



Araştırma Makalesi/Research Article

## Tarımsal Sulamada Kullanılan Yenice ve Davutköy Göletlerinin (Yenice, Çanakkale) Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi

Kahraman Selvi<sup>1</sup> Seda Özdikmenli Tepeli<sup>1</sup> Burcu İleri<sup>2\*</sup> Ramazan Yıldız<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yenice Meslek Yüksekokulu, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Çanakkale, Türkiye

\* Sorumlu yazar: burcuileri@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 07.09.2017

Kabul Tarihi: 13.11.2017

### Öz

Bu çalışmada; Yenice'nin (Çanakkale) en önemli tarımsal sulama kaynağı olan Yenice ve Davutköy Göletlerinin sudaki ağır metal derişimlerinin mevsimsel olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Yapılan analizlere göre; metal konsantrasyonlarının insan kaynaklı faaliyetlerin ve yağışların etkisi ile ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında; Yenice ve Davutköy Göletlerinin metal kirliliği açısından bir risk oluşturmadığı, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (TS266) ve Yerüstü Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (YSKYY)' e göre I. sınıf kalitede olduğu ve gölet sularının tarımsal sulama için uygun olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır Metal Kirliliği, Su Kalitesi, Yenice Göleti, Davutköy Göleti, Çanakkale

## Determination of Heavy Metal Pollution of Yenice and Davutkoy Ponds (Yenice, Çanakkale) Used in Agricultural Irrigation

### Abstract

The aim of this study is that the seasonal determination of heavy metal levels was investigated in Yenice and Davutköy Pond which are the most important agricultural irrigation sources in Yenice (Çanakkale). In analysis, metal concentrations were determined higher during spring and autumn months due to the effects of anthropogenic activities and precipitation. According to the results; it was detected that there was no risk in terms of metal pollution in the ponds, their water quality were class I for TS266 (Turkish potable water standard) and Inland Water Quality Criteria (YSKYY), and suitable for agricultural irrigation.

**Keywords:** Heavy Metal Pollution, Water Quality, Yenice Pond, Davutköy Pond, Çanakkale

### Giriş

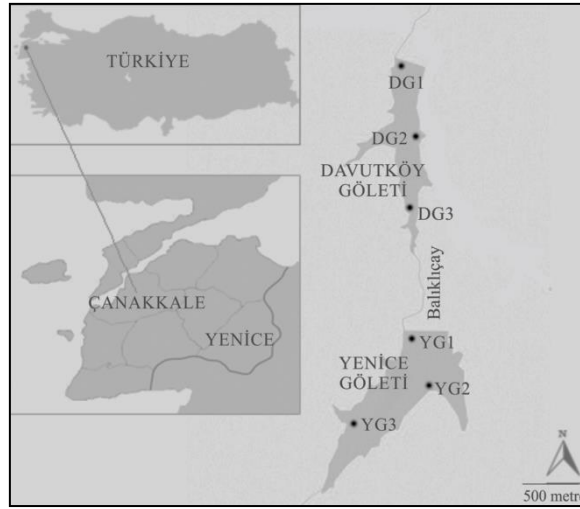
Hızlı nüfus artışına bağlı kentleşme, sulu tarımın yaygınlaşması, sanayileşmenin getirmiş olduğu kirlilik ve küresel ısınmanın muhtemel etkileri nedeniyle su kaynaklarının hem kullanım miktarı hem de kalitesi her geçen gün azalmakta; yüksek tarım potansiyeline sahip olan topraklar hızla yok olmaktadır (Aydoğdu ve ark., 2015). Tarımda bilinçsiz kullanılan gübre ve pestisitlerin, topraktan kaynak ve yüzey sularına bulaşması kaçınılmazdır (Turan ve Ülkü, 2013). Ayrıca evsel ve endüstriyel kullanım sonrasında çeşitli kirleticilere maruz kalan su kaynakları, gerekli arıtma işlemleri yapılmadan deşarj edildiğinde gıda güvenliği açısından büyük risk oluşturmaktadır (Mutlu ve ark., 2013).

Küresel boyutta birçok hastalığın en önemli sebeplerinden biri de temiz ve güvenilir su kaynaklarının yetersiz olmasıdır (Sönmez ve ark., 2012). Metabolik faaliyetler için gerekli olmayan metaller, suda düşük konsantrasyonlarda bulunsalar dahi canlıların sağlığına zarar verebilmekte ve hatta ölümlere yol açabilmektedir (Selvi, 2012). Metal derişimi yüksek sulara uzun süreli maruz kalma sonucu; organizmaların dokusunda ve organlarında biriken bu kirleticiler, moleküler seviyede geri döndürülemez olumsuz etkilere yol açmaktadır (Selvi ve ark., 2015a). Sulama sularının da bu kirleticiler ile kirlenmesi veya sonrasında tarımda kullanılması, tarımsal üretimi sınırlayan önemli bir etmendir (Çakır ve Minareci, 2015). Bu nedenle; su kalitesinin korunması, ekolojik açıdan değerlendirilmesi ve sürdürülebilirliği, yüzey sularının yönetimi ve su ekosistemlerinin korunması için önemlidir. Su kaynaklarının kirlenme problemini ortaya koymak amacıyla; suda (Türkmen ve Akbulut, 2015; İslam ve ark., 2016, Kalyoncu ve ark., 2016), sedimentte (Saleem ve ark., 2015; Şener ve Şener, 2015; Ünlü ve Alpar, 2016 ) ve sucul canlılarda (Selvi ve ark., 2015b, Çavuşoğlu ve ark., 2016; Karayakar ve ark., 2017) ağır metal düzeylerinin belirlenmesi hakkında çalışmalar yapılmaktadır.

