

Van Çaldıran Ovası Yüzey Sularının İçme ve Sulama Suyu Açısından İncelenmesi

Funda AYDIN¹

ÖZET: Bu çalışmada, Çaldıran (Van) Ovası yüzey sularının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve içme-kullanım ve sulama suyu standartları ve kriterlerine göre değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çaldıran Ovası yüzey sularının sıcaklık, pH ve özgül elektriksel iletkenlik değerleri sırası ile 11.55-20.19 °C, 6.79-8.97 ve 129-1203 $\mu\text{S cm}^{-1}$ arasında ölçülmüştür. Hesaplanan Sodyum Adsorpsiyon Oranı, Sodyum Yüzdesi ve Artık Sodyum Karbonat İndeksi değerleri sırası ile 0.38-3.81, %16.58-%55.62 ve 0.24-5.22 meq L⁻¹ arasında değişmektedir. ABD Tuzluluk Diyagramı ile yapılan değerlendirmede Çaldıran Ovası yüzey suları C₁S₁, C₂S₁ ve C₃S₁ sınıfları ile karakterize edilmektedir. Wilcox Diyagramı ile yapılan değerlendirmede ise incelenen sular “çok iyi-iyi” ve “iyi-kullanılabilir” sınıfında yer almaktadır. Buna karşın hem içme-kullanım suyu standartları hem de sulama suyu yönetmelikleri dikkate alındığında, inceleme alanında Çaldıran (0.65 mg L⁻¹) ve Evciler (mg L⁻¹) örnekleme noktaları dışında kalan tüm su noktalarının florür içeriği (1.06-2.33 mg L⁻¹) standartlarda öngörülen sınır değerin (1 mg L⁻¹) üzerinde yer almaktadır. Çaldıran Ovası yüzey sularının florür içeriğinin, standartlarda izin verilen limit değerlerin üzerinde olması nedeniyle, doğrudan içme-kullanım suyu olarak kullanılmasının uygun olmadığı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Çaldıran Ovası, florür, içme suyu, su kalitesi, sulama suyu

Investigation of Van Çaldıran Plain Surface Waters in terms of Drinking and Irrigation Water

ABSTRACT: In this study, it was aimed to determine the physical and chemical properties of Çaldıran (Van) Plain surface waters and to evaluate them according to drinking-use and irrigation water standards and criteria. The temperature, pH and specific electrical conductivity values of Çaldıran Plain surface waters were measured between 11.55-20.19 °C, 6.79-8.97 and 129-1203 $\mu\text{S cm}^{-1}$, respectively. The calculated Sodium Adsorption Ratio, Sodium Percentage and Residual Sodium Carbonate Index values ranged from 0.38 to 3.81, 16.58 to 55.62% and 0.24 to 5.22 meq L⁻¹, respectively. The surface waters of Çaldıran Plain are characterized in the classes of C₁S₁, C₂S₁ and C₃S₁ by the US Salinity Diagram. The studied waters are in the “very good-good” and “good-permissible” classes in the evaluation of the Wilcox Diagram. However, the fluoride content (1.06-2.33 mg L⁻¹) of all water points except for Çaldıran (0.65 mg L⁻¹) and Evciler (0.18 mg L⁻¹) are above the standard limit value (1 mg L⁻¹) taking in consideration of drinking-water standards and irrigation water regulations. The fluoride content of Çaldıran Plain surface waters is considered as inadequate to be used directly as potable water because it is above the limit values allowed in the standards.

Keywords: Çaldıran Plain, drinking water, fluoride, irrigation water, water quality

¹ Van Yüzcüncü Yıl Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Eczacılık Temel Bilimler Anabilim Dalı, 65080, Tuşba, Van, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Funda AYDIN, faydin@yyu.edu.tr

GİRİŞ

Son yıllarda, sanayi ve teknolojinin hızlı gelişmesine paralel olarak ülkemizdeki yüzey ve yeraltı su kaynakları da kirlenir hale gelmiştir. Evsel ya da endüstriyel atıkların, doğrudan alıcı ortama verilmesi, bilinçsizce yapılan zirai ilaçlamalar ve gübreleme, vb. faaliyetler, sularımızın kirlenmesinde önemli faktörlerin başında gelmektedir. Bundan dolayı, yaşamın temel kaynağı olan su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilirliği için yüzey veya yeraltısuyu akım sistemlerinde meydana gelen fiziksel ve kimyasal süreçlerin ve bu süreçleri etkileyen parametrelerin tanımlanması gerekmektedir.

Su kaynakları, tarımsal ve/veya endüstriyel nedenlerle kirlenebildiği gibi, bulunduğu ortamın jeolojik yapısına bağlı olarak suların kullanımını olumsuz etkileyebilecek kirleticilerle de söz konusudur. Jeolojik yapıya bağlı olarak toprakta ve kayalarda bulunan (arsenik, florür, bor, vb.) mineraller, su-kayaç etkileşim süreçleri nedeni ile suda çözünerek doğal su kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır (Özkan ve ark., 1998, Ağaoğlu ve ark., 2007; Arslan ve ark., 2007; Oruç 2008; Başkan ve Pala, 2009; Reyes-Gomez et al., 2013).

Örneğin florür içerikli doğal kayalar, doğal sularda bulunan florür seviyesinin daha da artmasına neden olmaktadır (Garcia and Borgnino, 2015; Hapçioğlu ve ark., 1992). Bu tür bölgelerde su ve topraktaki florür miktarı yüksek derişimlerde olduğu için, bölgede yaşayan insanların tükettikleri içme suyu ve tarımsal arazilerinde kullandıkları sulama suyu ile flor'ü bünyelerine almakta ve sürekli alınan florür toksik etkilere neden olmaktadır (Küçükırmak, 2007; D'Alessandro, 2006).

Florür zehirlenmeleri "florosis" olarak bilinmekte ve içme sularında önerilen florür seviyesi 1 mg L⁻¹'den daha düşük olmalıdır (Demirel, 2009). Ülkemizin doğusunda yer alan Tendürek Dağı çevresinin (Çaldıran, Diyadin ve Doğubeyazıt) jeolojik yapısına bağlı olarak hem yeraltı sularında hem de yüzeysularında yüksek

miktarda florür yer almakta olup (Oruç ve ark., 1976; Oruç, 2005) insan ve hayvanlarda florosis vakaları görülmektedir (Meral et al., 2004; Cinar and Selcuk, 2005; Comba and Çınar, 2016).

