



SU KAYNAKLARINDA VE ŞEBEKELERDE ÇÖZÜNMÜŞ ORGANİK AZOTUN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİNİN İZLENMESİ

Cihan ÖZGÜR^{1*}, Deniz BARIŞ², Meltem KAÇIKOÇ², Şehnaz Şule KAPLAN BEKAROĞLU²

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sütçüler Prof. Dr. Hasan Gürbüz Meslek Yüksekokulu, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü, Isparta, Türkiye

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler

*Dezenfeksiyon Yan Ürünleri,
Çözünmüş Organik Azot,
İçme Suyu,
Eğirdir Gölü,
Nitrat.*

Öz

Yüksek sitotoksik ve genotoksik özelliğe sahip azotlu dezenfeksiyon yan ürünlerinin (A-DYÜ) oluşumunda etkisi olduğu için, çözünmüş organik azot (ÇOA) su temininde ve arıtımında son yıllarda önem kazanmıştır. Yapılan uluslararası çalışmalarda tarımsal faaliyetler, evsel ve endüstriyel atıksu deşarjları, alg faaliyetlerinin artması gibi nedenlerle içme suyu kaynaklarında organik azot konsantrasyonlarının arttığı tespit edilmiştir. Çalışmanın ana amacı farklı su kaynaklarında ve içme suyu şebekelerinde ÇOA'nın mevsimsel değişiminin izlenmesidir. Eğirdir Gölü ve Karaağaç Su Kaynağı olmak üzere 2 farklı içme suyu kaynağı ve Isparta, Konyaaltı ve Kumluca içme suyu şebekeleri olmak üzere 3 farklı su şebekesinde bir yıl süre ile aylık olarak azot türleri izlenmiştir. Eğirdir Gölü için en yüksek ve en düşük ÇOA değerleri sırasıyla 0,74 ve 0,15 mg/L olarak ölçülmüştür. Karaağaç doğal su kaynağı için en yüksek ve en düşük ÇOA değerleri sırasıyla 0,58 ve 0,09 mg/L olarak ölçülmüştür. Eğirdir Gölü için sonbahar aylarında ÇOA değeri daha yüksektir ve 0,74 mg/L'dir. Şebekelerde en yüksek ÇOA değeri Isparta, Konyaaltı ve Kumluca için sırasıyla 0,37; 0,39 ve 0,14 mg/L'dir. A-DYÜ oluşum potansiyeli düşük ÇOK/ÇOA oranına sahip sularda yüksek olduğu rapor edilmiştir. Çalışma kapsamında test edilen kaynaklarda ÇOK/ÇOA oranı oldukça düşüktür. A-DYÜ oluşumuna sebep olmasının yanı sıra, membranların tıkanmasına sebep olduğu ve konvansiyonel arıtma işlemleri ile giderilemediği için ÇOA değerlerinin içme suyu kaynaklarında ve şebekelerde izlenmesi önem kazanmaktadır.

SEASONAL MONITORING DISSOLVED ORGANIC NITROGEN IN DIFFERENT DRINKING WATER RESOURCES AND DISTRIBUTION SYSTEMS

Keywords

*Disinfection By-Products,
Dissolved Organic Nitrogen,
Drinking Water,
Egirdir Lake,
Nitrate.*

Abstract

As it is the precursor of nitrogenous disinfection by-products (N-DBPs) with high cytotoxic and genotoxic properties, dissolved organic nitrogen (DON) has gained importance in water supply and treatment in recent years. In recent studies, it was determined that DON concentrations in drinking water resources increased due to reasons such as agricultural activities, domestic and industrial wastewater discharges and increase of algae activities. The main purpose of this study is to determine the seasonal variation of DON in different water sources and drinking water systems. Two different drinking water sources, namely Egirdir Lake and Karaagac Water Source and three different water distribution systems, namely Isparta, Konyaaltı and Kumluca, were monitored monthly for one year. The highest and lowest DON values for Egirdir Lake were 0.74 and 0.15 mg/L, respectively. The highest and lowest DON values for Karaagac water source were measured as 0.58 and 0.09 mg/L, respectively. For Egirdir Lake, the DON is higher for the autumn months and DON value was 0.78 mg/L. In the water distribution systems, the highest DON values for Isparta, Konyaaltı and Kumluca were 0.37; 0.39 and 0.14 mg/L, respectively. It has been reported that N-DBPs formation potential is high in waters with low DOC/DON ratio. In the tested water sources in this study, the

* İlgili yazar / Corresponding author: cihanozgur@isparta.edu.tr, +90-246-351-2900

DOC/DON ratio was very low. In addition to formation of N-DBPs, it is important to monitor the DON values in drinking water sources and water distribution systems due to cause membrane fouling and cannot be removed after conventional water treatment.

Alıntı / Cite

Özgür, C., Barış, D., Kaçıkoc, M., Kaplan Bekaroğlu, Ş.Ş., (2020). Su Kaynaklarında ve Şebekelerde Çözünmüş Organik Azotun Mevsimsel Değişiminin İzlenmesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 8(3), 961-972.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

C. Özgür,0000-0001-6085-1585
D. Barış, 0000-0001-6085-1585
M. Kaçıkoc, 0000-0002-9526-7992
Ş.Ş. Kaplan Bekaroğlu, 0000-0003-0917-7219

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	20.05.2020
Revizyon Tarihi / Revision Date	10.07.2020
Kabul Tarihi / Accepted Date	24.08.2020
Yayın Tarihi / Published Date	24.09.2020

1. Giriş (Introduction)

İçme suyu arıtma tesislerinin karşı karşıya kaldığı en önemli problemlerden biri mutajenik ve karsinojenik olan dezenfeksiyon yan ürünlerinin (DYÜ) oluşumu ve kontrolüdür. Dezenfeksiyon sürecinde suda bulunan doğal organik maddeler (DOM) ve inorganik maddeler (Br^- , I^- , NO_2^- gibi) ile dezenfektanlar reaksiyona girerek DYÜ'leri oluşturmaktadır (Bond vd., 2014). DOM, çözünmüş organik karbon (ÇOK) ve çözünmüş organik azot (ÇOA) bileşenlerini içeren heterojen bir karışımdır (Hu vd., 2017). Karakteristik fonksiyonel gruplarına göre DYÜ'ler, karbonlu DYÜ (K-DYÜ) ve azotlu DYÜ (A-DYÜ) olarak iki temel sınıfa ayrılabilir. Yapılan yeni toksikoloji çalışmalarına göre A-DYÜ'ler çok düşük konsantrasyonlarda oluşmalarına rağmen, K-DYÜ'lerden çok daha sitotoksik ve genotoksiktir (Xue vd., 2014). Bugüne kadar yapılan DYÜ oluşumuna sebep olan öncül maddeler ile ilgili çalışmalarda, K-DYÜ oluşumu ÇOK ile ilişkilendirilmekte iken, A-DYÜ'lerin oluşumu ise ÇOA ile ilişkilendirilmektedir (Lee vd., 2007). Yönetmeliklerde yer almayan haloasetonitril (HAN), haloasetamidler (HAcAm) ve nitrosamin gibi A-DYÜ türlerinin en önemli öncül maddelerinden biri protein, peptit, amino asit gibi azotlu bileşenleri içeren ÇOA olduğu rapor edilmiştir (Krasner vd., 2013; Du vd., 2017). A-DYÜ türü olan nitrosodimetilamin (NDMA) için yapılan oluşum potansiyeli testlerinde artan ÇOA konsantrasyonu ile NDMA konsantrasyonunda artma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir (Uzun vd., 2015). Özellikle klorlama sürecinde ÇOA'nın A-DYÜ oluşumunda öncül madde olarak rol oynadığı yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. (Lu vd., 2015). Sularda tespit edilen ÇOK/ÇOA oranının, A-DYÜ oluşum potansiyelini tahmin etmek amacıyla kullanılabilmesi ve bu oran ile A-DYÜ türleri oluşumu arasında pozitif korelasyon olduğu literatürde belirtilmiştir (Lee vd., 2007; Hua vd., 2015; Bazri vd., 2016; Kristiana vd., 2017). ÇOK/ÇOA oranı azaldıkça A-DYÜ oluşumu artmaktadır. Bu oranın azalması ÇOK içerisindeki ÇOA oranının artmasından kaynaklanmaktadır (Hua vd., 2015). Doğal sularda çok düşük miktarlarda bulunmasına rağmen, A-DYÜ oluşumundan öncül madde olan ÇOA, içme suyu temininde ve arıtımında giderek daha çok önem kazanan bir parametredir (Hu vd., 2017).