Yenice (Çanakkale) ve çevresinde tarım, hayvancılık ve madencilik gibi faaliyetler yoğun olarak yapılmasına rağmen; bölgenin en önemli tarımsal sulama kaynağı olan Yenice ve Davutköy Göletlerinde ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi kapsamında bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada; Yenice ve Davutköy Göletlerinin suda ağır metal konsantrasyonları tespit edilerek; su kalitesinin değerlendirilmesi için gerekli istatistiksel analizler uygulanmıştır. Sonuçlar, ulusal ve uluslararası standartlar ile karşılaştırılarak sulama suyu kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Bu sayede bölge ekosistemi için oldukça büyük önem taşıyan bu su kaynaklarının potansiyel kirlilik durumları incelenerek; olası risk değerlendirmeleri yapılmıştır.

### Materyal ve Yöntem

Çanakkale İlının, Yenice İlçesi'nde ve ilçenin yaklaşık 7 km batısında yer alan Yenice Göleti, (39°56" K - 27°12" D) tarımsal ve hayvansal sulama amacıyla yapılmış olup; mevsimlere göre su seviyeleri değişmektedir. Başdağ yakınlarından doğan ve Balıklıçay üzerinde kurulan kaya dolgu tipindeki bu gölet, 0,435 km<sup>2</sup> bir alana sahiptir. Torhasan Göleti olarak da bilinen ve Yenice Göleti ile aynı kaynak sularının beslediği Davutköy Göleti'nin (39°57" K - 27°12" D) alanı ise 0,225 km<sup>2</sup>'dir. İki gölet arasındaki mesafe çok kısa olup; yaklaşık 500 metredir (Şekil 1).



Şekil 1. Yenice ve Davutköy Göletleri

Yenice ve Davutköy Göletlerinden belirlenen 3'er istasyondan bir yıl boyunca mevsimsel olarak ağır metal analizleri için örnekleme şartlarına uyularak su örnekleri alınmış; laboratuvar ortamında ilgili analizler yapılmıştır. Fiziksel parametre analizlerinden sıcaklık, pH, iletkenlik ve çözülmüş oksijen YSI Pro Plus marka çoklu parametre ölçüm cihazı (prob) kullanılarak arazide ölçülmüştür.

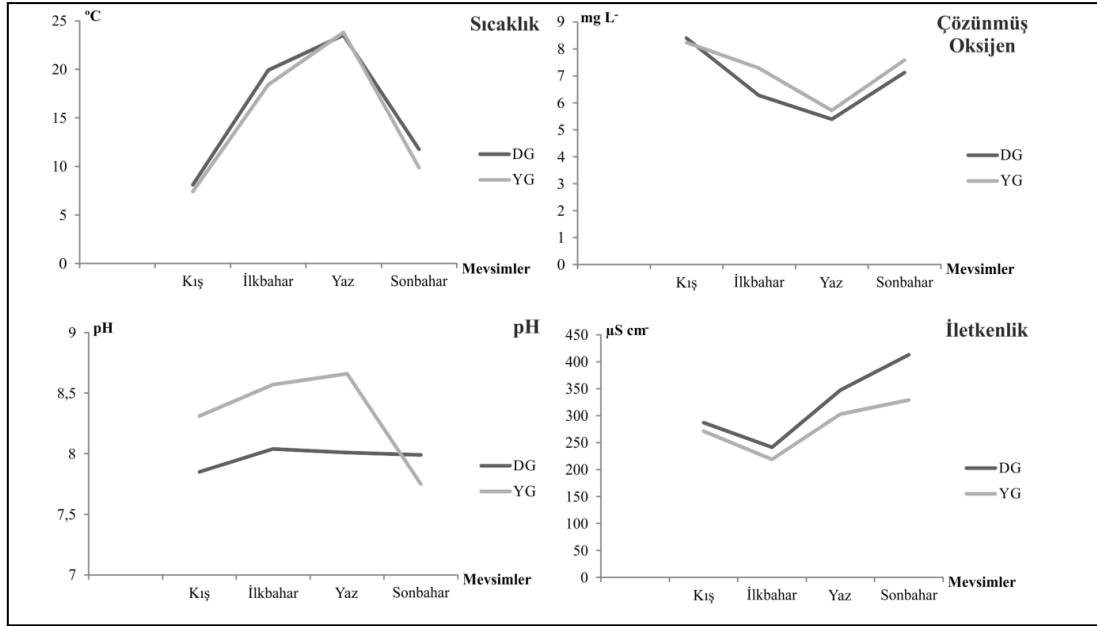
Laboratuvara getirilen su numunelerinde metal konsantrasyonlarının (Zn, Pb, Co, Cd, Ni, Fe, Mn, Cr, Cu, Al) belirlenebilmesi için örneklerin ön ekstrasyon işlemleri yapılmıştır. Bunun için; alınan su örnekleri laboratuvara getirildikten sonra 45 µ' luk şırınga filtreden süzölmüştür. Cam şişelerde saklanan örneklerin üzerine 5 ml HNO<sub>3</sub> damlatılarak okuma işlemine hazır hale getirilmiştir (Smith ve ark., 2007). Örneklerin metal konsantrasyon değerleri ICP-OES cihazı yardımıyla belirlenmiştir.

### İstatistiksel Değerlendirme

Mevsimsel olarak her istasyondan 3 tekrarlı olarak alınan su örneklerinden elde edilen sonuçların ortalama değerleri, standart hataları (±) ile birlikte verilmiştir. Verilere iki yönlü varyans analizleri uygulanmış olup; konsantrasyonXistasyon ve konsantrasyonXzaman ikili interaksiyon etkisinin istatistiksel olarak önemini belirtilmiştir. Çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel analizleri için IBM SPSS 20 Programı kullanılmıştır. Gruplar arası farklar p<0,05 olarak değerlendirilmiştir (Logan, 2010).