Bu çalışmada, Çaldıran (Van) Ovası yüzeysuyu kalitesinin belirlenmesi ve kullanıma açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bununla birlikte bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen örnekleme ve değerlendirme çalışmaları, Çaldıran Ovası ve yakın dolay için ilk kez gerçekleştirilmiştir.

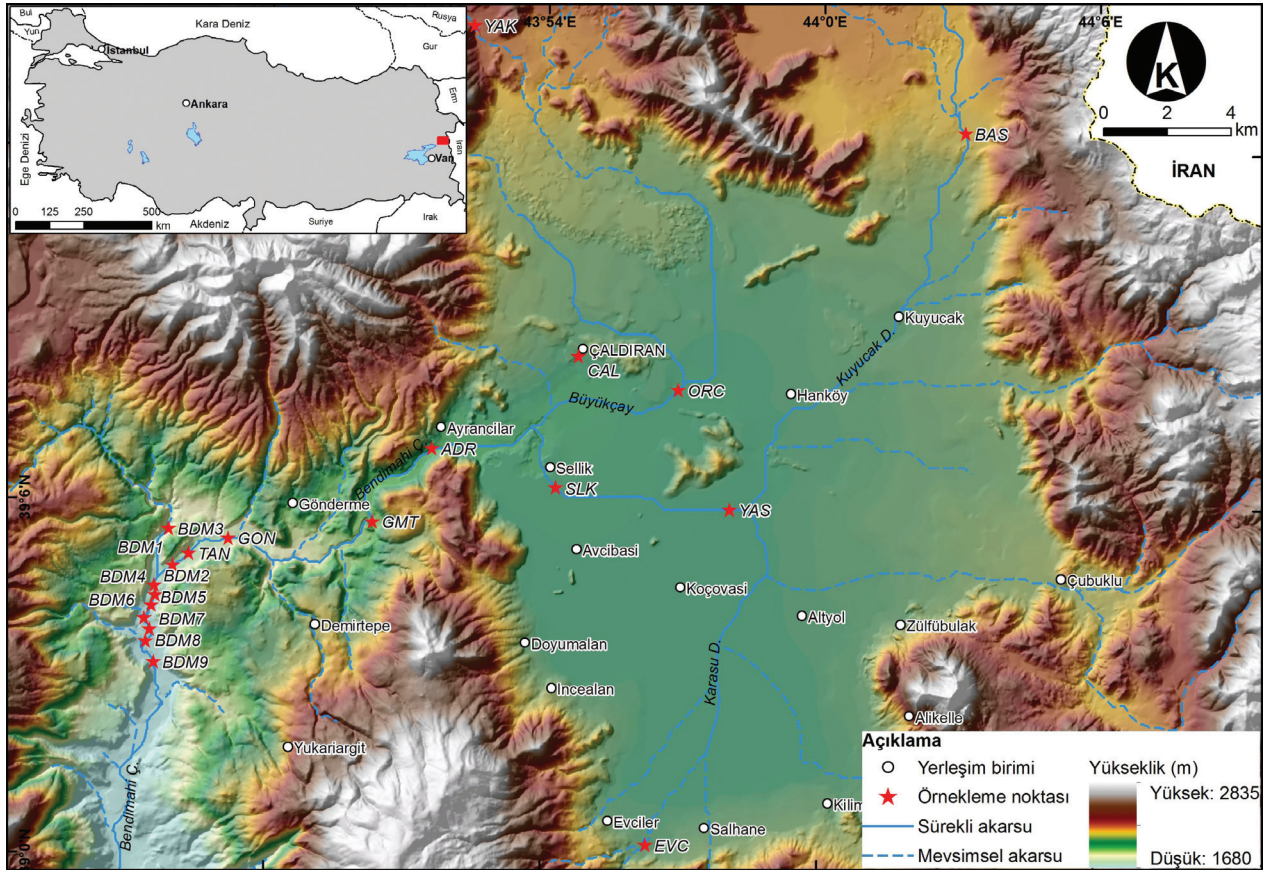
MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma alanı ve örnekleme çalışması;

Çaldıran Ovası, Türkiye'nin doğusunda Van il merkezinin yaklaşık 130 km kuzeydoğusunda 39°7' kuzey ve 43°45' doğu koordinatında yer almaktadır (Şekil 1). Çalışma kapsamında, inceleme alanında yer alan akarsular üzerinden toplam 20 noktada örnekleme çalışması gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Temmuz 2016 tarihinde gerçekleştirilen arazi çalışması kapsamında, arazide yerinde fiziksel parametreler ölçülmüş ve laboratuvar analizleri için su örnekleme çalışmaları yapılmıştır. Suların sıcaklık (± 0.15 °C), pH (± 0.2 birim) ve elektriksel iletkenlik ($\pm 1 \mu\text{S cm}^{-1}$) gibi fiziksel özellikleri arazide YSI 556MP çok parametrelili ölçüm cihazı ile kaynak başında ölçülmüştür.

Toplam çözünmüş madde (TDS) miktarı, arazide ölçülen iletkenlik değerlerinin 0.66 katsayısı ile çarpılarak hesaplanmıştır (Hounslow, 1995). Suların 25 °C'deki eşdeğer elektriksel iletkenlik (EC₂₅) değerleri ise APHA et al. (1989) tarafından önerilen eşitlik ile hesaplanmıştır. Anyon ve katyon analizleri için her bir noktada su örnekleri, kaynak başında iki adet 125 mL'lik plastik şişelere filtre edilerek (45 mm) hava kabarcığı kalmayacak şekilde alınmıştır. Buna ek olarak anyon analizi için alınan örneklerin pH değeri HNO₃ ile 2'nin altına düşürülmüştür.

Arazide alınan örnekler, buzdolabında +4 °C koşulunda analiz edilinceye kadar, korunmaya alınmıştır.



Şekil 1. İnceleme alanı lokasyon ve örnekleme noktaları haritası

Kimyasal analizler ve hesaplamalar; arazide alınan örnekler, Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Mühendisliği ABD, Su Kimyası Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Anyon (F , Cl , NO_2 , NO_3 , PO_4 ve SO_4) ve katyon (Na , K , Ca , Mg ve NH_4) analizleri iyon kromatografi cihazı (Dionex ICS-1000) ile gerçekleştirilmiştir. CO_3 ve HCO_3 analizleri ise hata sınırı ± 3 mg L^{-1} olan titrimetrik yöntemler ile yapılmıştır. NO_2-N , NO_3-N ve NH_4-N azotu parametreleri ise sırasıyla NO_2 , NO_3 ve NH_4 parametrelerine ait derişim değerlerinin sırası ile 0.304, 0.226 ve 0.778 katsayıları ile çarpılmasıyla hesaplanmıştır. Her bir su noktasına ait kimyasal analiz sonucu, elektronötralite $< \pm 5\%$ olacak şekilde kontrol edilmiştir (Appelo ve Postma, 2005).