ÇOA varlığı, A-DYÜ oluşumuna sebep olmasının yanı sıra, membranların tıkanmasına da sebep olmaktadır. Ayrıca konvansiyonel arıtma işlemleri ile giderilemediği için ÇOA konusunda özellikle içme suyu arıtma sektöründe araştırmalara hız verilmiştir (Lin vd., 2018). Bir su kalitesi parametresi olarak ÇOA, özellikle A-DYÜ türlerinin oluşmasında ve türleşmesinde son derece önemlidir. Çalışmamızın ana amacı farklı su kaynaklarında ve içme suyu şebekelerinde ÇOA konsantrasyonlarının mevsimsel izlenmesidir. Çalışma kapsamında Isparta, Konyaaltı (Antalya) ve Kumluca (Antalya) içme suyu şebekelerinden ve Eğirdir ve Kumluca su kaynaklarında bir yıl boyunca (2014-Kasım/2015-Ekim) azot türleri ve ÇOK parametrelerinin izleme çalışması yapılmıştır. Isparta içme suyu şebekesi su kaynağı olarak Eğirdir Gölü'nü (Şener vd., 2019), Konyaaltı (Antalya) içme suyu şebekesi su kaynağı olarak yeraltı su kaynaklarını, Kumluca (Antalya) içme suyu şebekesi ise Karaağaç doğal su kaynağını kullanmaktadır.

2. Kaynak Araştırması (Literature Survey)

Mikrobiyal kaliteyi sağlamak için ilk dezenfeksiyon uygulaması M.Ö. 4000'li yıllarda gerçekleştirilen kaynatma işlemidir. Mikrobiyal kaliteyi arttırmak için kimyasal dezenfektan kullanımı ise ilk kez 20.yy'da başlamıştır (Mishra vd.,2016). Klor, yüksek oksidasyon etkinliği ve düşük maliyetinden dolayı dünya genelinde en yaygın kullanılan kimyasal dezenfektan türüdür (Kumari ve Gupta,2015). Su dağıtım sistemlerinde mikrobiyal kalite için dezenfeksiyon prosesi gerekli iken, dezenfeksiyon sonucu oluşan ve halk sağlığını olumsuz etkileyen yan ürünlere dikkat edilmelidir (Al-Omari vd., 2014). DYÜ terimi ilk kez 1970'li yılların başlarında dezenfektan olarak kullanılan klor ile sularda doğal olarak bulunan DOM arasındaki tepkime sonucu oluşan kimyasal yan ürün olarak ortaya çıkmıştır (Rook, 1974). Bugüne kadar sularda yaklaşık 800 DYÜ türü tespit edilmiştir (Bond vd., 2012; Ding ve Chu, 2017). Ülkemizde ise 17 Şubat 2005 tarihli 25730 sayılı Resmî Gazete'de Sağlık Bakanlığının yayınlamış olduğu "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik"te içme ve kullanma sularında bulunması gereken maksimum toplam Trihalometan (THM) konsantrasyonu 100 µg/L olarak belirlenmiştir.

Toksikolojik çalışmalara göre DYÜ türlerinin her birinin sağlık üzerindeki etkisi farklıdır. A-DYÜ türleri üzerine yapılan toksikolojik çalışmalar son zamanlarda artmıştır (Hu vd., 2018). Yapılan çalışmalarda Halonitrometan (HNM) türlerinin THM'den 440 kat daha fazla sitotoksik, haloasetik asit (HAA)'den ise 100 kat daha fazla sitotoksik ve 9 kat daha fazla genotoksik olduğu tespit edilmiştir. HAN ise THM'den 320 kat daha fazla sitotoksik, HAA'den 73 kat daha fazla sitotoksik ve HAA'den 20 kat daha fazla genotoksiktir (Chhipi-Shrestha vd., 2018). A-DYÜ'lerin öncül maddesi olarak ilişkilendirilen ÇOA, DOM'ların ağırlıkça %1-10'una eşdeğerdir (Bazri vd., 2016). ÇOA, amino asitler, amino şekerler, amidler, peptidler ve heterosiklik-azot bileşiklerinden (örn., pirimidin, imidazol, pürin ve porfirinler) oluşan kompleks bir karışımdır. Tarımsal faaliyetler, evsel ve endüstriyel atıksu deşarjları, alg faaliyetlerinin artması gibi nedenlerle içme suyu kaynaklarındaki ÇOA konsantrasyonları artmaktadır (Lu vd., 2015). Yüzeysel sularında tipik olarak 0,1 ile 10 mg N/L aralığında ve ortalama 0,3 mg N/L konsantrasyonunda ÇOA bulunmaktadır (Lee vd., 2007). Toplam 28 içme suyu arıtma tesisinde ortalama ÇOA konsantrasyonu ham su ve arıtılmış su için sırasıyla 0,19 ve 0,15 mg N/L olarak tespit edilmiştir. Ham sular için ortalama ÇOK/ÇOA oranı 18 mg C/mg N olarak rapor edilmiştir (Westerhoff vd., 2006). Chang vd., (2013) gerçekleştirdikleri mevsimsel izleme çalışmasında yüzeysel su kaynağında ÇOA konsantrasyonunun yıllık ortalamasını 0,53 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Chu vd., (2013) çalışmalarında yedi farklı su kaynağında ÇOA konsantrasyonunu 0,098-0,65 mg/L aralığında tespit etmişlerdir. Gan vd., (2013) çalışmalarında üç farklı yüzeysel su kaynağından topladıkları su numunelerinde ÇOA konsantrasyonlarını yüzeysel su kaynaklarının birinde ölçülebilir aralıkta tespit edemezken, diğer iki yüzeysel su kaynağında ise ÇOA konsantrasyonları 0,1-0,3 mg/L aralıklarında hesaplanabilmiştir. Fan vd., (2014) iki farklı su kaynağında gerçekleştirdikleri çalışmada ÇOA değerlerini 0,67 ve 0,15 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Uzun vd., (2015) çalışmalarında ÇOA konsantrasyonunu 0,1-0,39 mg/L aralığında bulmuşlardır. Tan vd. (2017) çalışmalarında yüzeysel sulara ÇOA konsantrasyonunu 0,24-0,57 mg/L aralığında tespit edebilmişlerdir. Kristiana vd. (2017) çalışmalarında yüzeysel sulara ÇOA konsantrasyonunu 0,04-0,39 mg/L aralığında, yeraltı sularında ise ÇOA konsantrasyonunu 0,04-0,06 mg/L aralığında tespit edebilmişlerdir. Ülkemizde içme suyu kaynaklarında ve şebekelerde ÇOA verisinin tartışıldığı çalışmalara yazarlar tarafından rastlanmamıştır ve bu çalışma ile birlikte literatürdeki bir boşluğun doldurulması hedeflenmektedir.

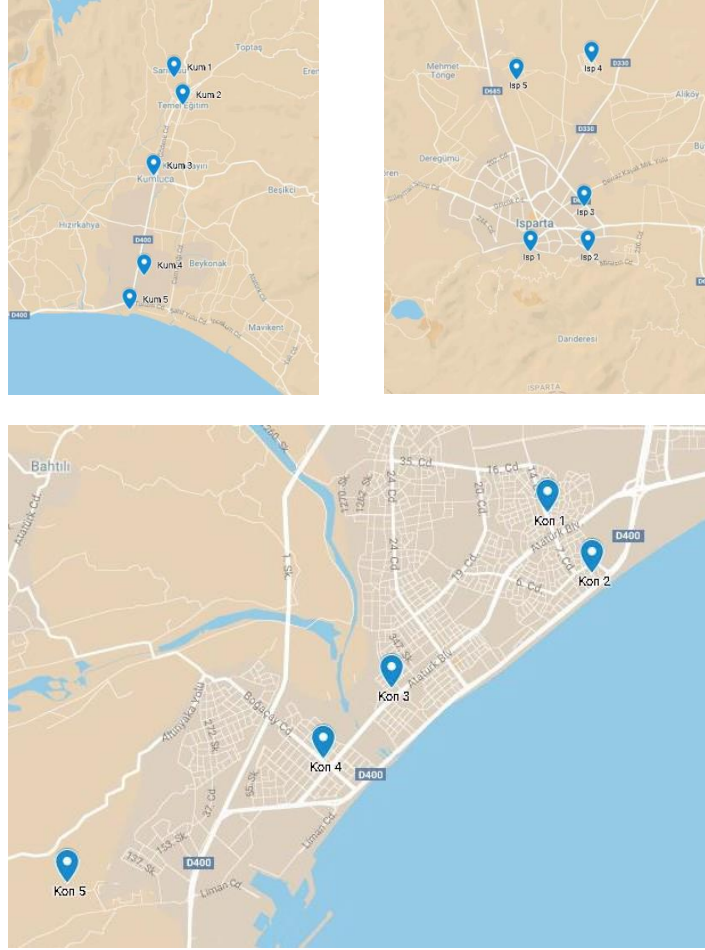
3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