### Bulgular ve Tartışma

Yenice Göleti'nde (YG) ve Davutköy Göleti'nde (DG) bir yıl boyunca mevsimsel olarak su örneklerinden elde edilen fiziko-kimyasal parametrelerinden sıcaklık, çözülmüş oksijen, iletkenlik ve pH' a ait bulgular Şekil 2'de belirtilmiştir.



Şekil 2. Davutköy Gölet'inde (DG) ve Yenice Gölet'inde (YG) Suyun Fiziko-kimyasal Parametreleri

Çalışmadan elde edilen ağır metal bulgularının, Yerüstü Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (YSKYY), İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (TS266), Sulama Suları için Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği (SKKY), Amerika Çevre Koruma Ajansı (EPA) gibi ulusal ve uluslararası standartlar ile karşılaştırılması yapılarak; sonuçlar Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Yenice ve Davutköy Göletlerinde Sudaki Metal Konsantrasyonları. (X±S.Hata) ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) Two-way ANOVA.

	DAVUTKÖY GÖLETİ			YENİCE GÖLETİ			
	D1	D2	D3	Y1	Y2	Y3	
<b>Zn</b>	<b>Kış</b>	74,30±4,79 Cz	61,04±11,73 Bz	44,50±2,57 Dy	14,01±0,14 Bx	19,20±1,25 Bx	21,37±1,20 Ax
	<b>İlkbahar</b>	22,86±0,23 Ayz	27,09±2,36 Az	23,26±1,84 Ayz	15,50±0,02 Cx	20,74±2,25 Bxy	27,44±3,23 Az
	<b>Yaz</b>	21,90±1,77 Ay	13,02±0,04 Ax	38,4±1,42 Cw	29,48±0,53 Dyz	34,45±4,36 Czw	23,66±4,30 Ay
	<b>Sonbahar</b>	35,11±5,78 Bz	19,59±1,83 Ay	30,17±1,37 Bz	12,72±0,25 Axy	8,52±0,64 Ax	20,07±2,64 Ay
<b>Pb</b>	<b>Kış</b>	0,53±0,22 ABy	0,11±0,02 Ax	0,49±0,12 Axy	0,97±0,17 Bz	0,32±0,13 ABxy	0,10±0,03 Ax
	<b>İlkbahar</b>	0,10±0,02 Ax	0,18±0,02 Ax	0,19±0,03 Ax	0,22±0,06 Ax	0,90±0,12 Cy	0,63±0,20 By
	<b>Yaz</b>	0,30±0,02 Axy	0,55±0,04 Bw	0,35±0,05 Ayz	0,18±0,03 Ax	0,45±0,04 Bzw	0,29±0,07 ABxy
	<b>Sonbahar</b>	1,10±0,35 By	1,18±0,20 Cy	0,99±0,27 By	0,28±0,19 Ax	0,13±0,06 Ax	0,60±0,18 Bxy
<b>Co</b>	<b>Kış</b>	0,76±0,05 Bx	0,77±0,04 Ax	0,74±0,02 Ax	0,78±0,04 Bx	0,78±0,01 Bx	0,75±0,03 ABx
	<b>İlkbahar</b>	0,70±0,02 Bx	0,76±0,03 Axy	0,83±0,04 Ay	0,75±0,04 Bxy	0,88±0,06 Byz	0,91±0,05 BCz
	<b>Yaz</b>	0,78±0,04 Bx	0,86±0,07 Ax	0,84±0,02 Ax	0,78±0,06 Bx	0,86±0,06 Bx	0,83±0,08 Cx
	<b>Sonbahar</b>	0,57±0,03 Ax	1,09±0,08 By	2,19±0,12 Bz	0,51±0,04 Ax	0,54±0,02 Ax	0,65±0,03 Ax