Çaldıran Ovası yüzeysuyu kalitesinin belirlenmesi ve kullanım açısından değerlendirilmesi amacı ile Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR; Richards, 1954), Sodyum Yüzdesi (% Na; Wilcox, 1955) ve Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC; Eaton, 1950) değerleri her bir su kaynağı için hesaplanmıştır. Suların kullanılabilirlikleri ve sınıflarının belirlenmesi amacı ile ABD tuzluluk

(EC_{25} -SAR; Richards, 1954) ile Wilcox (EC_{25} -%Na; Wilcox, 1955) diyagramları kullanılmıştır. Ayrıca, su örneklerine ait analiz sonuçları; Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği (SKKY, 1991), Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği (YSKYY, 2012) ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (TS266, 2005) ile Dünya Sağlık Örgütü (WHO 2006), Amerika Çevre Koruma Ajansı (US EPA 2009) ve Avrupa Birliği (EU 2014) standartları dikkate alınarak da değerlendirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yüzeysuyu standartlarına göre değerlendirme; inceleme alanından alınan suların kimyasal analiz sonuçları ve hesaplanan parametrelere ait bilgi Çizelge 1'de verilmektedir. Çaldıran Ovası yüzeysularına ait T, pH, EC, EC_{25} ve TDS değerleri sırası ile 11.55-20.19 °C, 6.79-8.97, 105-930 μS cm^{-1} , 129-1203 μS cm^{-1} ve 69-614 mg L^{-1} arasında değişmektedir. Suların ortalama sıcaklığı 16.29 °C, pH'ı 7.90, EC'i 728 μS cm^{-1} , EC_{25} 'i 876 μS cm^{-1} ve TDS'i 480 mg L^{-1} olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 1. Çaldıran Ovası yüzeysularının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