3.1. Numune Alma Noktaları (Sampling Points)

Su numuneleri 2014 yılı Kasım ayı ile 2015 yılı Ekim periyodundaki 12 ay boyunca aylık olarak 2 farklı içme suyu kaynağı ve 3 farklı içme suyu dağıtım şebekesinden alınmıştır. 2 farklı su kaynağı olarak Eğirdir Gölü ve Karaağaç su kaynağı kullanılmıştır. Isparta, Konyaaltı (Antalya) ve Kumluca (Antalya) içme suyu şebekesinden olmak üzere 3 farklı şebeke çalışma kapsamında incelenmiştir. Şebekelere su temin eden arıtma tesislerinde dezenfektan olarak klor kullanılmaktadır. Numune alma noktaları şebekeyi doğru temsil etmesi açısından şebeke başından (arıtma tesisine en yakın tüketici), sonundan (arıtma tesisine en uzak tüketici) ve ortasından (en yoğun su kullanım bölgeleri) olmak üzere toplam beş farklı nokta olarak belirlenmiştir. Her bir numunede aylık olarak toplam azot, nitrit, nitrat ve amonyum azotu ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Tüm numuneler her ayın ikinci haftası, su kullanımının en yoğun olduğu saatlerde toplanmıştır (12:00-17:00). Tüm analizler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve standart sapma ÇOK için 0,1'den diğer parametreler için ise 0,01'den küçük tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında alınan numuneler Şekil 1'de, numune alma koordinatları ise, Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. İçme suyu şebekelerinde numune alma noktalarının koordinatları (Coordinates of sampling points in drinking water distribution systems)

Numune Adı	Koordinat	
	Enlem	Boylam
Isparta1	37°45'5.79"K	30°33'5.90"D
Isparta2	37°45'6.38"K	30°34'42.14"D
Isparta3	37°46'4.55"K	30°34'35.88"D
Isparta4	37°49'8.06"K	30°32'0.48"D
Isparta5	37°49'13.83"K	30°34'46.94"D
Antalya1	36°52'56.00"K	30°38'58.01"D
Antalya2	36°52'29.68"K	30°39'21.96"D
Antalya3	36°51'40.67"K	30°37'32.79"D
Antalya4	36°51'9.62"K	30°36'56.33"D
Antalya5	36°49'25.66"K	30°33'22.55"D
Kumluca1	36°23'58.24"K	30°17'42.09"D
Kumluca2	36°23'42.86"K	30°17'54.67"D
Kumluca3	36°22'3.01"K	30°17'8.68"D
Kumluca4	36°19'48.17"K	30°16'47.93"D
Kumluca5	36°18'58.71"K	30°16'21.56"D



Şekil 1. Kumluca, Isparta ve Konyaaltı içme suyu şebekeleri numune alma noktaları (Sampling points of Kumluca, Isparta and Konyaaltı distribution systems)

3.2. Analitik Yöntemler (Analytical Methods)

ÇOA parametresinin direkt ölçüm metodu mevcut değildir ve toplam çözülmüş azot (TÇA) değerlerinden toplam çözülmüş inorganik azot (TÇİA) değerlerinin çıkartılması ile hesaplanır. Diğer bir yöntem ise ölçülen Kjeldahl azotu değerinden amonyak azotunun çıkartılmasıdır. TÇİA değeri nitrit, nitrat ve amonyum azotunun toplamıdır. TÇİA/TÇA oranlarının yüksek olması durumunda, her bir azot türünün bireysel olarak ölçümünden kaynaklanan kümülatif analitik hatalar oluşabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Yüksek TÇİA/TÇA oranlarına sahip numuneler için TÇİA gideriminin yapıldığı diyaliz bazlı ön arıtma yöntemi kullanılmaktadır ve daha güvenilir ÇOA değerleri elde edilmektedir. Çalışma kapsamında toplam azot (TA) ölçümleri, TA ölçüm ünitesine sahip olan toplam organik karbon cihazında (Shimadzu TOC-L) ölçülmüştür. Nitrit ve nitrat ölçümleri Dionex DX-600, AAES supresorlu iyon kromatografisi (IC) kullanılarak USEPA Metot 300'e göre yapılmıştır (USEPA, 1993). Amonyum azotu ise Standart Metot 4500-NH₃'ye (APHA, 1998) eşdeğeri olan salisilat metodu kullanılmıştır. HACH LANGE LCK 303 kiti kullanılarak HACH DR 5000 cihazında 694 nm'de ölçüm yapılmıştır. Analitik yöntemler ve tespit limitleri, Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2. Analitik yöntemler ve tespit limitleri (Analytical methods and detection limits) (Özgür, 2019)

Parametre	Ölçüm Metodu	Cihaz	Tespit Limiti
Toplam Azot	Yüksek sıcaklıkta yakma	TOC-L CPH & NHM-1,	0,01 mg/L
Nitrat ve Nitrit	USEPA Metot 300	Dionex ICS-3000	0,01 mg/L
Amonyum Azotu	SM 4500-NH ₃ F	HACH Test Kit	0,015 mg/L
Çözülmüş Organik Karbon	SM* 5310B	TOC-L CPH Shimadzu	0,1 mg/L

ÇOA hesaplanmasında kullanılan eşitlikler Denklem 1 ve Denklem 2'de gösterilmektedir.

$$\text{ÇOA} = \text{TA} - \text{TİA} \quad (1) \text{ (Kaplan Bekaroğlu, 2013)}$$

$$\text{ÇOA} = \text{TA} - [\text{Nitrit Azotu}] - [\text{Nitrat Azotu}] - [\text{Amonyum Azotu}] \quad (2) \text{ (Kaplan Bekaroğlu, 2013)}$$

4. Deneysel Sonuçlar (Experimental Results)

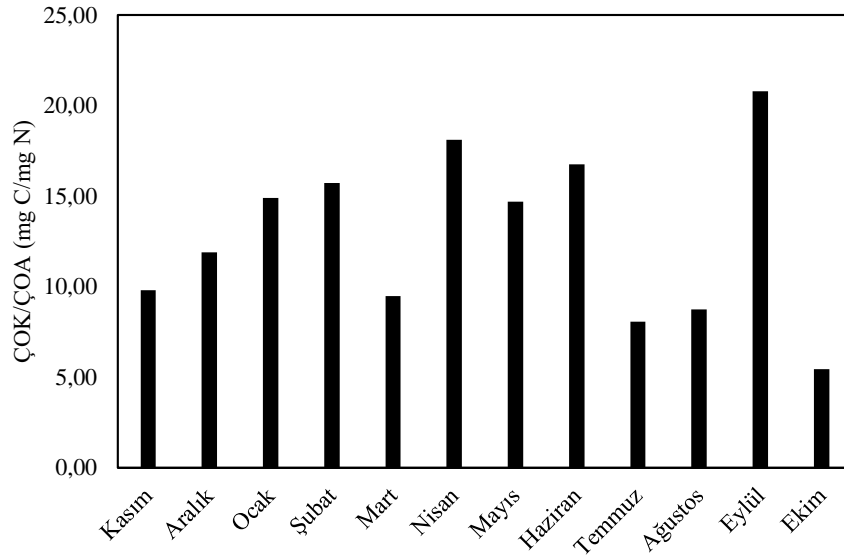
4.1. İçme suyu Kaynaklarında Azot Türlerinin Değişimi (Change of Nitrogen Species in Drinking Water Source)