Cd	Kış	0,42±0,02 Ax	0,43±0,03 Ax	0,48±0,03 Bx	0,41±0,07 Ax	0,43±0,01 Ax	0,46±0,02 Ax
	İlkbahar	0,43±0,01 Ax	0,45±0,02 Bx	0,49±0,02 Bxy	0,46±0,02 Ax	0,62±0,09 Bxy	0,68±0,13 By
	Yaz	0,45±0,02 Ax	0,44±0,02 Bx	0,43±0,02 Bx	0,53±0,04 Ay	0,42±0,02 Ax	0,43±0,03 Ax
	Sonbahar	0,66±0,09 By	0,34±0,01 Bx	0,33±0,02 Ax	0,41±0,02 Ax	0,39±0,01 Ax	0,42±0,03 Ax
Ni	Kış	1,07±0,04 Bxy	1,26±0,24 By	0,87±0,03 Ax	1,05±0,08 ABxy	0,97±0,09 Axy	1,01±0,06 Axy
	İlkbahar	0,77±0,03 Bxy	0,71±0,04 Ax	1,44±0,36 Byz	0,95±0,04 ABxy	2,22±0,62 Bz	1,77±0,32 Byz
	Yaz	0,55±0,03 Ax	0,55±0,04 Ax	0,71±0,08 Ax	1,59±0,45 By	0,56±0,04 Ax	0,62±0,01 Ax
	Sonbahar	0,73±0,05 Cy	1,83±0,11 Cz	2,57±0,04 Cw	0,61±0,07 Axy	0,42±0,03 Ax	0,63±0,08 Ay
Fe	Kış	225,98±21,67 Cxy	159,63±2,79 Ax	161,27±1,84 Bx	359,97±50,80 Bz	190,63±41,10 Bx	333,92±69,43 Cyz
	İlkbahar	82,03±0,38 Bx	78,94±0,52 Ax	126,21±17,92 Ay	82,97±1,12 Ax	76,65±1,55 Ax	143,75±1,13 By
	Yaz	32,08±0,24 Ax	87,95±1,30 Ay	121,76±0,55 Az	22,45±1,50 Ax	18,32±0,07 Ax	27,8±0,35 Ax
	Sonbahar	103,18±2,67 Bx	735,08±58,74 Bz	235,70±7,00 Cy	108,86±23,32 Ax	51,86±1,46 Ax	78,78±4,54 ABx
Mn	Kış	43,41±3,41 Cz	41,40±2,10 Byz	23,49±2,65 Axy	44,94±7,75 Bz	22,44±1,18 Bx	49,79±12,22 Bz
	İlkbahar	26,42±0,06 Ay	31,27±0,08 Az	37,79±3,19 Aw	18,96±0,11 Ax	18,79±0,34 Ax	22,71±0,88 Axy
	Yaz	32,62±0,96 Bxy	44,33±0,22 By	95,37±11,81 Bz	17,93±0,32 Ax	18,10±0,37 Ax	19,77±0,16 Ax
	Sonbahar	33,09±0,53 Bz	56,70±0,14 Cw	28,37±0,53 Az	19,78±0,22 Ay	18,22±0,05 Ax	19,97±0,06 Ay
Cr	Kış	1,68±0,20 Ax	1,67±0,19 Ax	1,38±0,18 Ax	1,45±0,29 ABx	1,62±0,20 Bx	1,52±0,25 Ax
	İlkbahar	1,37±0,25 Ax	1,79±0,29 Ax	1,58±0,15 Ax	1,64±0,20 Bx	1,53±0,20 Bx	1,76±0,13 Bx
	Yaz	1,27±0,24 Ax	1,48±0,10 Ax	1,78±0,22 Ax	1,46±0,25 ABx	1,41±0,29 ABx	1,52±0,27 Bx
	Sonbahar	1,14±0,13 Ax	2,11±0,32 Ay	2,98±0,26 Bz	0,83±0,25 Ax	0,81±0,19 Ax	0,80±0,22 Bx
Cu	Kış	1,31±0,16 Ay	2,46±0,18 Bz	3,22±0,22 ABw	0,18±0,03 Ax	0,11±0,01 Ax	0,22±0,02 Ax
	İlkbahar	4,66±0,26 Cy	3,69±0,22 Cy	4,12±0,29 By	1,35±0,13 Bx	1,71±0,28 Bx	1,49±0,64 Bx
	Yaz	2,91±0,29 Bw	2,22±0,06 Byz	2,69±0,29 Azw	1,57±0,05 Bx	1,46±0,10 Bx	1,75±0,04 Bxy
	Sonbahar	1,52±0,10 Ay	1,36±0,12 Ay	2,72±0,44 Az	0,15±0,04 Ax	0,11±0,03 Ax	0,87±0,32 ABy
Al	Kış	208,82±8,47 Dy	166,57±6,45 ABxy	167,13±6,88 Bxy	190,13±9,80 Dy	191,37±33,36 By	125,48±4,32 Dx
	İlkbahar	80,47±1,28 Bx	176,5±100,21 ABx	119,04±20,32 Ax	86,45±0,34 Bx	84,49±2,77 Ax	137,42±1,73 Cx
	Yaz	36,69±0,29 Axy	71,72±1,79 Az	91,25±6,23 Aw	34,71±1,68 Axy	32,52±1,28 Ax	41,59±0,76 Ay
	Sonbahar	147,25±5,27 Cz	244,65±10,35 Bw	156,05±6,90 Bz	105,59±4,67 Cy	70,4±2,61 Ax	115,43±3,24 By

Not: Büyük harfler mevsimler arası, küçük harfler istasyonlar arası farkları göstermektedir ( $p<0,05$ ).

Özellikle tarımda verimi artırmak için kullanılan yapay gübre ve pestisitlerin bileşimine Zn girmesi, bu metalin sudaki derişimini de artırmaktadır (Kacar ve İnal, 2008). Davutköy ve Yenice Göleti'nde Zn değerleri  $8,52 \mu\text{g L}^{-1}$  –  $74,30 \mu\text{g L}^{-1}$  arasında ölçülmüştür. En yüksek Zn konsantrasyonları Yenice Göleti'nde yaz mevsiminde, Davutköy Göleti'nde ise kış mevsiminde görülmüş olup; mevsimler arası farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Bununla birlikte; istasyonlardan belirlenen Zn konsantrasyonları tüm mevsimlerde EPA' nın izin verdiği



değerlerin altında ölçülmüş; YSKYY'e göre I. sınıf su kalitesinde olduğu saptanmıştır. Otomobil yakıtları, boyalar ve bataryalar en önemli kurşun kaynaklarıdır. Doğal erozyonlarla ve havadaki kurşunun yağmurlarla taşınması sonucu sucul ekosistemlerde derişimi artmaktadır (Dündar ve Arslan, 2005).

