neden olmakta ve bu durum, toprağın dispers hale gelmesine ve geçirgenliğin azalması ile sonuçlanmaktadır (Collins ve Jenkins, 1996; Saleh ve ark., 1999). Dalkıran ve ark. (2020) Mustafakemalpaşa Çayı'nın hesaplanan % Na değerinin hem maksimum hem de yıllık ortalama olarak 20'nin altında olduğunu bildirmiştir.

Su örneklerinin RSC değerinin mevsimsel olarak -2.66 ile 3.73 arasında değişim gösterdiği hesaplanmış ve mevsimsel olarak 1., 2. ve 3. sınıf sulama suyu olarak değerlendirilmiştir. Ortamdaki karbonat ve bikarbonat, iki değerli kalsiyum ve magnezyum ile kimyasal reaksiyona girme eğilimindedir. Çözeltideki (Ca+Mg) iyonları (CO_3^{2-}+HCO_3^-) ile reaksiyona girdiğinde, ortamda hala (CO_3^{2-}+HCO_3^-) kalıyorsa, bu iyonlar sodyum ile birleşerek $NaHCO_3$ oluşturmakta ve yüksek miktardaki $NaHCO_3$, sodyum zararının artmasına neden olmaktadır. Hesaplanan değerin 0'ın altında "–" değer olması, sodyumun olumsuz bir etki oluşturma riskinin olmadığını göstermektedir (Eaton, 1950; Hopkins ve ark., 2007). Dalkıran ve ark. (2020) tarafından Mustafakemalpaşa Çayı'nın RSC değerini yıllık ortalama -1.62 olarak bildirmişlerdir. Sulama sularında RSC değerinin yüksek olması (>1.25) toprağın fiziksel özelliklerinin bozulmasına neden olabilir. Bu durumda ıslah materyallerinin kullanılması gerekmektedir.





Şekil 4. Sulama suyu kalite kriterleri
Figure 4. Irrigation water quality criteria

Örneklerin MAR değerinin 48.10 ile 83.09 arasında değişim gösterdiği belirlenmiş ve uygun olmayan sulama suyu kalitesinde olduğu şeklinde değerlendirilmiştir. Magnezyumun sulama suyunda yüksek konsantrasyonlarda bulunması, toprağın tuzluluk oranı arttıkça verim üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır (Omotoso ve Ojo, 2012). Su örneklerinin KI değerinin 0 ile 0.15 arasında olduğu ve mevsimsel olarak uygun sulama suyu kalitesinde olduğu değerlendirilmiştir. Kelley oranı, sodyum (Na^+) ölçümüne karşı kalsiyum (Ca^{2+}) ve magnezyum (Mg^{2+}) oranı olarak ifade edilmektedir. Kelly oranının 1'den büyük değeri, sudaki aşırı sodyumu gösterir. Bu nedenle, kelly oranı değerinin 1' den küçük olduğu sular sulamaya uygun iken, kelly oranı değerinin 1' den büyük olduğu sular ise sulamaya uygun olmamaktadır. Su örneklerinin PI değerinin 27.83 ile 50.00 arasında değişim gösterdiği ve mevsimsel olarak PI değeri açısından iyi sulama suyu kalitesinde olduğu değerlendirilmiştir. PI değerinin 75.0 dan büyük olması sulama sularının kimyasal özelliklerine bağlı olarak toprak fiziksel özelliklerinin bozulması ve toprak permeabilitesinin olumsuz etkilenebileceğini göstermektedir.

Sonuç ve Öneriler

Mustafakemalpaşa ilçesinde tarım için gerekli olan sulama suyu genellikle yeraltı suyu ve Mustafakemalpaşa Çayı'ndan sağlanmaktadır. Çalışma kapsamında sulamada yaygın olarak kullanılan Mustafakemalpaşa Çayı ve kolları olan Orhaneli ve Emet Çayı su örneklerinin mevsimsel olarak sulama suyu kalitesi belirlenmiştir. Bu çalışmada üreticiler tarafından dile getirilen ürünlerde sulamaya bağlı olarak B zararının belirlenmesi de amaçlanmıştır.