Su kalitesi değerlendirilmesi bakımından su kaynaklarında azot türlerinin izlenmesi önemlidir. Özellikle su kaynaklarında nitrat kirliliği ile ilgili çalışmalar oldukça fazladır ve özellikle tarımsal ve atıksu deşarjından kaynaklı nitrat kirliliği konusunda çalışmalar devam etmektedir. Nitrat kirliliğinin tespiti ve azaltılması; zor, zaman alıcı ve maliyetlidir. Su kaynaklarında azot, özellikle ötrofikasyon durumunun belirlenmesinde çok önemlidir. Bu çalışmanın temel amacı organik azotun değerlendirilmesi olmasına rağmen, tespit edilen diğer azot türleri ile ilgili değerlendirmeler de eklenmiştir. Tablo 3'te Eğirdir Gölü için azot türleri ve ÇOK'un bir yıllık izleme süresince değişimi gösterilmiştir. Eğirdir Gölü için en yüksek, en düşük ve ortalama TA değerleri sırasıyla 0,78; 0,33 ve 0,47 mg/L olarak ölçülmüştür. Sonbahar, kış, ilkbahar ve yaz mevsimleri ortalama TA değerleri ise sırasıyla 0,54; 0,43; 0,51 ve 0,41 mg/L olarak belirlenmiştir. Sonbahar ve İlkbahar aylarında ortalama %30'luk bir artış gözlenmiştir. Bu artışın sebebi tarımsal kullanımda o dönemlerde azotlu gübrelerin kullanımı ve azotun taşınımı ile açıklanabilir. Ölçülen değerler literatürde yapılan yeni çalışmalar ile uygunluk göstermektedir. Bulut ve Kubilay (2018) yaptıkları çalışmada trofik durum indeksleriyle belirlemek amacıyla farklı noktalarda TA ölçümü yapmışlardır ve Eğirdir Gölü TA ölçümleri 0,56-0,76 (ort: 0,63) mg/L arasında tespit etmişlerdir. Çalışmamız süresince ölçülen yüksek değeri 0,78 mg/L'dir. "Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği"ne göre eğer TA 3,5 mg/L'nin altında ise Su Kalite Sınıfı I (Çok İyi)'dir (YSKY, 2012). Alg üretimi ve ötrofikasyon açısından özellikle fosfat elementi ile birlikte azot göl su kalitesi için son derece önemlidir ve TA parametresinin mutlak surette izlenmesi ve kaynağında kontrol altına alınmasının önemli olduğunu literatürde bildirilmiştir (Bulut ve Kubilay,2018). Eğirdir Gölü nitrat azotu en yüksek değer 1,28 mg NO_3^- -N/L olarak Nisan ayında gözlenmiştir. Literatürde Eğirdir Gölü için nitrat değerleri 0,4 – 4,23 mg/L, nitrit değerleri 0,02-0,08 mg/L arasında ölçülmüştür (Güneş vd., 2011). "Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği" ne göre ise 3 mg/L'nin altında olan kaynaklar Su Kalite Sınıfı I (Çok İyi) olarak belirtilmiştir. Eğirdir Gölü'nde ölçülen nitrit ve amonyum konsantrasyonları numune alma dönemi boyunca ölçülebilir seviyelerin altında olduğu gözlenmiştir.

Yapılan bir yıllık izleme sonucunda hesaplanan en düşük ve en yüksek ÇOA değerleri 0,20 ve 0,74 mg/L, yıllık ortalama ÇOA değeri ise 0,34 mg/L olarak ölçülmüştür. Sonbahar, kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde tespit edilen ÇOA değerleri sırasıyla 0,45; 0,33; 0,28 ve 0,29 mg/L'dir. Tarımsal gübrelerdeki azot ve atık su deşarjları ÇOA'nın birincil kaynaklarıdır. Özellikle organik azot konsantrasyonu açısından atıksu deşarjları oldukça önemlidir. Evsel atıksuda 8-35 mg/L aralığında organik azot bulunmaktadır ve ülkemizde yaygın olarak kullanılan atıksu artıma yöntemleri ile inorganik azot (nitrifikasyon/denitrifikasyon ile) giderimi yapıldığı için organik azot tesis çıkış sularında yüksek oranlarda tespit edilebilmektedir. Bu sebeple her ne kadar istenirse de atıksu deşarjları içme suyu kaynaklarına ulaşabiliyorsa ÇOA açısından da oldukça dikkat edilmesi gereken bir durumdur. Göllerde ÇOA değişimi, mevsimsel ötrofikasyon ile ilişkilendirilebilmektedir. Ülkemiz için ÇOA parametresi bazında yeterli veri olmamasına rağmen, uluslararası literatürde yerüstü su kaynakları için rapor edilen ÇOA konsantrasyonları <0,1 ila >10 mg N/L arasındadır ve medyan değeri ~0,3 mg – 10 mg N/L'dir. Konvansiyonel içme suyu arıtma tesislerinde ÇOA giderim oranları oldukça düşüktür ve DYÜ oluşumu ve membran tıkanmasına sebep olduğu için su arıtımında ÇOA artarak önem kazanan bir parametredir. Suda bulunan ÇOK/ÇOA oranı, A-DYÜ oluşum potansiyelini kabaca tahmin etmek amacıyla kullanılabilir gibi, amino şeker/aromatik oranı ile de A-DYÜ oluşum potansiyeli arasında pozitif bir korelasyon mevcuttur (Lee vd., 2007; Hua vd., 2015). Şekil 2'de Eğirdir gölü 2014 Kasım-2015 Ekim döneminde ÇOK/ÇOA değerleri gösterilmektedir. ÇOK/ÇOA değerleri 6,1-17,4 mg C/mg N arasında değişmektedir. Düşük ÇOK/ÇOA oranı A-DYÜ oluşum potansiyelinin fazla olabileceğinin bir göstergesidir. ABD'de yapılan bir çalışmada ham sular için ortalama ÇOK/ÇOA oranı 18 mg C/mg N olarak rapor edilmiştir (Westerhoff vd., 2006). Düşük ÇOK/ÇOA değerine sahip su kaynaklarında dezenfeksiyon prosesinin optimizasyonu önemlidir. Hem A-DYÜ oluşumu kontrol edilmeli hem de mikrobiyal kaliteden taviz verilmemelidir. Bu durumda dezenfeksiyon prosesi öncesi ÇOA giderim yöntemleri araştırılabilir ve/veya A-DYÜ oluşumunu azaltabilecek alternatif dezenfektanlar seçilebilir. Eğirdir Gölü'nün içme suyu kaynağı olduğu dikkate alındığında ÇOA verisinin izlenmesi ve değerlendirilmesi DYÜ oluşumu açısından dikkat edilmesi gereken bir parametre olduğu açıktır.

Tablo 3. Eğirdir gölü için azot türlerinin mevsimsel değişimi (Seasonal variation of nitrogen species for Eğirdir lake)

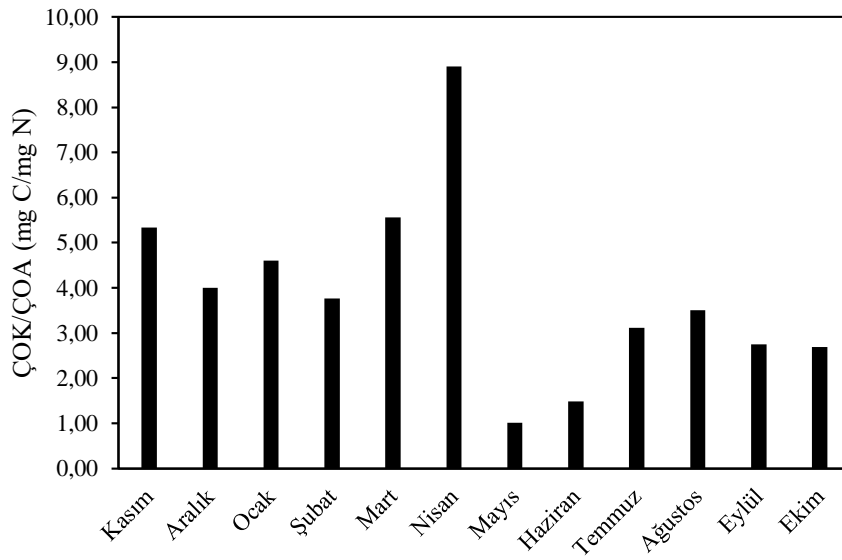
	TA (mg/L)	Standart Sapma	Nitrat (mg/L)	Standart Sapma	ÇOA (mg/L)	Standart Sapma	ÇOK (mg/L)	Standart Sapma
Kasım	0,41	<±0,01	0,28	<±0,01	0,35	<±0,01	3,43	<±0,1
Aralık	0,39	<±0,01	0,32	<±0,01	0,32	<±0,01	3,81	<±0,1
Ocak	0,41	<±0,01	0,80	<±0,01	0,23	<±0,01	3,43	<±0,1
Şubat	0,41	<±0,01	0,80	<±0,01	0,23	<±0,01	3,62	<±0,1
Mart	0,54	<±0,01	0,58	<±0,01	0,41	<±0,01	3,89	<±0,1
Nisan	0,49	<±0,01	1,28	<±0,01	0,20	<±0,01	3,62	<±0,1
Mayıs	0,49	<±0,01	0,50	<±0,01	0,24	<±0,01	3,53	<±0,1
Haziran	0,33	<±0,01	1,08	<±0,01	0,21	<±0,01	3,52	<±0,1
Temmuz	0,51	<±0,01	0,31	<±0,01	0,44	<±0,01	3,55	<±0,1
Ağustos	0,38	<±0,01	0,31	<±0,01	0,31	<±0,01	2,71	<±0,1
Eylül	0,42	<±0,01	0,20	<±0,01	0,15	<±0,01	3,12	<±0,1
Ekim	0,78	<±0,01	0,22	<±0,01	0,74	<±0,01	4,02	<±0,1

**Şekil 2.** Eğirdir gölü Kasım-Ekim döneminde hesaplanan ÇOK/ÇOA değerleri (DOC/DON values calculated in Eğirdir lake in November-October period)