Kurşun konsantrasyonları en düşük YG3 istasyonunda ( $0,10 \mu\text{g L}^{-1}$ ), en yüksek DG2 istasyonunda bulunmuş olup; aralarındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,05$ ). Ayrıca; kurşunun en yüksek konsantrasyonları tüm istasyonlarda sonbahar mevsiminde tespit edilmiştir. YSKYY'e göre I. sınıf su kalitesinde olduğu belirlenen kurşun konsantrasyonları, EPA' nın izin verdiği değerlerin altında ölçülmüştür. Kobalt paslanmaz çelik eldesinde, cam ve porselen sanayisinde kullanılmaktadır (Doğan, 2002). Çalışmada en yüksek kobalt derişimi, DG3 istasyonunda sonbahar mevsiminde ( $2,10 \mu\text{g L}^{-1}$ ), en düşük YG1 istasyonunda ( $0,51 \mu\text{g L}^{-1}$ ) bulunmuştur. Ayrıca mevsimler arası farklar istatistiksel olarak önemli olup ( $p<0,05$ ); YSKYY'e göre; DG3 istasyonu II. sınıf, diğer istasyonlar I. sınıf su kalitesinde olduğu belirlenmiştir. En önemli kadmiyum kaynakları arasında fosil yakıtlar, bataryalar, temizlik ürünleri, gübre ve pestisitler gösterilmektedir. Kadmiyum, bu gibi insan kaynaklı faaliyetler sonucu mevsim yağışlarının da etkisiyle sulara deşarj olabilmektedir (Asri ve ark., 2007). Elde edilen bulgulara göre; en yüksek kadmiyum konsantrasyonu Davutköy Gölet'inde 1. istasyonda sonbaharda ( $0,66 \mu\text{g L}^{-1}$ ), Yenice Göleti'nde 3. istasyonda yazın ( $0,68 \mu\text{g L}^{-1}$ ) ölçülmüş olup; mevsimler arası farklar istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,05$ ). İstasyonlardan belirlenen kadmiyum konsantrasyonları tüm mevsimlerde EPA' nın izin verdiği değerlerin altında ölçülmüş olup; YSKYY'e göre I. sınıf su kalitesinde saptanmıştır. Nikelin sucul ekosistemlere deşarjı genellikle metal işletmelerinden ve kanalizasyon tanklarından olmaktadır (Duman ve ark., 2007). Nikel, en yüksek DG3 istasyonunda sonbahar mevsiminde ( $2,57 \mu\text{g L}^{-1}$ ) bulunmuştur. Göletlerden belirlenen Ni konsantrasyonunun mevsimler arası farkları istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ). Bununla birlikte Ni konsantrasyonları YSKYY'e göre I. sınıf su kalitesinde belirlenmiş olup; EPA' nın izin verdiği değerlerin altında ölçülmüştür. Yer kabuğunda en fazla bulunan elementlerden biri olan Fe metalinin yağışlarla birlikte sudaki konsantrasyonu artmaktadır (ATSDR, 2000). Göletlerden belirlenen istasyonlarda Fe  $18,32 \mu\text{g L}^{-1} - 735,08 \mu\text{g L}^{-1}$  arasında değişmektedir ( $p<0,05$ ). Ayrıca, tüm mevsimlerde EPA' nın izin verdiği değerlerin altında ölçülmüş olup; YSKYY'e göre I. sınıf su kalitesinde olduğu görülmektedir. Mangan, topraklarda ve su kaynaklarında doğal olarak bulunabilen bir metaldir. Ayrıca mangan bileşiklerinin temizlik ürünlerinde beyazlatıcı ajan ve dezenfeksiyon amaçlı kullanılması da yüzey sularındaki mangan konsantrasyonlarını artırmaktadır (ATSDR 2000, Arslan ve ark., 2011). Yenice Gölet'indeki tüm istasyonlarda en yüksek mangan değerleri kış mevsiminde gözlenmiştir. Bununla birlikte ölçülen mangan konsantrasyonlarının mevsimler arası farkları istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,05$ ). EPA' nın izin verdiği değerlerin altında belirlenmiş olup, mangan yönünden YSKYY'e göre I. sınıf su kalitesinde belirlenmiştir. Suda krom birikimine neden olan başlıca sebepler plastik, kanalizasyon ve foseptik atıklardır (Duman ve ark., 2007). Madensel ve endüstriyel atık deşarjları ile sucul ekosistemlere kolayca karışabilen krom, sedimentte çökmeden önce uzun yıllar suda kalabilmektedir (Arslan ve ark., 2011). Kromun en yüksek konsantrasyonu DG3 istasyonunda sonbahar mevsiminde ( $2,98 \mu\text{g L}^{-1}$ ) en düşük konsantrasyonu YG3 istasyonunda ( $0,80 \mu\text{g L}^{-1}$ ) belirlenmişken; ölçülen krom derişimlerinin mevsimler arası farkları istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ). Krom konsantrasyonları tüm mevsimlerde EPA' nın izin verdiği değerlerin altında ölçülmüş olup; YSKYY'e göre I. sınıf su kalitesindedir. Sucul ortamlardaki Cu birikiminde en önemli antropojenik kaynakların başında tarımda kullanılan bakır bazlı gübreler ve fungusitlerdir (Çınar, 2008). Çalışmadaki en yüksek Cu konsantrasyonu DG1 istasyonunda ve ilkbahar mevsiminde ( $4,66 \mu\text{g L}^{-1}$ ) belirlenmiş ve mevsimler arası konsantrasyon farkları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Ayrıca bakır konsantrasyonu tüm istasyonlarda ve mevsimlerde EPA' nın izin verdiği değerlerin altında ölçülmüş olup; YSKYY'e göre I. sınıf su kalitesinde olduğu görülmektedir. Alüminyum kaynaklarının başında mutfak kapları, su boruları ve ilaçlar gelmektedir (Greger ve Baier, 1983). Alüminyum metalinin, en yüksek konsantrasyonu DG2 istasyonunda sonbahar mevsiminde ( $244,60 \mu\text{g L}^{-1}$ ), en düşük konsantrasyonu yaz mevsiminde ( $32,52 \mu\text{g L}^{-1}$ ) görülmüştür. Mevsimler arası farkları istatistiksel olarak önemli olan ( $p<0,05$ ) alüminyum konsantrasyonları, EPA' nın izin verdiği değerlerin altında ölçülmüş olup; YSKYY'e göre I. sınıf su kalitesindedir.