Mustafakemalpaşa Çayı ve kollarının pH değeri açısından yıl boyunca alkalin karakterli bir sulama suyu olduğu belirlenmiştir. Bu durumun Mustafakemalpaşa Çayı'nın sulama suyu olarak kullanımında zamanla sulama borularında tıkanıklığa sebep olabileceği söylenebilir. Sulama suyu pH değerlerinin yüksek olduğu alanlarda üretim yapılırken pH değerinin düşürülmesi yönünde uygulamaların yapılması optimum bitki beslenmesi açısından uygulanabilir bir yöntem olarak değerlendirilebilir. Bölgedeki tarım arazilerinde tuzluluk ve sodyumluluk problemi yaşanmamasına rağmen, mevcut su kaynaklarındaki tuzluluk sorunu dikkate alındığında, ilerleyen yıllarda karşılaşılabilecek olası sorunlar nedeniyle bölgede drenaj planlamasının ve gerekli yerlerde tesviye işleminin titizlikle yapılması önemlidir.

Mustafakemalpaşa Çayı'nın su analizlerinde, yıl boyunca EC değerlerine göre suyun orta (2. sınıf) ve yüksek tuzluluk (3. sınıf) seviyesinde olduğu belirlenmiştir. SAR değeri ve %Na açısından 1. sınıf sulama suyu sınıfına girdiği, RSC değeri bakımından kış, ilkbahar, yaz dönemleri I. sınıf, sonbahar

döneminde ise 2 ve 3. sınıf olduğu belirlenmiştir. Sulama suyunun MAR değeri bakımından uygun olmadığı, buna karşın KI değerine göre uygun, PI değerine göre ise iyi kalitede olduğu belirlenmiştir.

Araştırma alanlarından alınan sulama suyu örneklerinin B konsantrasyonları incelendiğinde, 0.07-23.08 mg l^{-1} arasında olduğu belirlenmiştir. Alınan örnekler incelendiğinde Orhaneli Çayından alınan tüm örnekler mevsimsel olarak bütün çalışma dönemlerinde 1. sınıf sulama suyu sınıfında olduğu belirlenmiştir. Emet ve Mustafakemalpaşa çayından alınan örneklerin ise bütün dönemlerde B içeriği açısından "kullanılamaz" sulama suyu sınıfında olduğu belirlenmiştir. Mustafakemalpaşa çayının yüksek B yükü bölgede yürütülen tarımsal faaliyetleri olumsuz etkilemekle birlikte, aynı zamanda Ramsar alanı olan ve son derece önemli kuş türlerine ev sahipliği yapan Uluabat Gölü'nü de tehdit etmektedir. Yüksek B kirliliği, sadece tarımsal amaçlarla yetiştirilen bitkilere değil, aynı zamanda bölge ekosisteminde bulunan ağaçlara ve çeşitli bitkilere de zarar vererek tehlikeli seviyelere ulaşmış durumdadır. Bu durum, çölleşmeye de olumsuz katkılarda bulunabileceği şeklinde değerlendirilebilir.

Emet Çayı'ndan gelen yüksek B içeriğine sahip sular, Mustafakemalpaşa Çayı'nın B içeriğini artırmış ve kalitesini düşürmüştür. Başka bir ifadeyle, Mustafakemalpaşa Çayı sulama suyu olarak sadece orta ve yüksek B toleranslı bitkiler için kullanılabilir hale gelmiştir.

Çalışma kapsamında incelenen Mustafakemalpaşa Çayı'nın bir kolu Emet Çayı'nın önemli bir özelliği, geçtiği bölgede B işletmelerinin bulunmasıdır. Alınan su örnekleri incelendiğinde, özellikle Emet Bor İşletmesinin Emet Çayına olumsuz etkisi bir kez daha ortaya konulmuştur.