Tablo 4’de Karaağaç su kaynağı için azot türlerinin değişimi gösterilmiştir. Karaağaç su kaynağı en yüksek ve en düşük TA değerleri 0,59 ve 0,25 mg/L olarak bulunmuştur. Sonbahar, kış, ilkbahar ve yaz mevsimleri için ortalama TA değerleri 0,49; 0,39; 0,43 ve 0,36 mg/L’dir. En yüksek, en düşük ve ortalama nitrat değerleri sırasıyla 1,7; 0,54 ve 1,15 mg/L olarak tespit edilmiştir. En yüksek ve en düşük ÇOA değerleri 0,58 ve 0,09 mg/L, yıllık ortalama ÇOA değeri 0,20 mg/L olarak bulunmuştur. Mevsimsel ortalama ÇOA değerleri sonbahar, kış, ilkbahar ve yaz mevsimleri için sırasıyla 0,23; 0,11; 0,26 ve 0,19 mg/L olarak tespit edilmiştir. Karaağaç su kaynağında ölçülen nitrit ve amonyum azotu konsantrasyonları numune alma dönemi boyunca tespit limitlerinin altındadır. Karaağaç su kaynağı bir kaynak suyudur ve su kalitesi bakımından “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” kapsamındadır. Yönetmelik kapsamında nitrit azotu ve nitrat azotu gösterge parametrelerdendir. Nitrat azotu için müsaade edilen en yüksek değer 50 mg/L, nitrit azotu için müsaade edilen en yüksek değer ise 0,5 mg/L’dir (İTASHY, 2005). Karaağaç su kaynağında izlenen en yüksek nitrat konsantrasyonu 1,7 mg/L’dir. Eğirdir Gölü ile karşılaştırıldığı zaman, TA değerleri nispeten düşük (ortalama %10 daha az) iken, nitrat değerleri oldukça yüksektir. Bu sebeple Karaağaç su kaynağı daha düşük ÇOA değerlerine sahiptir. Ayrıca Eğirdir Gölü’nde ÇOK değerleri ortalama 3,5 mg/L iken, Karaağaç su kaynağı için 0,6 mg/L’dir. Şekil 3’te Karaağaç su kaynağı Kasım-Ekim döneminde ÇOK/ÇOA değerleri gösterilmiştir. ÇOK/ÇOA değerleri 1-8,9 mg C/mg N arasında değişmektedir. Düşük ÇOK değerlerine sahip olduğu için Eğirdir Gölü ile karşılaştırıldığı zaman daha düşük ÇOK/ÇOA oranları gözlenmiştir. Düşük ÇOK/ÇOA oranı A-DYÜ oluşum potansiyelinin fazla olabileceğinin bir göstergesi olabilmektedir.

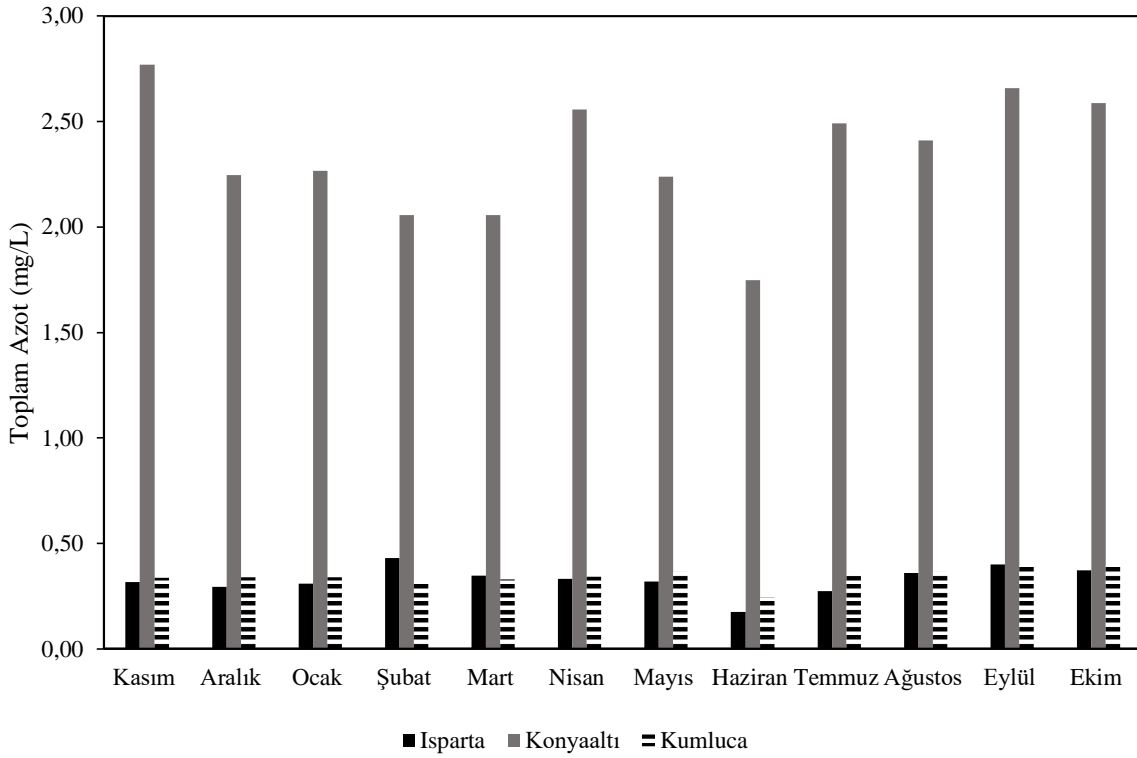
Tablo 4. Karaağaç suyu kaynağı için azot türlerinin mevsimsel değişimi (Seasonal variation of nitrogen species for Karaagac water source)

	TA (mg/L)	Standart Sapma	Nitrat (mg/L)	Standart Sapma	ÇOA (mg/L)	Standart Sapma	ÇOK (mg/L)	Standart Sapma
Kasım	0,34	<±0,01	1,11	<±0,01	0,09	<±0,01	0,48	<±0,1
Aralık	0,35	<±0,01	1,79	<±0,01	0,11	<±0,01	0,44	<±0,1
Ocak	0,41	<±0,01	1,10	<±0,01	0,10	<±0,01	0,46	<±0,1
Şubat	0,40	<±0,01	1,20	<±0,01	0,13	<±0,01	0,49	<±0,1
Mart	0,35	<±0,01	1,16	<±0,01	0,09	<±0,01	0,50	<±0,1
Nisan	0,36	<±0,01	1,09	<±0,01	0,11	<±0,01	0,98	<±0,1
Mayıs	0,58	<±0,01	1,11	<±0,01	0,58	<±0,01	0,59	<±0,1
Haziran	0,25	<±0,01	0,54	<±0,01	0,25	<±0,01	0,37	<±0,1
Temmuz	0,44	<±0,01	1,16	<±0,01	0,18	<±0,01	0,56	<±0,1
Ağustos	0,40	<±0,01	1,16	<±0,01	0,14	<±0,01	0,49	<±0,1
Eylül	0,54	<±0,01	1,15	<±0,01	0,28	<±0,01	0,77	<±0,1
Ekim	0,59	<±0,01	1,22	<±0,01	0,32	<±0,01	0,86	<±0,1

**Şekil 3.** Karaağaç doğal su kaynağı için Kasım-Ekim döneminde ÇOK/ÇOA değerleri (DOC/DON values for Karaağaç natural water source in November-October period)

4.2. İçme suyu şebekelerinde azot türlerinin değişimi (Change of Nitrogen Species in Drinking Water Distribution Systems)