Yer kabuğunun doğal bileşenleri olan ağır metallerin ekosistemlerdeki dağılımı antropojenik etkilerle önemli ölçüde değişmektedir. Sulardaki ağır metal konsantrasyonları, suyun kullanma



alanının farklılığına ve yaygın olmasına bağlı olarak önem taşımaktadır. Yenice ve Davutköy Göletlerinin çevresinde bir sanayi kuruluşu olmasa da; yoğun tarım uygulamaları ve piknikçilerin atıklarını gölet kenarında bırakması, ortamdaki kirlilik baskısını her geçen gün artırmaktadır. Gültekin ve ark. (2012), Trabzon İli Akarsularında yaptıkları bir çalışmada sularda kirlilik oluşturan parametrelerin genellikle tarımsal faaliyetlerden kaynaklandığını bildirmişlerdir. Ilgar (2000), Çanakkale kıyı akarsularında yaptığı çalışmada metallerin izin verilen değerlerin çok üzerinde olduğunu, kentsel kökenli atıkların ve kıyı bölgelerdeki sanayi kuruluşlarının atık sularının nehre deşarjı buna sebebiyet verdiğini bildirmiştir. Balkıs ve Aksu (2012), Batı Karadeniz Şelfi'nde yaptıkları bir çalışmada suda yüksek konsantrasyonlarda tespit ettikleri mangan ve kurşun metallerinin evsel ve endüstriyel kaynaklı olarak ortama karıştığını rapor etmişlerdir.

İnsan aktivitelerinin yanında; kayaların taşınma, tortulanma ve parçalanma gibi süreçlerden geçmesi sonucu sudaki ve sedimentteki ağır metal birikimi yıllar geçtikçe artmaktadır (Benzer ve ark. 2013). Çalışmada en yüksek metal konsantrasyonları genellikle sonbaharda ölçülmüştür. Kalyoncu ve ark. (2016), Isparta Deresi'nde yaptıkları çalışmada Cr, Cu ve Ni metallerinin kış mevsiminde, Fe ve Mn metallerinin sonbahar mevsiminde, Pb ve Zn metallerinin ise ilkbahar mevsiminde suda artış gösterdiği belirtmişlerdir. Başyigit ve Tekin-Özan (2013), Karataş Gölü'nün suyundaki metal seviyelerinin bahar aylarında artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Metallerin sucul ekosistemlere taşınmasında atmosferin önemi büyüktür. Ortamda doğal halde bulunan metallerin, rüzgârların ve yağışların da etkisiyle suya karışması, yağışlı mevsimlerde konsantrasyonları artabilmektedir. Elmacı ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada, Uluabat Göl suyu örneklerinde çinko ve bakır konsantrasyonlarının belirgin olarak kış ve ilkbaharda daha yüksek bulunduğu ve bu durumun akıntılarla gelen kirlenmeden kaynaklandığını bildirilmişlerdir. Özmen ve ark. (2004), Hazar Gölü'nün suyunda çinko, demir, mangan, nikel, bakır ve kurşun birikimini mevsimsel olarak belirledikleri çalışmada, en yüksek metal birikiminin ilkbahar mevsiminde olduğunu tespit etmişlerdir. Okonkwo ve Mothiba (2005), yaptıkları çalışmada Thohoyandou Nehri'nde tespit ettikleri sudaki metal konsantrasyonlarının kış döneminde yaz döneminden yüksek olduğunu bildirmişler, bunun sebebini kışın nehirlerle karışan yağmur sularıyla açıklamışlardır.

Çizelge 2. Metallerin İçin İzin Verilen Ulusal ve Uluslararası Su Standartları

	EPA <sup>1</sup>	TS266 <sup>2</sup>		YSKYY <sup>3</sup>				SKKY <sup>4</sup>	
		Sınıf 1 Tip1	Sınıf 2 Tip2	I. sınıf	II. sınıf	III. sınıf	IV. sınıf	*	**
Zn	2000	-	-	<200	500	2000	>2000	2000	10000
Pb	5000	10	10	<10	20	50	>50	5000	10000
Co	50	-	-	<10	20	200	>200	50	5000
Cd	10	5	5	<2	5	7	>7	10	50
Ni	200	20	20	<20	50	200	>200	200	2000
Fe	5000	50	200	<300	1000	5000	>5000	5000	20000
Mn	200	20	50	<100	500	3000	>3000	200	10000
Cr	100	50	50	<20	50	200	>200	100	1000
Cu	200	100	200	<20	50	200	>200	200	5000
Al	5000	200	200	<300	300	1000	>1000	5000	20000

<sup>1</sup> US EPA: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı, Sulama İçin Önerilen Su Kalitesi Kriterleri

<sup>2</sup> TS266: İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik

<sup>3</sup> YSKYY: 15 Nisan 2015 Tarihli ve 29327 Sayılı Resmî Gazete'de Yayınlanan Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik.

<sup>4</sup> SKKY: 7 Ocak 1991 Tarihli ve 20748 Sayılı Resmî Gazete'de Yayınlanan Sulama Suları için Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği

\* Her türlü zeminde sürekli sulama yapılması durumunda izin verilen konsantrasyonlar

\*\* pH değeri 6.0 – 8.5 arasında killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında izin verilen konsantrasyonlar.