Mustafakemalpaşa Çayı, daha önce belirtildiği gibi, Emet ve Orhaneli Çaylarının birleşimiyle oluşmaktadır. Orhaneli Çayı'nda bulunan iki örnekleme noktasından elde edilen değerler, bu suların sulama suyu olarak güvenle kullanılabileceğini göstermektedir. Mustafakemalpaşa Çayı'nda B içeriği incelendiğinde ise Emet Çayı'nın yüksek miktarda B içeriğine bağlı olarak sulama suyu olarak önerilmemektedir. Kirliliğin insan ve hayvan sağlığını tehdit eder bir duruma geldiği söylenebilir.

Sonuç olarak, Emet çayındaki B içeriği artışının, Orhaneli çayı, Mustafakemalpaşa Çayı, Uluabat Gölü'nü etkileyebileceği sonucuna varılmıştır. Su kaynağındaki B içeriği artışının, özellikle toprak kaynakları ve bitkiler üzerinde ne kadar büyük sorunlara yol açabileceği bilinmektedir. Acil önlemler alınmadığı takdirde, bu kirlilik göle ulaşarak buradaki habitatı ve bu akarsulardan faydalanan yetiştiricileri olumsuz yönde etkileyecektir. Dolayısıyla, bölgede acil tedbirlerin alınması ve yoğun bilimsel çalışmalar sonucunda bu çevre sorununa hızlı bir çözüm üretilmesi gerekmektedir.

Teşekkür: Bu makale Pınar Korkmaz'ın Yüksek Lisans tez çalışması verilerinden hazırlanmıştır.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Bu çalışmaya ait veriler Yüksek Lisans tez çalışması sonuçlarını içermektedir. Çalışmaya ait laboratuvar analizleri yüksek lisans öğrencisi tarafından değerlendirmeler ise öğrenci ve danışman tarafından yapılmıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar sonuçları veya yorumları etkileyebilecek herhangi bir maddi veya diğer asli çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedirler.

Kaynaklar

Altın, R., & Sönmez, S. (2020). Muğla-Dalaman yöresi sulama sularının sulama suyu kalitelerinin belirlenmesi ve mevsimsel değişiminin incelenmesi. *Derim,* 37(1), 18-26, https.//doi.org/10.16882/derim.2020.613100

Anonim. (1982). Apolyont Gölü ve yan kolları projesi kirlilik gözlem çalışmaları. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, I. Bölge Müdürlüğü. 55s.

Anonim. (2016). Mustafakemalpaşa Sulama Birliği Denetim Raporu. T.C. Bursa Valiliği sulama birlikleri denetim komisyonu. 13s. (http://www.bursa.gov.tr/2016-yili-sulama-birligi-denetim-raporlari)

Arslan, Ş., & Çelik, M. (2015). Assessment of the pollutants in soils and surface waters around Gümüşköy silver mine (Kütahya, Turkey). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology,* 95(4), 499-506. https://doi.org/10.1007/s00128-015-1613-6

Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). *Water quality for agriculture*. Irrigation and Drainage Paper No. 29. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

Benzer, S. (2017). Concentrations of arsenic and boron in water, sediment and the tissues of fish in Emet stream (Turkey). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 98(6), 805-810. https://doi.org/10.1007/s00128-016-1996-z

Boyacı, S., Ertuğrul, Ö., Ertuğrul, G. Ö., & Gökalp, D. D. (2023). Kırşehir ilinde seralarda kullanılan sulama sularının kalite parametrelerinin belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 26(5), 1178-1188. https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.1180103

Christiansen, J. E., Olsen, E., & Willardson, L. S. (1977). Irrigation water quality evolution. Proceedings of the American Society of Civil Engineers. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 103(IR2), 155-169.