| Kod | T (°C) | pH | EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$) | EC ₂₅ | TDS | Analiz Sonuçları | | | | | | | | | | | | | | EN (%) | Na (%) | SAR | RSC (meq L^{-1}) | Wilcox | ABD Tuzluluk |
|-------|-----------|------|---------------------------------|------------------|-----|------------------|-------|-------|-------|-----------------|------|-------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-----------|-----------|------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | | Na | K | Ca | Mg | NH ₄ | F | Cl | CO ₃ | HCO ₃ | SO ₄ | NO ₂ | NO ₃ | PO ₄ | | | | | | | |
| EVC | 15.20 | 8.07 | 105 | 129 | 69 | 5.57 | 2.17 | 10.15 | 3.36 | 0.02 | 0.18 | 2.22 | 0.00 | 62.56 | 2.34 | 0.00 | 1.52 | 0.00 | -2.74 | 22.07 | 0.38 | 0.24 | Çi-İ | C ₁ S ₁ | |
| YAK | 11.50 | 7.98 | 622 | 837 | 411 | 27.11 | 3.83 | 89.44 | 16.67 | 0.00 | 1.54 | 3.83 | 21.54 | 344.10 | 9.82 | 0.00 | 0.76 | 0.00 | 3.21 | 16.58 | 0.69 | 0.52 | İ-K | C ₃ S ₁ | |
| BAS | 13.10 | 7.51 | 930 | 1203 | 614 | 129.70 | 11.62 | 48.08 | 25.87 | 1.63 | 2.04 | 10.69 | 0.00 | 594.30 | 1.87 | 0.00 | 0.59 | 0.00 | 1.88 | 53.92 | 3.75 | 5.22 | İ-K | C ₃ S ₁ | |
| ORC | 13.00 | 7.02 | 684 | 887 | 451 | 47.30 | 6.42 | 78.04 | 18.30 | 0.51 | 1.25 | 4.77 | 24.62 | 369.20 | 7.99 | 0.00 | 1.94 | 0.00 | 3.04 | 27.00 | 1.25 | 1.47 | İ-K | C ₃ S ₁ | |
| YAS | 15.30 | 8.92 | 819 | 1004 | 541 | 122.40 | 13.57 | 29.53 | 29.54 | 1.56 | 2.00 | 11.33 | 21.54 | 472.40 | 9.44 | 0.00 | 5.96 | 0.00 | 3.24 | 55.62 | 3.81 | 4.56 | İ-K | C ₃ S ₁ | |
| CAL | 13.40 | 7.30 | 478 | 614 | 315 | 20.57 | 21.40 | 48.22 | 13.28 | 0.82 | 0.65 | 20.42 | 0.00 | 228.40 | 22.92 | 0.00 | 29.18 | 0.00 | 1.47 | 18.11 | 0.67 | 0.29 | Çi-İ | C ₂ S ₁ | |
| SLK | 15.60 | 7.30 | 859 | 1045 | 567 | 66.96 | 8.56 | 61.30 | 30.83 | 0.00 | 1.32 | 8.63 | 21.54 | 450.50 | 8.58 | 0.00 | 1.27 | 0.00 | 1.18 | 33.37 | 1.74 | 2.51 | İ-K | C ₃ S ₁ | |
| ADR | 17.00 | 6.79 | 885 | 1046 | 584 | 68.60 | 9.45 | 83.05 | 33.16 | 1.28 | 2.33 | 10.48 | 30.77 | 4.13 | 9.03 | 0.00 | 0.57 | 0.00 | 2.73 | 29.56 | 1.61 | 2.21 | İ-K | C ₃ S ₁ | |
| GMT | 15.00 | 7.83 | 872 | 1079 | 576 | 68.20 | 9.70 | 64.93 | 30.64 | 1.18 | 1.82 | 12.96 | 0.00 | 512.00 | 10.13 | 0.00 | 1.66 | 0.00 | 1.11 | 33.06 | 1.75 | 2.44 | İ-K | C ₃ S ₁ | |
| GON | 15.20 | 8.20 | 824 | 1014 | 544 | 68.48 | 9.85 | 50.72 | 30.95 | 1.12 | 1.46 | 13.61 | 0.00 | 450.50 | 9.89 | 0.00 | 1.34 | 0.00 | 2.07 | 35.86 | 1.87 | 2.30 | İ-K | C ₃ S ₁ | |
| TAN | 15.50 | 8.27 | 799 | 976 | 527 | 68.28 | 9.74 | 42.72 | 30.90 | 0.63 | 1.89 | 11.34 | 18.47 | 381.70 | 10.00 | 0.00 | 0.89 | 0.00 | 3.23 | 37.64 | 1.94 | 2.20 | İ-K | C ₃ S ₁ | |
| BDM 1 | 16.00 | 8.45 | 792 | 957 | 523 | 67.96 | 10.21 | 49.53 | 31.50 | 1.53 | 1.06 | 11.57 | 30.77 | 372.30 | 8.79 | 0.00 | 1.19 | 0.00 | 4.04 | 35.71 | 1.86 | 2.07 | İ-K | C ₃ S ₁ | |
| BDM 2 | 16.30 | 8.97 | 783 | 939 | 517 | 73.46 | 9.95 | 47.32 | 31.69 | 0.99 | 1.42 | 12.83 | 24.62 | 387.90 | 9.38 | 0.00 | 1.20 | 0.00 | 4.22 | 37.97 | 2.03 | 2.21 | İ-K | C ₃ S ₁ | |
| BDM 3 | 17.80 | 8.83 | 765 | 888 | 505 | 62.30 | 8.29 | 44.71 | 27.40 | 1.28 | 1.51 | 11.26 | 30.77 | 322.20 | 8.37 | 0.00 | 0.85 | 0.00 | 4.28 | 36.60 | 1.81 | 1.82 | İ-K | C ₃ S ₁ | |
| BDM 4 | 17.30 | 8.43 | 764 | 896 | 504 | 69.12 | 9.71 | 45.92 | 30.69 | 1.44 | 1.65 | 12.08 | 24.62 | 378.50 | 9.27 | 0.00 | 0.98 | 0.00 | 3.28 | 37.26 | 1.94 | 2.21 | İ-K | C ₃ S ₁ | |
| BDM 5 | 18.10 | 7.88 | 736 | 847 | 486 | 67.53 | 9.75 | 38.53 | 30.97 | 0.82 | 1.17 | 10.24 | 21.54 | 366.00 | 9.07 | 0.00 | 1.24 | 0.00 | 3.11 | 38.37 | 1.97 | 2.25 | İ-K | C ₃ S ₁ | |
| BDM 6 | 19.20 | 8.16 | 730 | 820 | 482 | 68.78 | 10.36 | 38.55 | 30.81 | 1.12 | 1.66 | 13.12 | 18.45 | 372.30 | 9.43 | 0.00 | 0.86 | 0.00 | 2.87 | 38.79 | 2.00 | 2.26 | İ-K | C ₃ S ₁ | |
| BDM 7 | 19.00 | 7.11 | 716 | 807 | 473 | 68.57 | 9.79 | 36.69 | 30.69 | 1.27 | 1.51 | 10.44 | 24.62 | 356.60 | 9.18 | 0.00 | 1.16 | 0.00 | 2.96 | 39.32 | 2.02 | 2.31 | İ-K | C ₃ S ₁ | |
| BDM 8 | 19.90 | 7.51 | 707 | 783 | 467 | 67.26 | 9.77 | 37.35 | 31.22 | 0.84 | 1.19 | 11.26 | 18.47 | 366.00 | 9.34 | 0.00 | 0.72 | 0.00 | 3.26 | 38.47 | 1.97 | 2.18 | İ-K | C ₃ S ₁ | |
| BDM 9 | 20.20 | 7.54 | 685 | 754 | 452 | 66.71 | 9.21 | 33.67 | 30.28 | 0.09 | 1.20 | 10.65 | 12.30 | 366.00 | 9.18 | 0.00 | 0.45 | 0.00 | 2.86 | 39.72 | 2.01 | 2.24 | İ-K | C ₃ S ₂ | |
| Ort | 16.18 | 7.90 | 728 | 876 | 480 | 65.24 | 9.67 | 48.92 | 26.94 | 0.91 | 1.44 | 10.69 | 17.23 | 357.88 | 9.20 | 0.00 | 2.72 | 0.00 | 2.56 | 35.25 | 1.85 | 2.18 | | | |
| Min | 11.50 | 6.79 | 105 | 129 | 69 | 5.57 | 2.17 | 10.15 | 3.36 | 0.00 | 0.18 | 2.22 | 0.00 | 4.13 | 1.87 | 0.00 | 0.45 | 0.00 | -2.74 | 16.58 | 0.38 | 0.24 | | | |
| Max | 20.20 | 8.97 | 930 | 1203 | 614 | 129.70 | 21.40 | 89.44 | 33.16 | 1.63 | 2.33 | 20.42 | 30.77 | 594.30 | 22.92 | 0.00 | 29.18 | 0.00 | 4.28 | 55.62 | 3.81 | 5.22 | | | |
| SD | 2.40 | 0.64 | 178 | 220 | 118 | 28.03 | 3.71 | 18.84 | 7.82 | 0.54 | 0.49 | 3.85 | 11.14 | 134.39 | 3.94 | 0.00 | 6.34 | 0.00 | 1.54 | 9.67 | 0.83 | 1.17 | | | |

EN: Elektronörlite (analiz hatası); Çİ-İ: Çok iyi-İyi; İ-K: İyi-Kullanılabilir

Su örneklerinin pH, EC, F, NH₄-N, NO₂-N ve NO₃-N parametrelerinin analiz sonuçları, Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği (YSKYY, 2012) dikkate alınarak kalite sınıflaması yapılmıştır (Çizelge 2). İnceleme alanında BDM 2, BDM 3 ve YAS nolu örnekleme noktaları dışındaki su noktalarının pH (>8.5) açısından I. Sınıf yüzey suyu kalitesinde oldukları görülmektedir. İletkenlik açısından EVC su noktası I. Sınıf su kalitesine sahipken, ADR, BAS, GMT, GON, SLK ve YAS su noktaları III. Sınıf ve diğer tüm su noktaları ise II. Sınıf su kalitesi ile temsil edilmektedir.

Florür açısından; EVC ve CAL suları I. Sınıf, ADR ve BAS IV. Sınıf ve diğer sular ise II. ve III. sınıf

sular grubundadır. Çaldıran ve Muradiye bölgesinde ki yüzeysularının florür içeriği (0.4-1.1 mg L⁻¹; Ağaoğlu ve ark., 2007) ile bu çalışmada elde ettiğimiz sonuçlar tutarlılık göstermektedir.