Sudaki metal konsantrasyonlarının Davutköy Göleti'nde, daha yüksek seviyelerde ölçülmüş olmasındaki temel faktörlerin başında, bu gölet civarındaki tarımsal faaliyetler gelmektedir. Yağışların etkisiyle zirai ilaç ve gübre kalıntılarının gölete deşarjı, rüzgârların ve dalga hareketlerinin etkisiyle yüzey sularının karışması da sudaki metal konsantrasyonlarını artırmaktadır. Duman ve ark. (2007)



Sapanca Gölü'nde yaptıkları çalışmada, bakır metalinin kanalizasyon atıkları, gübre ve pestisit uygulamaları gibi kaynaklardan sucul ekosistemlere karıştığını bildirmişlerdir. Akçay ve ark. (2003) Gediz Nehrinde yaptıkları çalışmada, tarımsal kaynaklı pestisit kullanımı sonucu yağmur ve sulama suları ile taşınan mangan bileşiklerinin suya karıştığını rapor etmişleridir. Ayrıca; Yenice ve Davutköy Göletlerinden belirlenen tüm istasyonlarda metal seviyelerinin yaz mevsiminde en düşük ölçülmüş olmasının sebebi; yüzey sularının debisinin azalması, yağışların ve rüzgârların azalmasıyla birlikte göl sularının durgunlaşarak metallerin dibine çökerek sedimentte birikmesi olabilir. Kır ve Tumantozlu (2012), Karacaören II Baraj Gölü'nde, Öner ve Çelik (2011) Gediz Nehri'nde yaptıkları çalışmada sedimentte saptanan metal birikiminin sudakinden daha yüksek olduğu rapor etmişlerdir.

### Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada; Çanakkale ili Yenice İlçesinde tarımsal sulama ihtiyacı için yapılmış olan, kaynağı Kaz Dağlarından gelen yeraltı suyu ve yağmur sularının oluşturduğu Yenice ile Davutköy Göletlerinde yüzey sularının ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Bulgulara göre; gölet sularının I. sınıf kaliteli su kategorisinde yer aldığı, tarımsal sulama için bir risk oluşturmadığı tespit edilmiştir. Doğal veya antropojenik etkilerle oluşan kirlilik, canlıların yaşamını sürdürebilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Özellikle ağır metallerden dolayı sucul ekosistemlerde oluşabilecek olumsuzluklar, sucul organizmaları doğrudan etkilediği gibi; besin zinciri yoluyla diğer canlıları ve dolayısıyla insan sağlığını da bozmaktadır. Tarımda kullanılan suların yalnızca su kalite özelliklerinin belirlenmesi, ekosistemin sürekliliği açısından yeterli değildir. Bu nedenle; bölgedeki kirlilik izleme çalışmaları su, sediment ve sucul canlıların yanında toprak ve bitkilerde devam ettirilmelidir. Sularda sıcaklık artışı, oksijen değişikliği veya pH düşüşü gibi durumlarda metallerin canlılar üzerindeki toksisitesi farklı olabilmektedir. Bu nedenle küresel ısınmanın boyutları da göz önüne alınarak; gölet sularının fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik parametreler ile metaller arasındaki ilişkileri kapsamlı bir şekilde çalışılmalıdır.

### Kaynaklar

- Akçay, H., Oğuz, A., Karapire, C., 2003. Study of heavy metal pollution and speciation in Büyük Menderes and Gediz river sediments. *Water Research* 37, 813-822.
- Arslan, N., Tokatlı, C., Çiçek, A., Köse, E., 2011. Determination of some metal concentrations in water and sediment samples in yedigöller region (Kütahya). *Review of Hydrobiology*, 4(1), 17-28.
- Asri F.Ö., Sönmez S., Çıtak S., 2007. Kadmiyumun çevre ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Derim*, 24(1): 32-39.
- ATSDR., 2000. Toxicological profile for manganese. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, GA.
- Aydoğdu, M.H., Mancı, A.R., Aydoğdu, M., 2015. Tarımsal su yönetiminde değişimler; sulama birlikleri, fiyatlandırma ve özelleştirme süreci. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(52): 146-160
- Balkıs, N., Aksu A., 2012. Batı Karadeniz şelfi'nde suda, midyede ve yüzey sedimentlerinde metal kirliliği. *Ekoloji* 21 (82): 56-64.
- Başıyğit, B., Tekin-Özan, S., 2013. Concentration of some heavy metals in water, sediment, and tissues of pikeperch (*Sander lucioperca*) from Karataş Lake related to physico-chemical parameters, fish size, and seasons. *Polish Journal of Environmental Studies* 22 (3): 633-644.
- Benzer, S., Arslan, H., Uzel, N., Gül, A., Yılmaz, M., 2013. Concentrations of metals in water, sediment and tissues of *Cyprinus carpio* L., 1758 from Mogan Lake (Turkey). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 12(1), 45-55.
- Çakır, M., Minareci, O., 2015. Işıklı gölü ve Işıklı çayı'nda (Çivril-Denizli) deterjan, fosfat ve bor kirliliğinin araştırılması. *Turkish Journal Of Aquatic Sciences*, 30(1): 23-34.
- Çavuşoğlu, K., Gündoğan, Y., Arıcı, Ş. Ç., Kırındı, T., 2016. *Mytilus* sp. (Midye), *Gammarus* sp. (Nehir Tırnağı) ve *Cladophora* sp. (Yeşil Alg) örnekleri kullanılarak Kızılırmak nehrindeki ağır metal kirliliğinin araştırılması. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1): 52-60.
- Çınar, Ö., 2008. Çevre kirliliği ve kontrolü. 1. Basım, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara. 201.
- Doğan, M., 2002. Sağlıklı yaşamın kimyası. *Popüler Bilim Dergisi*, 2: 32-34.
- Duman, F., Sezen, G., Tug, G.N., 2007. seasonal changes of some heavy metal concentrations in Sapanca lake water, Turkey, *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 1(3), 25-28.
- Dündar, Y., Aslan, R., 2005. Yaşamı Kuşatan Ağır Metal Kurşunun Etkileri. *Kocatepe Tıp Dergisi*, 6: 1-5
- Elmacı, A., Teksoy, A., Topaç, F.A., Özenin, N., Kurtoglu, S., Başkaya, S.H., 2007, assessment of heavy metals in lake Uluabat, Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 6 (19): 2236-2244.
- Greger, J.L., Baier, M.L., 1983. Excretion and retention of low or moderate levels of aluminium by human subjects. *Food Chemistry and Toxicology*, 21: 473-77.