Çöl, M., & Çöl, C. (2003). Environmental boron contamination in waters of Hisarcik area in the Kütahya province of Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 41(10), 1417-1420. https://doi.org/10.1016/S0278-6915(03)00160-1

Collins, R., & Jenkins, A. (1996). The impact of agricultural land use on stream chemistry in the middle hills of the Himalayas, Nepal. *Journal of Hydrology*, 185(1-4), 71-86, https://doi.org/10.1016/0022-1694(95)03008-5

Dalkıran, N., Karacaoğlu, D., Dere, Ş., Çınar, Ş., Bulut, C., & Savaşer, S. (2016). Species Composition and SpatioTemporal Variations of Phytoplankton of Lake Uluabat. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 2(3), 121-135, https://doi.org/10.17216/limnofish.279720

Dalkıran, N., Karacaoğlu, D., Taş, D., Karabayırlı, G., Atak, S., Arda Koşucu, T. N., Coşkun, F., & Akay, E. (2020). Use of factor analysis to evaluate the water quality of Mustafakemalpaşa Stream (Bursa). *Acta Aquatica Turcica*, 16(1), 124-137, https://doi.org/10.22392/actaquatr.610888

Demirkıran, A. R. (1998). Determination of RSC and PI values in some irrigation waters of Kahramanmaraş Grassy Plain, M. Şefik Yeşilsoy International Symposium on Arid Region Soil, September 21-24, 1998, Menemen-İzmir, Turkey, pp. 620-624.

Demirkıran, A. R., Alp, A., & Kara, C. (2009). Menzelet, Baraj Gölü'nde fizikokimyasal parametrelerin dikey ve yatay doğrultuda değişimi. Ulusal Su Günleri Sempozyumu, Eylül 29-Ekim 1, 2009, Elazığ, s.8.

Doneen, L. (1964). *Notes on water quality in agriculture*, Department of Water Science and Engineering Paper 4001, University of California, Davis.

Eaton, F. M. (1950). Significance of carbonates in irrigation waters. *Soil Science*, 69, 123-133.

Hasırcı, O. S. (2021). Konya İli Çumra İlçesindeki Yeraltı Su Kaynaklarının Sulama Suyu Kalitelerinin Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.

Hopkins, B. G., Horneck, D. A., Stevens, R. G., Ellsworth, J. W., & Sullivan, M. (Eds.) (2007). *Managing irrigation water quality for crops production in the Pacific Northwest*. Pacific Northwest Extension Publication, Washington DC.

Jesus Guimaraes, J., de Sousa, F. G. G., Roman, R. M. S., Pai, A. D., Rodrigues, S. A., & Sarnighausen, V. C. R. (2021). Effect of irrigation water pH on the agronomic development of hops in protected cultivation. *Agricultural Water Management*, 253, 106924, https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106924

Kaman, H., Çetin, M., & Sesveren, S. (2022). Akdeniz iklim kuşağında, sulamadan dönen suların sulamada kullanılmasının taban suyu kalitesi ve derinliği üzerine etkilerinin araştırılması: Aşağı Seyhan Ovası Yemişli Sulama Sahası Örneği. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(1), 158-168. https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.880516

Karacaoğlu, D. (2006). Emet Çayı'nın epipelik diyatomeleri ve bentik omurgasızlarının ilişkilendirilmesi ile kirlilik düzeyinin saptanması.(Doktora Tezi), Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı.

Kelley, W. P. (1963). Use of saline irrigation water. *Soil Science*, 95(6), 385-391.

Landis, T. D., Tinus, R. W., McDonald, S. E., & Barnett, J. P. (1989). *Seedling nutrition and irrigation*. The container tree nursery manual. Agric. Handbook 674. US Dept. Agric. For. Serv., Washington, DC.

Maas, E. V. (1990). *Crop salt tolerance. Agricultural salinity assessment and management* (K.K. Tanji, Ed.), ASCE Manual Reports on Engineering Practices, ASCE, (pp.262-304), New York.

Mestik, D. (2019). Mustafakemalpaşa Çayı'nın (Bursa) iki farklı dönemdeki su kalitesinin epilitik diyatonmeler kullanılarak değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı.