İncelenen suların NH₄-N parametresi bakımından su kalitelerinin EVC, YAK, SLK ve BDM 9 numaralı örneklerde I. Sınıf (<0.2), diğer örneklerde ise II. Sınıf (>0.2) kalitede oldukları gözlenmiştir. NO₃-N parametresi açısından ise SLK nolu örnek II. Sınıf su kalitesi ile temsil edilirken, diğer örnekler ise I. Sınıf su kalitesindedir. Çaldıran Ovası yüzeysuları, YSKYY'ye (2012) göre genel olarak I. ve II. Sınıf su kalitesi ile karakterize edilmektedir.

Çizelge 2. Çaldıran Ovası yüzey suları YSKYY (2012)'e göre değerlendirilmesi

| Parametreler | Ortalama (mg L^{-1}) | Su Kalite Sınıfları | | | | |
|---------------|------------------------------------|---------------------|---------|---------|-----------|-------|
| | | I | II | III | IV | |
| pH | 7.90 ± 0.64 | 6.5-8.5 | 6.5-8.5 | 6.0-9.0 | <6.0-9.0> | |
| İletkenlik | EC | 728 ± 128 | <400 | 1000 | 3000 | >3000 |
| Florür | F | 1.44 ± 0.49 | <1 | 1.5 | 2.0 | >2.0 |
| Nitrit Azotu | NO ₂ -N | 0.00 | <0.002 | 0.01 | 0.05 | >0.05 |
| Nitrat Azotu | NO ₃ -N (ort) | 0.61 ± 1.43 | <3 | 10 | 20 | >20 |
| | NO ₃ -N (mak) | 6.59 | | | | |
| | NO ₃ -N (min) | 0.10 | | | | |
| Amonyum Azotu | NH ₄ -N (ort) | 0.70 ± 0.42 | <0.2 | 1.0 | 2.0 | >2.0 |
| | NH ₄ -N (mak) | 1.27 | | | | |
| | NH ₄ -N (min) | 0.00 | | | | |

İçmesuyu standartlarına göre değerlendirme; alınan su örneklerinin, içme-kullanım standartlarına (TS266, 2005; WHO, 2006; US EPA, 2009; EU, 2014) göre değerlendirme sonuçları Çizelge 3’de verilmektedir. Yüzeyseları içme-kullanım suyu kriterlerine göre değerlendirildiğinde, pH ve T parametrelerinin belirtilen tüm içme suyu standartları için uygun olduğu görülmektedir. Ortalama EC₂₅ değerinin, Avrupa Birliği (EU, 2014) standardına göre yüksek ve TS266 (2005) içme suyu standardına göre ise uygun olduğu belirlenmiştir. Sulardaki majör iyonları oluşturan Na, K, Ca, Mg, Cl, SO₄, NO₂ ve PO₄ parametrelerinin, değerlendirmeye alınan tüm içme suyu standardında belirtilen limit değerlerin altında oldukları ve içme-kullanım suyu açısından risk içermedikleri Çizelge 3’de görülmektedir.

İçme sularının yüksek nitrat iyon içeriğine sahip olması antropojenik (yapay) kirliliğin bir göstergesidir (Sağlam ve Adiloğlu, 1997). Alınan suların NO₃ sonucu, CAL (29.18 mg L⁻¹) ve YAS (5.96 mg L⁻¹) nolu örneklerde, diğer örnekleme noktalarına nazaran oldukça yüksektir.

Ancak yüksek çıkan nitrat değerleri göz önüne alınsa da, inceleme alanındaki tüm örnekleme noktalarında nitrat değeri, standartlarda öngörülen limit değerlerin altında yer almakta olup içme suyu olarak sorun taşımadıkları görülmüştür.

CAL örnekleme noktası, Çaldıran ilçe merkezi yerleşim alanı içinde kalmaktadır (Şekil 1). Bu noktadaki yüksek nitrat değerinin, yerleşim birimlerinden drene olan atıksulardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 3. İncelenen yüzeysel sularının içmesuyu standartlarına göre değerlendirilmesi

| Parametreler | Ortalama | TS 266 | WHO | US EPA | EU |
|--|---------------|----------|---------|---------|---------|
| pH | 7.90 ± 0.64 | 6.5-9.5 | 6.5-8.5 | 6.5-8.5 | 6.5-9.5 |
| Sıcaklık (°C) | 16.19 ± 2.40 | 12-25 | - | - | 12-25 |
| İletkenlik, (25 °C µS cm ⁻¹) | 876 ± 220 | 400-2000 | - | - | <400 |
| Amonyak (mg L ⁻¹) | 0.85 ± 0.51 | 0.5 | 0.2 | 0.5 | 0.5 |
| Florür (mg L ⁻¹) | 1.44 ± 0.49 | 1 | 1.5 | 4 | 1.5 |
| Fosfat (mg L ⁻¹) | 0.00 | 0.4-5.0 | - | - | 0.4-5.0 |
| Kalsiyum (mg L ⁻¹) | 48.93 ± 18.85 | 100-200 | - | - | 100 |
| Klorür (mg L ⁻¹) | 10.69 ± 3.85 | 30 | 250 | - | - |
| Magnezyum (mg L ⁻¹) | 26.94 ± 7.82 | 30-50 | 30-50 | - | 50 |
| Nitrat (mg L ⁻¹) | 2.72 ± 6.33 | 50 | 50 | 10 | 50 |
| Nitrit (mg L ⁻¹) | 0.00 | 0.05 | 3 | 1 | 0.1 |
| Potasyum (mg L ⁻¹) | 9.67 ± 3.71 | 10-20 | - | - | 10-20 |
| Sodyum (mg L ⁻¹) | 65.24 ± 28.05 | 20-175 | 200 | - | 20-150 |
| Sülfat (mg L ⁻¹) | 9.20 ± 3.94 | 25-250 | 250 | - | 250 |

Diğer taraftan inceleme alanındaki suların amonyak sonuçları (ortalama: 0.86±0.51 mg L⁻¹), BDM 9, EVC, ORC, SLK ve YAK nolu örnekleme noktalarında standartlarda öngörülen değerlerin altında gözlenirken, diğer noktalarda standartlarda öngörülen değerlerin üzerinde olduğu gözlenmiştir. Sudaki yüksek amonyum ya da amonyak varlığı, suyun kullanılmış sularla kirlendiğinin işaret etmektedir. Bu durum en çok amonyum tuzlarının kullanıldığı gübrelerin kullanımı, evsel atık sularının alıcı ortama doğrudan verilmesi, dışkı, vb. maddelerin suya karışması neticesinde

görülmektedir. Bu nedenle, bu suların içme-kullanım suyu olarak kullanılabilmesi için amonyak parametresi yönünden gerekli tedbirlerin alınması gerekir.