- Gültekin, F., Ersoy, A.F., Hatipoğlu, E., Celep, S., 2012. Trabzon ili akarsularının yağışlı dönem su kalitesi parametrelerinin belirlenmesi. *Ekoloji*, 21 (82): 77-88.
- İlgar, R., 2000. Çanakkale boğazı ve çevresi ekosisteminin coğrafi açıdan incelenmesi. (Doktora Tezi). İstanbul Üni. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Denizel Çevre Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- İslam, R., Al Faisal, J., Rahman, M., Lisa, L.A., Paul, D.K., 2016. Pollution Assessment and Heavy Metal Determination by AAS in Waste Water Collected from Kushtia Industrial Zone in Bangladesh. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 10(1): 9-17.
- Kacar, B., İnal, A., 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayın No: 1241, Fen Bilimleri, 63. s. 892. Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti. Ankara.
- Kalyoncu, H., Özcan, C., Özcan, S.T., 2016. Isparta Deresi'nin Su ve Sedimentlerindeki Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(Ek): 268-280.
- Karayakar, F., Bavbek, O., Cıçık, B., 2017. Mersin körfezi'nde avlanan balık türlerindeki ağır metal düzeyleri. *Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research*, 3(3): 141-150.
- Kır, İ., Tumanozlu, H., 2012. Karacaören-II baraj gölündeki su, sediment ve sazan (*Cyprinus carpio*) örneklerinde bazı ağır metal birikiminin incelenmesi. *Ekoloji*, 21 (82): 65-70.
- Logan, M., 2010. Single Factor Classification (ANOVA). In, Logan M (Ed): *Biostatistical design and analysis using r: a practical guide*. 1st ed., pp. 254-282, Wiley-Blackwell, London.
- Mutlu, E., Demir, T., Kutlu, B., Yanık, T., 2013. Sivas-kurugöl su kalite parametrelerinin belirlenmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(1): 37-43.
- Okonkwo, J.O., Mothiba M., 2005. Physico-chemical characteristics and pollution levels of heavy metals in the rivers in Thohoyandou, South Africa. *Journal of Hydrology*, 308: 122-127.
- Öner, Ö., Çelik, A., 2011. Investigation of some pollution parameters in water and sediment samples collected from the lower Gediz river basin. *Ekoloji*, 20 (78): 48-52.
- Özmen, H., Külahçı, F., Çukurovalı, A., Doğru, M., 2004. Concentrations of heavy metal and radioactivity in surface water and sediment of Hazar lake (Elazığ, Turkey). *Chemosphere*. 55: 401-408.
- Saleem, M., Iqbal, J., Shah, M.H., 2015. Geochemical speciation, anthropogenic contamination, risk assessment and source identification of selected metals in freshwater sediments - a case study from Mangla lake, Pakistan. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 4: 27-36.
- Selvi K., Kaya H., Akbulut M., Öztekin A., Çakır F., 2015a. Metal accumulation and biomarker responses of odanata larvae, *Ischnura elegans* (Vander Linden, 1820) exposed in a lead-zinc mining area in Turkey. 7th International Conference on Information and Communication Technologies in Agriculture, Food and Environment (HAICTA), 614-623.
- Selvi, K., Kaya, H., Akbulut, M., Tulgar, A., 2015b. Comparison of heavy metal concentrations on European Chub (*Leuciscus cephalus* L., 1758) from Sarıçay Creek and Atikhisar Reservoir (Çanakkale – Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(2): 445-450.
- Selvi, K., 2012. Umurbey çayı ve barajı'nda (Çanakkale) Suda, Sedimentte, Bazı Makro Omurgasız Canlılarda Ağır Metal Birikimi ve Toksisitesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 177s.
- SKKY, 1991. Sulama suları için su kirliliği kontrolü yönetmeliği teknik usuller tebliği. 7 Ocak 1991 Tarihli ve 20748 Sayılı Resmî Gazete, Ankara.
- Smith, C., Shaw, B., Handy, R., 2007. Toxicity of single walled carbon nanotubes to rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*): Respiratory Toxicity, Organ Pathologies, and Other Physiological Effects. *Aquatic Toxicology*, 82(2): 94-109.
- Sönmez, A.Y., Hisar, O., Yanık, T., 2012. Karasu Irmağında Ağır Metal Kirliliğinin Tespiti ve Su Kalitesine Göre Sınıflandırılması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43(1): 69-77.
- Şener, Ş., Şener, E., 2015. Kovada Gölü (Isparta) Dip Sedimanlarında Ağır Metal Dağılımı ve Kirliliğinin Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19(2): 86-96.
- TS266, 2005. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, Sular-İçme Ve Kullanma Suları, Türk Standartları, Ankara.
- Turan, F., Ülkü, G., 2013. Gökpınar ve çürüksu çaylarının kirlilik parametre ve yüklerinin izlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(3): 133-144.
- Türkmen, A., Akbulut, S., 2015. giresun sahilindeki bazı derelerin denize deşarj olduğu noktalardaki su ve sedimentte ağır metal kirliliği. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(9): 707-714.
- USEPA, 2012. Guidelines for water reuse. USEPA, Cincinnati, OH: National Risk Management Research Laboratory. USAID (EPA/600/R-12/618), Washington, DC.
- Ünlü, S., Alpar, B., 2016. An assessment of trace element contamination in the freshwater sediments of lake İznik (NW Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 75: 140-154.
- YSKYY, 2015. Yüzeysel su kalitesi yönetimi yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik. 15/04/2015 Tarihli Ve 29327 Sayılı Resmî Gazete, Ankara.