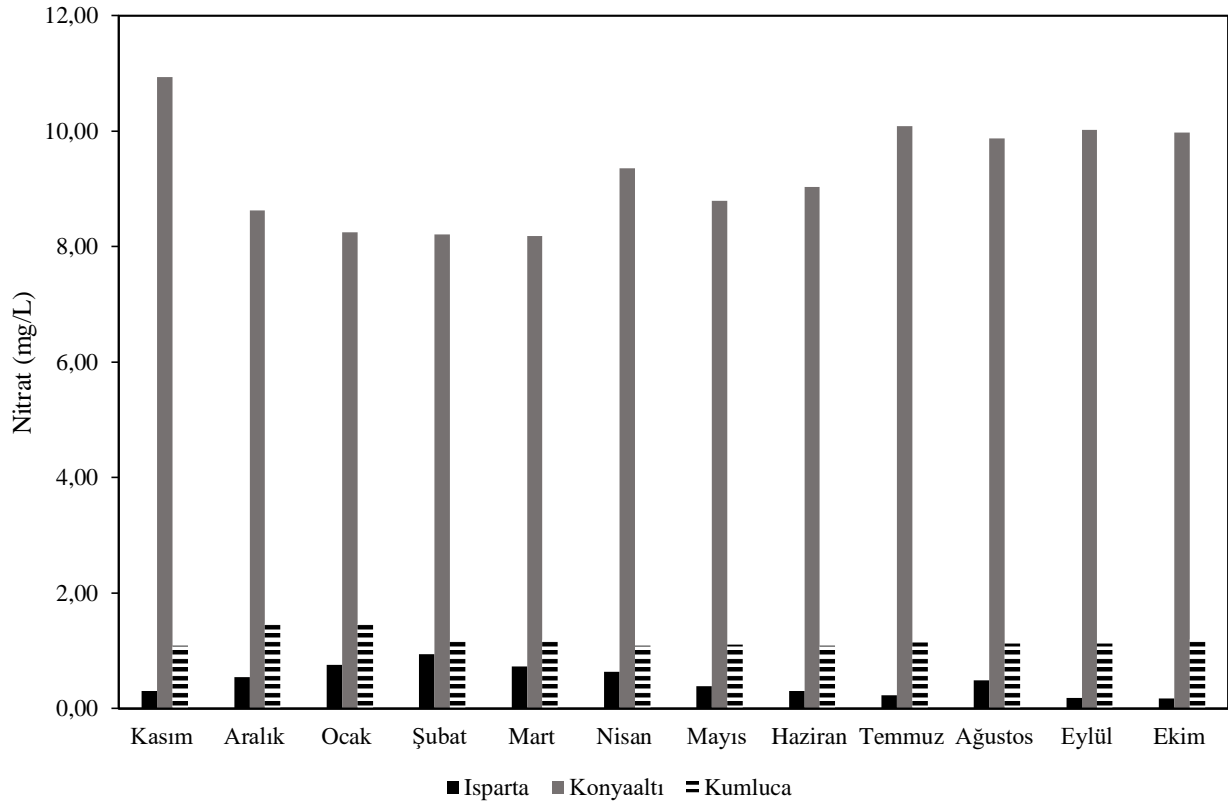
İçme suyu arıtma tesisi çıkışından son kullanıcıya kadar mikrobiyal kalitenin sağlanması amacıyla bakiye dezenfektanın olması gerekir. Şebekede bakiye dezenfektanın mevcudiyeti DYÜ oluşumunu devam etmesine olanak sağlayabilmektedir. Bu bağlamda şebekede farklı noktalarda su kalite parametrelerinin izlenmesi önemlidir. Her bir şebeke bölgesinde 12 ay boyunca ölçülen TA konsantrasyonları Şekil 4'te gösterilmektedir. Isparta şebekesi için mevsimsel değişim gözlenmiştir ancak bu şebekeye farklı oranlarda Eğirdir Gölü ve Darıderesi Barajı karıştırılarak su verildiği için mevsimsel değişiminin sebebini net olarak açıklamak zordur. Isparta içme suyu şebekesinde ölçülen en yüksek TA konsantrasyonu 0,48 mg/L, en düşük TA konsantrasyonu ise 0,17 mg/L'dir. Isparta içme suyu şebekesinin yıllık ortalama TA konsantrasyonu 0,33 mg/L'dir. Kumluca şebekesi için TA konsantrasyonlarının mevsimsel değişim olmasına rağmen net bir şekilde gözlenmemiştir. Kumluca içme suyu şebekesi TA konsantrasyonu Isparta içme suyu şebekesine oldukça benzerdir. En yüksek TA konsantrasyonu 0,46 mg/L, en düşük TA konsantrasyonu 0,24 mg/L, yıllık ortalama TA konsantrasyonu ise 0,34 mg/L'dir. Konyaaltı (Antalya) içme suyu şebekesinde en yüksek TA konsantrasyonu Kasım numune alma döneminde 2,98 mg/L olarak, en düşük TA konsantrasyonu Haziran döneminde 1,66 mg/L olarak ölçülmüştür. Tüm yıl boyunca ortalama TA konsantrasyonu ise 2,34 mg/L olarak hesaplanmıştır. Konyaaltı içme suyu şebekesinde TA konsantrasyonunun diğer içme suyu şebekelerinden yüksek olması su kaynağının yeraltı suyu olması ile açıklanabilir. Karadirek vd., (2012) tarafından Konyaaltı içme suyu şebekesi su kalitesi izleme çalışmalarında da en yüksek TA konsantrasyonu 5,60 mg/L, en düşük TA konsantrasyonu 0,28 mg/L, ortalama TA konsantrasyonu ise 1,09 mg/L olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4. İçme Suyu Şebekelerinde toplam azot değerleri (Total nitrogen values in drinking water distribution systems)

Isparta içme suyu şebekesinde ölçülen yıllık ortalama nitrat konsantrasyonu ise 0,47 mg/L olarak belirlenmiştir. Konyaaltı şebekesi için yıllık ortalama nitrat azotu konsantrasyonu ise 9,28 mg/L olarak tespit edilmiştir. Kumluca içme suyu şebekesinde ise en yüksek nitrat konsantrasyonu 2,33 mg/L, en düşük nitrat konsantrasyonu 1,05 mg/L, yıllık ortalama nitrat konsantrasyonu da 1,19 mg/L olarak ölçülmüştür. İçme suyu şebekeleri “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” kapsamında değerlendirilmektedir. Yönetmelik gereği nitrat azotu için müsaade edilen en yüksek değer 50 mg/L (İTASHY, 2005). Kitiş vd., (2010) Antalya bölgesinde yeraltı su kaynağında gerçekleştirdikleri çalışmada nitrat azotu konsantrasyonunun en yüksek değerini 17,8 mg/L, en düşük konsantrasyonunu 4,1 mg/L, yıllık ortalama nitrat azotu konsantrasyonunu ise 9,82 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Antalya Büyükşehir Belediyesi Su ve Atıksu İdaresi Genel Müdürlüğü (ASAT) tarafından gerçekleştirilen analizlerde ise en düşük nitrat azotu konsantrasyonu 9,57 mg/L, en yüksek nitrat azotu konsantrasyonu 12,14 mg/L, numune alma dönemi ortalama nitrat azotu konsantrasyonu ise 10,56 mg/L'dir (ASAT, 2015) ve çalışma kapsamında ölçülen değerler ile benzerlik göstermektedir. İçme suyu şebekelerinin nitrat azotu konsantrasyonları Şekil 5'te gösterilmektedir. Her üç şebekede de numune alma dönemi boyunca izlenen nitrat ve nitrit konsantrasyonları müsaade edilen değerlerin altındadır.

Isparta, Konyaaltı ve Kumluca içme suyu şebekeleri numune alma döneminde elde edilen yıllık ÇOA konsantrasyonları Tablo 5'te verilmiştir. Isparta, Konyaaltı ve Kumluca su şebekelerinde sırasıyla yıllık ortalama ÇOA değeri 0,23 mg/L, 0,30 mg/L ve 0,12 mg/L'dir. Konyaaltı (Antalya) içme suyu şebekesinde diğer iki şebekeye kıyasla çok daha yüksek konsantrasyonda TA ve nitrat azotu ölçüldüğü için her üç şebeke için ÇOA konsantrasyonları birbirlerine oldukça yakındır. Yapılan başka bir çalışmada, toplam 28 içme suyu arıtma tesisinde ortalama ÇOA konsantrasyonu ham su ve arıtılmış su için sırasıyla 0,19 ve 0,15 mg N/L olarak tespit edilmiştir (Westerhoff vd., 2006). ÇOA değerleri her üç su şebeke sisteminde de yıl boyunca belirgin bir değişim göstermemiştir. Değişim olmamasının sebebi şebeke boyunca organik azot bozunmasının çok az olması ile açıklanabilir. Ayrıca şebeke boyunca oluşan A-DYÜ türleri ölçülmeli ve ÇOK-DYÜ arasındaki ilişki tespit edilmelidir.