Çaldıran Ovası yüzeysel sularının florür içeriği, US EPA (2009) içme suyu standardına göre (mak. 4 mg L⁻¹) uygun olduğu görülürken, WHO (2006) ve EU (2014) içme suyu standartlarına (mak. 1.5 mg L⁻¹) göre 10 nokta dışında uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak TS266’ya göre ise EVC (0.18 mg L⁻¹) ve CAL (0.65 mg L⁻¹) dışında kalan tüm su noktalarının florür değerleri standart değerin (mak. 1 mg L⁻¹) üzerindedir (Çizelge 1).

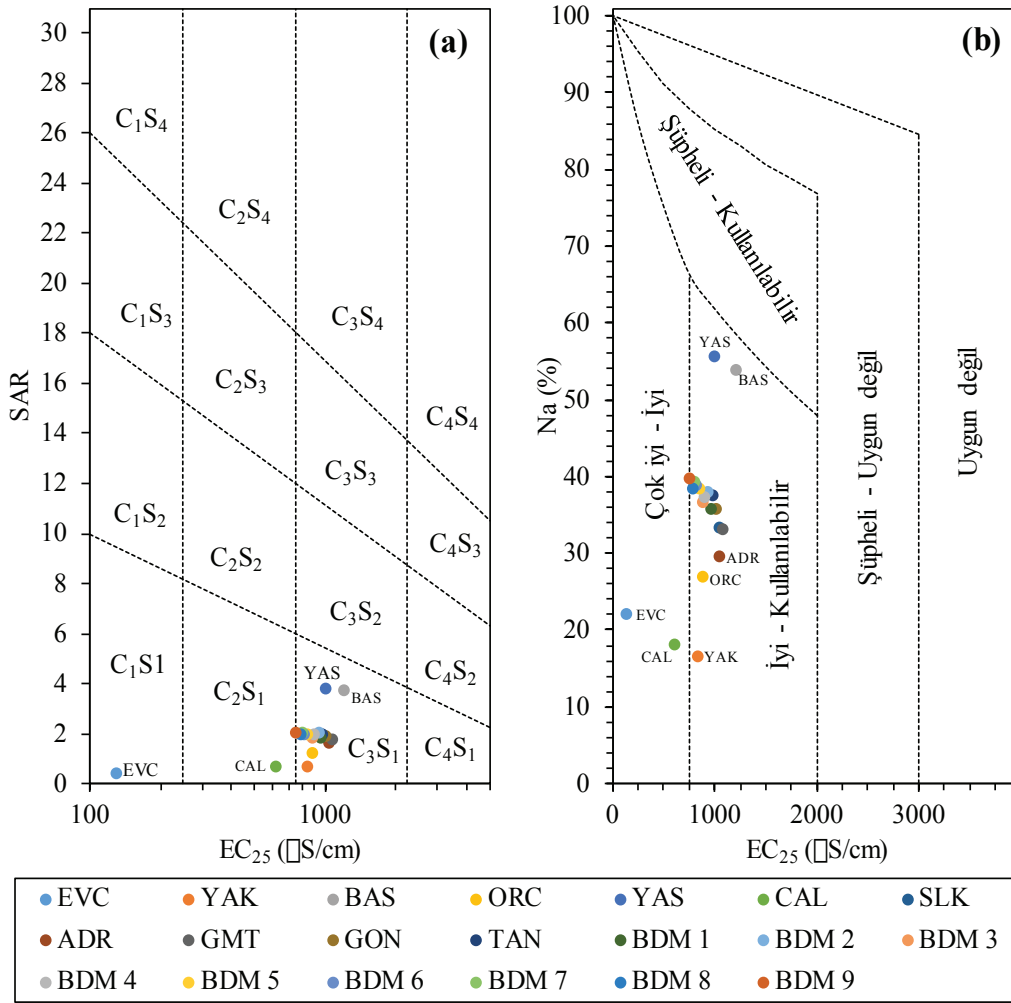
Suların florür içeriği 0.18 mg L^{-1} ile 2.33 mg L^{-1} arasında değişmekte olup, ortalama $1.44 \pm 0.49 \text{ mg L}^{-1}$ elde edilmiştir. Diğer taraftan Çaldıran ve Muradiye bölgesinde yapılan çalışmalarda yüzey ve yeraltı sularının florür içeriği; Oruç ve ark., (1976)'da $2.0-7.0 \text{ mg L}^{-1}$, Oruç (1988)'de $1.2-8.25$, Oto (2002)'de $1.50-2.38 \text{ mg L}^{-1}$, Ağaoğlu ve ark., (2007)'de $0.40-1.10 \text{ mg L}^{-1}$ ve Aydın ve ark., (2013)'de $0.33-3.74 \text{ mg L}^{-1}$ arasında değiştiği belirtilmektedir. Oruç ve ark., (1976) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, bu bölgedeki yüksek florür içeriğinin bölgenin jeolojik yapısından kaynaklandığı öne sürülmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 1984) raporlarında, sularda belirli bir düzeyin (1.5 mg L^{-1}) üzerinde florür bulunmasının toksik etkiye hatta zehirlenmeler neden olabileceği belirtilmektedir. Bununla birlikte hem daha önce gerçekleştirilen çalışmalarda (Meral et al., 2004; Cinar and Selcuk, 2005; Comba and Çınar, 2016) hem de arazi çalışmaları sürecinde insanlar (dişlerde çürüme ve yoğun bir şekilde sararma, vb.) ve hayvanlar (deride dökülme, vb.) üzerinde florosis hastalığının izleri net bir şekilde gözlenmektedir. Dolayısı ile Çaldıran Ovası suların florür değerlerinin genel olarak izin verilen limit değerlerin üzerinde olması nedeniyle, doğrudan içme-kullanım suyu olarak kullanılmasının uygun olmadığı düşünülmektedir.

Sulama suyu kriterlerine göre değerlendirme; Bendimahi Nehri aracılığı ile drene olan Çaldıran havzasındaki sular, Çaldıran Ovasından itibaren Van Gölü'ne kadar olan alanda (Çaldıran Ovası, Muradiye Ovası, vb.) sulama suyu amacı ile kullanılmaktadır. Sulama sularında düşük (<6.5) ve yüksek (>8.5) pH değeri, bitkilerde dengesiz beslenmeye veya toksik maddelerin birikimine neden olabildiğinden (Demir ve Kılıç, 2012), standartlarda sulama sularının pH değerinin $6.5-8.5$ (SKKY, 1991) arasında olması istenilmektedir. Çaldıran Ovası yüzey sularının pH değeri 6.79 ile 8.97 arasında değişmektedir (Çizelge 1). İnceleme alanında, Yassitepe Köyü (YAS) ve Bendimahi Nehri (BDM 1, BDM 2, BDM 3 ve BDM 4) örneklerinin pH değeri, standartlarda öngörülen sınır değerinin üzerinde, diğer noktalarda ise standart da öngörülen sınır değerler içinde yer almaktadır. Sulardaki TDS miktarının göstergesi olan EC değerlerine göre sınıflandırdığında; EVC

örneği I. Sınıf, CAL, YAK, ORC ve Bendimahi Nehri (BDM 5, 6, 7, 8 ve 9) örnekleri II. Sınıf ve diğer tüm su noktaları iletkenlik açısından III. Sınıf ile karakterize edilmektedir.