Omotoso, O. A., & Ojo, O. J. (2012). Assessment of quality of river Niger floodplain water at Jebba, Central Nigeria: Implications for irrigation. *Water Utility Journal*, 4, 13-24.

Omwene, P. I., Öncel, M. S., Çelen, M., & Kobya, M. (2019). Influence of arsenic and boron on the water quality index in mining stressed catchments of Emet and Orhaneli streams (Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment*, 191-199, https://doi.org/10.1007/s10661-019-7337-z

Özer, Ç., & Köklü, R. (2019). Aşağı Sakarya Nehri su kalitesinin sulama suyu açısından değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh University Natural Hazards Application and Research Center Journal of Natural Hazards and Environment*, 5(2), 237-246, https://doi.org/10.21324/dacd.483146

Paliwal, K. V. (1972). *Irrigation with saline water*. I.A.R.I. Monogram No. 2 (New Series), New Delhi.

Richards, L. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Agriculture Handbook No: 60, U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.

Sağlam M. T. (1977). Sulama sularında mevcut olan karbonat ve bikarbonat iyonlarının toprak üzerindeki zararlı etkilerinin belirlenmesinde kullanılan bazı kıstaslar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8, 129-137.

Sağlam, M. T. (2008). *Toprak ve suyun kimyasal analiz yöntemleri* (Dördüncü baskı). Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 2, Tekirdağ.

Saleh, A., Al-Ruwaih, F., & Shehata, M. (1999). Hydrogeochemical processes operating within the main aquifers of Kuwait. *Journal of Arid. Environments*, 42(3), 195-209, https://doi.org/10.1006/jare.1999.0511

Salihoğlu, G., & Karaer, F. (2004). Ecological risk assessment and problem formulation for Lake Uluabat, a Ramsar State in Turkey. *Environmental Management*, 33(6), 899-910, https://doi.org/10.1007/s00267-004-2864-x

Semiz, G. D. (2014). Sulama suyu açısından bor içeriğinin değerlendirilmesi: Uluabat Gölünü Besleyen Orhaneli, Emet ve Mustafakemalpaşa Çayları. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(1), 98-105.

Sürücü, E., & Demir, Y. (2024). Yeşilırmak Nehrinde bazı sulama suyu kalite parametrelerinin eğilim analizi ve değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 11(4), 992-1000, https://doi.org/ 10.30910/ turkjans.1513944

Tanrıverdi, Ç., Alp, A., Demirkıran, A. R., & Üçkardeş, F. (2010). Assessment of surface water quality of the Ceyhan River Basin, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 167(1), 175-184, https://doi.org/10.1007/s10661-009-1040-4

Tokatlı, C., Arslan, N., Çiçek, A., Kose, E., Emiroglu, O., & Dayioglu, H. (2013). Effect of silver on aquatic ecosystems of Emet Stream Basin, Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*, 45(2), 521-529. https://doi.org/10.17482/uujfe.39645

Tokatlı, C., Çiçek, A., Emiroğlu, Ö., Arslan, N., Köse, E., & Dayioğlu, H. (2014). Statistical approaches to evaluate the aquatic ecosystem qualities of a significant mining area: Emet Stream Basin (Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 71(5), 2185-2197. https://doi.org/10.1007/s12665-013-2624-4

Tokatlı, C., Köse, E., Arslan, N., Emiroğlu, Ö., Çiçek, A., & Dayıoğlu, H. (2016a). Emet Çayı su kalitesinin mevsimsel değişimi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 21(2), 9-23. https://doi.org/10.17482/uujfe.39645

Tokatlı, C., Köse, E., Arslan, N., Emiroğlu, Ö., Çiçek, A., & Dayıoğlu, H. (2016b). Ecosystem quality assessment of an aquatic habitat in a globally important boron reserve: Emet Stream Basin (Turkey). *International Journal of Environment and Pollution*, 59(2-4), 116-141. https://doi.org/10.1504/IJEP.2016.10000736

Wilcox, L. V. (1955). Classification and Use of Irrigation Water. US Department of Agriculture, Circular 969, Washington DC.