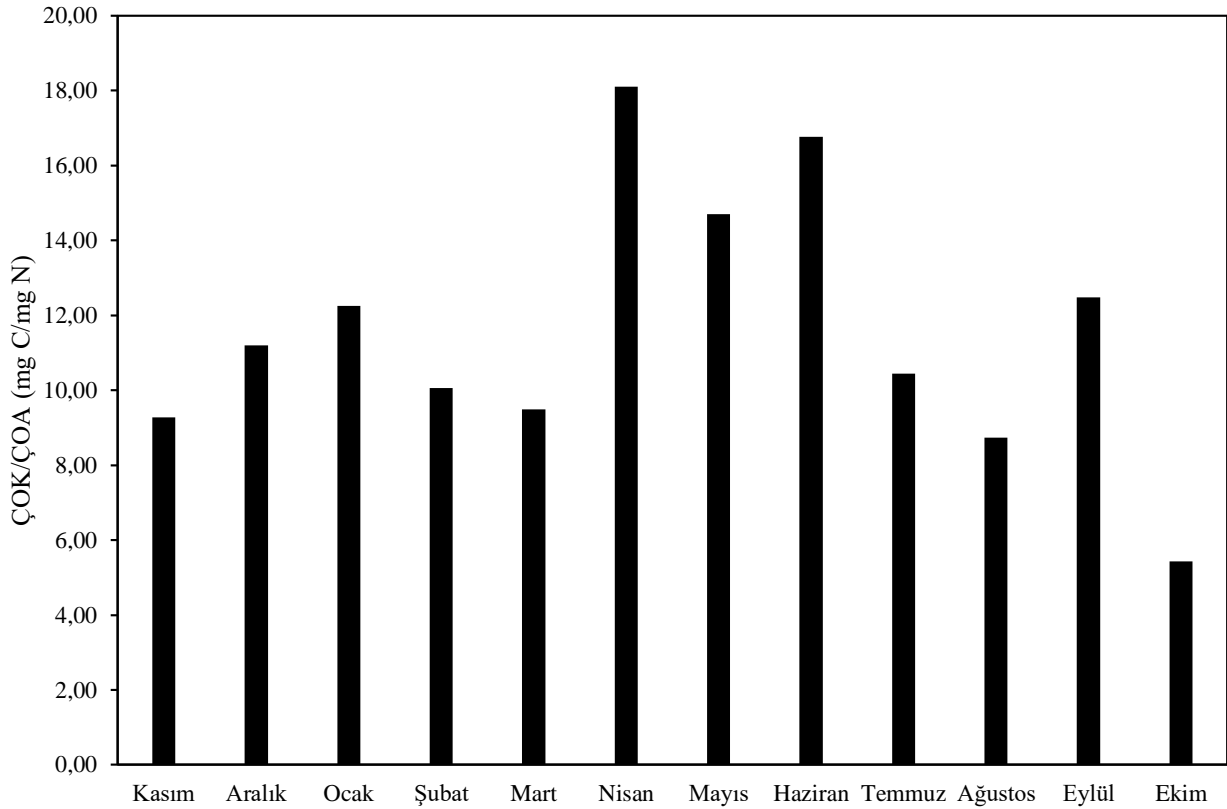


Şekil 5. İçme Suyu Şebekelerinde Nitrat azotu Değerleri (Nitrate values in drinking water distribution systems)

Tablo 5. İçme Suyu Şebekelerinde ÇOA değerleri (DON values in drinking water distribution systems)

	Isparta ÇOA (mg/L)	Standart Sapma	Konyaalti ÇOA (mg/L)	Standart Sapma	Kumluca ÇOA (mg/L)	Standart Sapma
Kasım	0,25	<±0,01	0,30	<±0,01	0,12	<±0,01
Aralık	0,17	<±0,01	0,32	<±0,01	0,14	<±0,01
Ocak	0,15	<±0,01	0,39	<±0,01	0,13	<±0,01
Şubat	0,22	<±0,01	0,32	<±0,01	0,11	<±0,01
Mart	0,14	<±0,01	0,26	<±0,01	0,12	<±0,01
Nisan	0,19	<±0,01	0,34	<±0,01	0,10	<±0,01
Mayıs	0,23	<±0,01	0,25	<±0,01	0,11	<±0,01
Haziran	0,15	<±0,01	0,29	<±0,01	0,10	<±0,01
Temmuz	0,22	<±0,01	0,21	<±0,01	0,09	<±0,01
Ağustos	0,25	<±0,01	0,20	<±0,01	0,11	<±0,01
Eylül	0,36	<±0,01	0,39	<±0,01	0,14	<±0,01
Ekim	0,37	<±0,01	0,30	<±0,01	0,11	<±0,01

Her bir şebeke için ÇOK/ÇOA oranları hesaplanmıştır ve Isparta şebekesi için elde edilen ÇOK/ÇOA oranları Şekil 6'da gösterilmektedir. ÇOK/ÇOA oranında en fazla mevsimsel değişim Isparta şebekesinde tespit edilmiştir. Diğer şebekelerde ÇOK/ÇOA oranları 5 mg C/mg N'un altındadır. Konyaalti ve Kumluca şebekelerinde ÇOK değerleri düşük olduğu için ÇOK/ÇOA oranı Isparta şebekesine göre düşüktür. ÇOK/ÇOA oranının düşük çıkması, A-DYÜ oluşum potansiyelinin daha yüksek olduğunu göstermektedir.



Şekil 6. Isparta şebekesinde Kasım-Ekim dönemi ÇOK/ÇOA değerleri (DOC/DON values for Isparta distribution system in November-October period)

5. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Bu çalışmada içme suyu arıtımında oluşan dezenfeksiyon yan ürünlerinin önemli öncül maddelerinden biri olan ÇOA'nın, su kaynaklarında ve şebekelerde bir yıl süre ile aylık izlemesi gerçekleştirilmiştir. Eğirdir Gölü ve Karaağaç su kaynağı için sırasıyla yıllık ortalama ÇOA değeri 0,34 ve 0,20 mg/L olarak hesaplanmıştır. ÇOA, Isparta içme suyu şebekesinde ortalama 0,23 mg/L, Konyaaltı (Antalya) şebekesinde ortalama 0,30 mg/L, Kumluca (Antalya) içme suyu şebekesinde ise ortalama 0,12 mg/L olarak bulunmaktadır. Karaağaç su kaynağı ÇOK/ÇOA değerleri 1-8,9 mg C/mg N arasında değişmektedir. Karaağaç doğal su kaynağı gibi düşük ÇOK/ÇOA oranlarına sahip sulara A-DYÜ oluşabileceği bilinmektedir. Bu sebeple sulara çok düşük miktarlarda bulunmasına rağmen ÇOA, içme suyu temininde ve arıtımında giderek daha çok önem kazanan bir parametredir. Tarımsal faaliyetler, evsel ve endüstriyel atıksu deşarjları, alg faaliyetlerinin artması gibi nedenlerle içme suyu kaynaklarındaki çözünmüş organik azot (ÇOA) konsantrasyonları artmaktadır. Özellikle atıksu arıtma tesisi çıkışlarında çözünmüş organik azot konsantrasyonları yüksektir. İçme suyu kaynaklarının atıksu deşarjları ve tarımsal kaynaklı azot kirliliklerinden korunması oldukça önem arz etmektedir (Davraz vd., 2016). Özellikle DYÜ standartlarının sıklaşması ve her bir DYÜ türü için standartların getirilmesinin gündemde olduğu bu günlerde, DYÜ oluşum mekanizmalarının anlaşılması oldukça önemlidir. DOM, bromür gibi organik ve inorganik DYÜ öncüllerinin yanı sıra içme suyu kaynaklarında ÇOA parametresinin, özellikle A-DYÜ oluşumu ve kontrolü açısından izlenmesi gerekmektedir. Bu çalışma ülkemizde farklı içme suyu kaynaklarında ve şebekelerde ÇOA parametresinin yıllık olarak izlendiği ilk çalışma olması açısından önem arz etmektedir. Ülkemizde ÇOA ile ilgili (1) analitik ölçüm, (2) miktarı, (3) yapısal bileşimi ve (4) arıtılabilirlik ile ilgili çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Teşekkür (Acknowledgement)

Bu çalışma 4722-D2-16 No'lu Proje ile Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı tarafından desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar (References)