Bitkinin sulama suyu ile bünyesine aldığı Cl ve SO_4 zamanla bitki bünyesinde birikerek, bitkide toksik etkiye neden olabileceğinden (Kaya ve Öztürk, 2003), sulama sularında çok yüksek olmaması gerekmektedir. İncelenen suların Cl içeriğinin $2.22-20.42 \text{ mg L}^{-1}$ (ort: $10.69 \pm 3.85 \text{ mg L}^{-1}$) arasında bir değişim gösterdiği görülmüştür. Yüzeysularında en düşük SO_4 değeri BAS noktasında 1.87 mg L^{-1} iken, en yüksek CAL noktasında 22.92 mg L^{-1} olarak gözlenmiştir. Ovadaki tüm suların ortalama SO_4 içeriği ise $9.20 \pm 3.94 \text{ mg L}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 1). İnceleme alanındaki sular hem Cl hem de SO_4 açısından standartlarda öngörülen değerlerin (I. Sınıf) altında yer almakta ve sulama suyu olarak kullanılabilir olduğu görülmektedir. Azot, bitkinin büyümesinde önemli bir role sahip olup bitkiler için gerekli olan önemli besinlerden biridir (Kacar, 1984). Azotlu gübreler (amonyum nitrat, sülfat, üre, vb.) tarımsal amaçlı toprağa atıldıktan sonra, NO_3 ve NO_2 iyonlarına dönüşmektedir. Çaldıran Ovası yüzeysularının NO_3 içeriği CAL ve YAS örneklemeleri dışında kalan tüm noktalarda I. sınıf su kalitesindedir.

Suların, sulama suyu olarak kullanılabilirliğinin kontrolü amacı ile ABD Tuzluluk (EC_{25} -SAR) ve Wilcox (EC_{25} -%Na) diyagramları sıklıkla kullanılmaktadır. İnceleme alanından toplanan su örneklerinin ABD Tuzluluk ve Wilcox diyagramları Şekil 2'de verilmektedir. ABD tuzluluk sınıflamasına göre su örnekleri sırası ile C_1S_1 , C_2S_1 ve C_3S_1 sınıflarında yer almakta olup S_1 "düşük sodyumlu su" olduklarını ve bitki ve toprak açısından bir sorun teşkil etmediklerini ifade etmektedir (Şekil 2a). Bununla birlikte incelenen suların % Na değerleri dikkate alındığında, CAL ve YAK kodlu örneklerin I. Sınıf (<20 ; çok iyi), BAS ve YAS kodlu örnekler III. Sınıf ($40-60$; ihtiyatla kullanılır) ve diğer örneklerinde II. Sınıf ($20-40$; iyi) sular olduğu görülmektedir. Wilcox sınıflamasına göre Çaldıran Ovasındaki yüzeysuları çok iyi-iyi ve iyi-kullanılabilir sınıfında yer almaktadır (Şekil 2b).



Şekil 2. Çaldıran Ovası yüzeysel sularının (a) ABD Tuzluluk ve (b) Wilcox diyagramları

RSC sulama sularında, alkaliteden kaynaklanan tehlikenin belirlenmesinde kullanılan bir indekstir. RSC, yüksek katyon değişim kapasitesine sahip killi topraklarda sulama suyunun uygunluğunu belirlemede kullanılmaktadır. CAL, EVC ve YAK örnekleri için hesaplanan RSC değeri, bu suların I. Sınıf ($<1.25 \text{ meq L}^{-1}$; çok iyi) sular olduğunu işaret ederken, BAS, SLK ve YAS suları V. Sınıf ($>2.5 \text{ meq L}^{-1}$; kullanılmaz) sular olduğunu işaret etmektedir (Çizelge 1). Diğer su noktaları için hesaplanan RSC değeri ise III. Sınıf ($1.25-2.5 \text{ meq L}^{-1}$; kontrollü kullanılabilir) ile karakterize edilmektedir.

Çalışma kapsamında hesaplanan SAR, RSC ve %Na ile ABD Tuzluluk ve Wilcox diyagramları

ile yapılan değerlendirmeler; Çaldıran Ovası yüzeysel sularının sulama suyu olarak kullanılabilirliği açısından bir risk olmadığını gösterse de, SKKY (1991) Teknik Usuller Tebliği, Çizelge 4'de; florür iyonu için her türlü zeminde sürekli sulama yapılması durumunun da sınır değeri 1.0 mg L^{-1} olarak belirtilmektedir. Söz konusu tebliğde yer alan sınır değeri dikkate alındığında, Çaldıran Ovası CAL ve EVC örnekleme noktaları dışında kalan tüm su noktalarının F içeriği standartlarda öngörülen sınır değerin üzerinde yer almaktadır (Çizelge 1). Dolayısıyla söz konusu yüzeysel sularının, sulama suyu olarak kullanılması hem bitki hem de diğer canlılar (insanlar ve hayvanlar) açısından sakınca içermektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada, Çaldıran Ovası yüzey suları, yüzeysuyu, içme-kullanım ve tarımsal sulama suyu standartları ve kriterlerine göre incelenmiş ve değerlendirilmiştir. İncelenen sular, standartlara ve kriterlere göre genel olarak I. ve II. sınıf su kalitesine sahiptir. Bazı örnekleme noktalarının amonyak içeriği içme-kullanım suyu açısından sakınca içerirken, bazı su noktalarının (BAS, SLK, YAS) RSC değerleri de sulama suyu açısından sakınca içermektedir. İnceleme alanındaki sularda gözlenen amonyak kirliliğinin giderilmesi ve en az düzeye indirilmesi için bölgedeki yapay kirlilik kaynaklarının (evsel atıksu, tarımsal gübre kullanımı, vb.), uygun tekniklerle (atıksu altyapı tesislerinin yapılması, ihtiyaç oranında gübre kullanım

politikalarının geliştirilmesi, vb.) bertaraf edilmesi önerilmektedir.

İnceleme alanında değerlendirmeye alınan hemen hemen tüm su noktalarının florür içeriği, standart limit değer (1.0 mg L⁻¹) üzerinde elde edilmiş olup içme-kullanım ve tarımsal sulama suyu açısından risk teşkil etmektedir. Bölgede gerçekleştirilen önceki çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiş olup bu durum bölgenin doğal jeolojik yapısından kaynaklanmaktadır. Sonuç olarak Çaldıran Ovası yüzey sularının florür değerlerinin genel olarak izin verilen limit değerlerin üzerinde olması nedeniyle, doğrudan içme-kullanım suyu olarak kullanılmasının uygun olmadığı düşünülmekte ve kullanılması durumunda gerekli tedbirlerin alınması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Ağaoğlu S, Alişarlı M, Alemdar S, 2007. Van bölgesi su kaynaklarında flor düzeylerinin belirlenmesi. *YYU Veteriner Fakültesi Dergisi*, 18 (1): 59-65.
- Appelo CAJ, Postma D, 2005. *Geochemistry, Groundwater and Pollution*, A.A. Balkema, Rotterdam.
- APHA – AWWA and WPCF, 1989. *Standart Methods for the Estimation of Water and Waste Water (17th Ed.)*. American Public Health Association, Washington.
- Arslan H, Güler M, Cemek B, Demir Y, 2007. Bafra Ovası yeraltı suyu kalitesinin sulama açısından değerlendirilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4 (2): 219-226.
- Aydın H, Mutlu H, Kazancı A, 2013. Çaldıran (Van) jeotermal sahasının hidrojeokimyasal özellikleri. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 17-20 Nisan 2013, 71-90, İzmir.
- Başkan MB, Pala A, 2009. İçme sularında arsenik kirliliği: Ülkemiz açısından bir değerlendirme. *Pamukkale Üniversitesi Müh. Bilimleri Dergisi*, 15: 69-79.
- Cınar A, Selçuk M, 2005. Effects of Chronic fluorosis on thyroxine, triiodothyronine, and protein-bound iodine in cows. *Fluoride*, 38 (1): 65-68.
- Comba B, Çınar A, 2016. Investigation of effects of fluorosis on some minerals and hormones in sheep. *Ankara Üniv Vet Fak Derg*, 63: 223-227.
- D'Alessandro W, 2006. Human fluorosis related to volcanic activity: a review. *Environmental Toxicology*, 10:21-30.
- Demir S, Kılıç K, 2012. Erbaa Ovası yeraltı suyunun tuzluluğunun değerlendirilmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2: 79-86.
- Demirel Ü, 2009. Flor elementinin canlılar üzerine etkisi ve Kapadokya bölgesinde florosis gerçeği. 1. Tıbbi Jeoloji Çalıştayı, Nevşehir.
- Eaton FM, 1950. Significance of carbonates in irrigation waters. *Soil Science*, 69: 123-133.
- EU, 2014. European Union, Drinking Water Regulations. The Stationery Office, Dublin, Irland.
- Garcia MG, Borgnino L, 2015. Fluoride in the context of the environment, in *fluorine: Chemistry, analysis, function and effects*. Royal Society of Chemistry, 3-21.
- Hapçıoğlu B, Dişçi R, Demir L, Başak E, Güray Ö, Özer N, 1992. Türkiye içme sularında florürün bölgesel dağılımı. *İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 26 (4): 222-223.
- Hounslow AW, 1995. *Water Quality Data: Analysis and Interpretation*, CRC Press, New York.
- Kacar B, 1984. Bitki besleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitapları Yayın No: 899, Ankara.
- Kaya N, Öztürk M, 2003. Elazığ il sınırları içerisindeki sulama sularının incelenmesi. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 3: 87-92.
- Küçükırmak G, 2007. Florun fizyolojik ve toksikolojik karakterleri. Ege Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Meral I, Demir H, Gunduz H, Mert N, Dogan I, 2004. Serum copper, zinc, manganese, and magnesium status of subjects with chronic fluorosis. *Fluoride*, 37 (2): 102-106.
- Oruç N, Alpman N, Karamandere İ, 1976. Tendürek volkanı çevresindeki yüksek fluorür içerikli kaynak sularının hidrojeolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 19: 1-8.
- Oruç N, 1988. Çaldıran yöresi su örneklerinde florür düzeyi ve önemi. *Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir*.
- Oruç N, 2005. Türkiye'de yüksek düzeyde florür içeren kaynak suları ve önemi. 1. Tıbbi Jeoloji Sempozyumu, 1-3 Aralık 2005, 215-227 s.
- Oruç N, 2008. Occurrence and problems of high fluoride waters in Turkey: an overview. *Environmental Geochemistry and Health*, 30: 315-323.
- Oto G, 2002. Muradiye ve Çaldıran yöresinden alınan su ve koyunların kan örneklerindeki flor düzeyine mevsimsel değişimlerin etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Van*.

- Özkan G, Köseoğlu M, Bilgin A, 1988. Isparta içme suundaki florürün çevre kayalarla ilişkisi. Ulusal 1. Hidrojeoloji Sempozyumu, Ankara, 247–256.
- Reyes-Gomez VM, Alarcon-Herrera MT, Gutierrez M, Lopez DN, 2013. Fluoride and arsenic in an alluvial aquifer system in Chihuahua, Mexico: Contaminant Levels, Potential Sources, and Co-occurrence. Water Air Soil Pollut, 224 (1433): 1-15.
- Richards LA, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. US Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 60, Washington DC
- Sağlam MT, Adiloğlu A, 1997. Su Kalitesi (genişletilmiş 2. baskı). Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Ders Kitapları Yayın No: 27, Tekirdağ.
- SKKY, 1991. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği. Resmi Gazete Tarihi/Sayı: 07.01.1991/20748.
- TS266, 2005. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. Resmi Gazete Tarihi/Sayı: 17.02.2005/25730.
- US EPA, 2009. Drinking water contaminants, office of water regulation and standards. United States Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, USA.
- Wilcox LV, 1955. Classification and Use of Irrigation Water, US Department of Agriculture. Circular 969, Washington DC.
- WHO, 1984. Fluorine and fluorides. Environmental Health Criteria 36, World Health Organization, 25-26., Geneva.
- WHO, 2006. Guidelines for drinking water quality. First Adendum to third ed., Recommendations, vol. 1, World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- YSKYY, 2012. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği. Resmi Gazete Tarihi/Sayı: 30.11.2012/28483.