- Al-Omari, A., Muhammetoğlu, A., Karadirek, E., Jiries, A., Batarseh, M., Topkaya, B., Soyupak, S., 2014. A Review on Formation and Decay Kinetics of Trihalomethanes in Water of Different Qualities. *Clean-Soil, Air, Water*, 42(12), 1687–1700.
- APHA, 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edition, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation, Washington DC.
- ASAT, 2015. Antalya Büyükşehir Belediyesi, Su ve Atıksu İdaresi Genel Müdürlüğü, Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı, Su Kalite Kontrol Laboratuvarı, Laboratuvar Şube Müdürlüğü (Web Sitesi: https://www.asat.gov.tr/tr/su_kalite.html).
- Bazri, M. M., Martijn, B., Kroesbergen, J., Mohseni, M., 2016. Impact of anionic ion exchange resins on NOM fractions: Effect on N-DBPs and C-DBPs precursors. *Chemosphere*, 144, 1988–1995.
- Bond, T., Templeton, M. R., Graham, N., 2012. Precursors of nitrogenous disinfection by-products in drinking water—A critical review and analysis. *Journal of Hazardous Materials* 235–236 1–16.
- Bond, T., Kamal, N. H. M., Bonniseau, T., Templeton, M. R., 2014. Disinfection by-product formation from the chlorination and chloramination of amines. *Journal of Hazardous Materials*, 278, 288–296.
- Bulut, C., Kubilay, A., 2019. Eğirdir Gölü (Isparta/Türkiye) su kalitesinin mevsimsel değişimi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 36(1), 13-23. DOI: 10.12714/egejfas.2019.36.1.02
- Chang, H., Chen, C., Wang, G., 2013. Characteristics of C-, N-DBPs formation from nitrogen enriched dissolved organic matter in raw water and treated wastewater effluent. *Water Research* 47, 2729-2741.
- Chhipi-Shrestha, G., Rodriguez, M., Sadiq, R., 2018. Unregulated disinfection by products in drinking water in Quebec: A meta-analysis. *Journal of Environmental Management* 223, 984–1000.
- Chu, W., Gao, N., Yin, D., Krasner, S. W., 2013. Formation and speciation of nine haloacetamides, an emerging class of nitrogenous DBPs, during chlorination or chloramination. *Journal of Hazardous Materials* 260, 806–812.
- Davraz, A., Şener, Ş., Şener, E., 2016. Su Kaynaklarının Kullanma ve Koruma Metodolojisinin Geliştirilmesi: Eğirdir Gölü Havzası Örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 4(3), 227-238.
- Ding, S., Chu, W., 2017. Recent advances in the analysis of nitrogenous disinfection by-products. *Trends in Environmental Analytical Chemistry* 14, 19–27.
- Du, Y., Zhang, X., Li, C., Wu, Q. Y., Huang, H., Hu, H. Y., 2017. Transformation of DON in reclaimed water under solar light irradiation leads to decreased haloacetamide formation potential during chloramination. *Journal of Hazardous Materials* 340, 319–325.
- Fan, Z., Gong, S., Xu, X., Zhang, X., Zhang, Y., Yu, X., 2014. Characterization, DBPs formation, and mutagenicity of different organic matter fractions in two source waters. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 217, 300–306.
- Gan, X., Karanfil, T., Kaplan Bekaroglu, S. S., Shan J., 2013. The control of N-DBP and C-DBP precursors with MIEX®. *Water Research* 47, 1344-1352.
- Güneş, K., Dönertaş, S.A., Metin, E., Şenduran, C., Dikerler, T., Arlı, Ö., Olgun, A., Aktaş, Ö., Aydoğan, C., Özdemir, Ö., Ayaz, S., Tüfekçi, H., Tüfekçi, V., Atabay, H., Mantıkçı, A.M., İnal, Ö., Kara, E., Konya, Y., Sapmaz, K., Çelik, S., Enginsoy, G., Yakupoğlu, G., Çelemen, M., 2011. İçme ve kullanma suyu kaynağı olarak kullanılan Eğirdir gölü havza koruma planı ve özel hüküm belirlenmesi projesi. Proje Sonuç Raporu. Proje no:5098116. TÜBİTAK-MAM, Gebze, Kocaeli, 400 s.
- Hong, H., Xiong, Y., Ruan, M., Liao, F., Lin, H., Liang, Y., 2013. Factors affecting THMs, HAAs and HNMs formation of Jin Lan Reservoir water exposed to chlorine and monochloramine. *Science of the Total Environment* 444 196–204.
- Hu, H., Jiang, C., Ma, H., Ding, L., Geng, J., Xu, K., Huang, H., Ren, H., 2017. Removal characteristics of DON in pharmaceutical wastewater and its influence on the N-nitrosodimethylamine formation potential and acute toxicity of DOM. *Water Research* 109, 114-121.
- Hu, J., Chu, W., Sui, M., Xu, B., Gao, N., Ding, S., 2018. Comparison of drinking water treatment processes combinations for the minimization of subsequent disinfection by-products formation during chlorination and chloramination. *Chemical Engineering Journal* 335, 352–361.
- Hua, G., Reckhow, D. A., Abusallout, I., 2015. Correlation between SUVA and DBP formation during chlorination and chloramination of NOM fractions from different sources. *Chemosphere*, 130, 82–89.
- İTASHY, 2005. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. Resmî Gazete Tarihi: 17.02.2005 Resmî Gazete Sayısı: 25730
- Karadirek, İ. E., Kara, S., Yılmaz, G., Altındal, T., Muhammetoğlu, H., Muhammetoğlu, A., Kitiş, M., Soyupak, S., Yiğit, N. Ö., Harman, B. İ., Palancı, İ., Özden, T., Cengiz, K., 2012. Antalya Konyaaltı Bölgesi İçme Suyu Kalitesinin İzlenmesi ve Yönetimi. *Çevre Bilim & Teknoloji Teknik Dergi*.
- Kaplan Bekaroglu, Ş. Ş., 2013. Çevre Mühendisliği ve Bilimi için Kimya, Bölüm 25: Azot (Chemistry for Environmental Engineering and Science, Chapter 25: Nitrogen, Çeviri), Nobel Akademik Yayıncılık, Ed: İsmail Toröz, Nisan 2013.
- Kitiş, M., Yiğit, N. Ö., Harman, B. İ., Muhammetoğlu, H., Muhammetoğlu, A., Karadirek, İ. E., Demirel, İ., Özdenç, T., Palancı, İ., 2010. Occurrence of Trihalomethanes in Chlorinated Groundwaters with Very Low Natural Organic Matter and Bromide Concentrations. *Environmental Forensics*, 11:264–274.
- Krasner, S. W., Mitch, W. A., McCurry, D. A., Hanigan, D., Westerhoff, P., 2013. Formation, precursors, control, and occurrence of nitrosamines in drinking water: A review. *Water Research* 47, 4433-4450.
- Kristiana, I., Liew, D., Henderson, R. K., Joll, C. A., Linge, K. L., 2017. Formation and control of nitrogenous DBPs from Western Australian source waters: Investigating the impacts of high nitrogen and bromide concentrations. *Journal of Environmental Sciences*, 58, 102-115.
- Kumari, M., Gupta S.K., 2015. Modeling of trihalomethanes (THMs) in drinking water supplies: a case study of eastern part of India. *Environ Sci Pollut Res* 22:12615–12623.
- Lee, W., Westerhoff, P., Croue J.P., 2007. Dissolved organic nitrogen as a precursor for chloroform, dichloroacetonitrile, N-nitrosodimethylamine, and trichloronitromethane. *Environ. Sci. Technol.*, 41 (15) (2007), pp. 5485-5490.
- Lin, J., Chen, X., Zhu, A., Hong, H., Liang, Y., Sun, H., Lin, H., Chen, J., 2018. Regression models evaluating THMs, HAAs and HANs formation upon chloramination of source water collected from Yangtze River Delta Region, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 160, 249–256.

- Lu, C., Li, S., Gong, S., Yuan, S., Yu, X., 2015. Mixing regime as a key factor to determine DON formation in drinking water biological treatment. *Chemosphere* 139, 638–643.
- Mishra, B. K., Priya, T., Gupta, S. K., Sinha, A., 2016. Modeling and Characterization of Natural Organic Matter and Its Relationship with The THMs Formation. *Global NEST Journal*, Vol 18, No 4, pp 803-816.
- Özgür, C., 2019. Farklı Su Kaynaklarında ve Şebekelerde Karbonlu ve Azotlu Dezenfeksiyon Yan Ürünlerinin Oluşumu. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Rook, J. J., 1974. Formation of haloforms during chlorination of natural water, *Water Treat. Exam.* 23 234–243.
- Şener, E., Varol, S., Şener, Ş., Davraz, A., 2019. Assessment of The Stream Network Pollution in The Eğirdir Lake Basin (Turkey) Using Water Quality Index and Multivariate Analysis. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 7(2), 352 – 368.
- Tan, Y., Lin, T., Jiang, F., Dong, J., Chen, W., Zhou, D., 2017. The shadow of dichloroacetonitrile (DCAN), a typical nitrogenous disinfection by-product (N-DBP), in the water works and its backwash water reuse. *Chemosphere* 181, 569-578.
- USEPA, 1993. "Method 350.1: Nitrogen, Ammonia (Colorimetric, Automated Phenate)," Revision 2.0. Cincinnati, OH
- Uzun, H., Kim, D., Karanfil, T., 2015. Seasonal and temporal patterns of NDMA formation potentials in surface waters. *Water Research* 69, 162-172.
- Westerhoff, P., Mash, H., 2002. Dissolved organic nitrogen in drinking water supplies: a review. *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*.
- Xue, C., Wang, Q., Chu, W., Templeton, M. R., 2014. The impact of changes in source water quality on trihalomethane and haloacetonitrile formation in chlorinated drinking water. *Chemosphere*, 117, 251–255.
- YSKY, 2012. Yerüstü Su Kalite Yönetmeliği. Resmî Gazete Tarihi: 30.11.2012 Resmî Gazete Sayısı: 28483