ISSN 1300 - 5200

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ DERGİSİ

Cilt : 16 Sayı : 1 Yıl : 2001

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ DERGİSİ

Journal of the Engineering and Architecture Faculty of Selcuk University

ISSN 1300 - 5200

Cilt	16	Temmuz	2001	Sayı	1
Volume	16	July	2001	Number	1

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

KONYA İÇME SUYUNDA TRİHALOMETANLAR

Trihalomethanes in Konya Drinking Water

..... Mehmet Emin AYDIN ve Nuray ATEŞ 1

FİLTRE ÜNİTELERİNDE ÖZGÜL BİRİKİNTİ İLE YÜK KAYIPLARI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

Investigation of Relationship Between Specific Deposit and Headloss in Filter Units

.....Halil HASAR, Ubeyde İPEK, Nusret ŞEKERDAĞ ve Berrin ÇINARCI 7

IMPROVED FORMULA FOR THE GAIN OF PYRAMIDAL AND SECTORAL HORNS AND OPEN-ENDED RECTANGULAR WAVEGUIDES

Piramid ve Sektörel Yapıdaki Huniler ile Açık-Uç Dikdörtgen Dalga Kılavuzlarının Kazancı İçin Geliştirilen Formül

.....Kerim GÜNEY 14

KONYA'DA DOĞU-BATI YÖNÜNDEKİ JEOİT YÜKSEKLİĞİ DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ

Determination of Changes of Geoid Ondulation on East-West Direction at Konya

.....Cevat İNAL ve Bayram TURGUT 20

S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg., c.16, s.1, 2001
J.Fac.Eng.Arch. Selcuk Univ., v.16, n.1, 2001

KONYA İÇME SUYUNDA TRİHALOMETANLAR

Mehmet Emin AYDIN ve Nuray ATEŞ
Selçuk Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye.

Özet: Su yeryüzünde, yeraltında ve atmosferde dolaşımı sırasında bünyesine pek çok maddeyi çözerek almaktadır. Hem estetik hem de sağlık açısından zararlı olan bu maddelerin başında organik madde, renk, bulanıklık, koku ve tat veren unsurlar ile nitrat ve mikrobik canlılar gelir. Bilindiği gibi yüzeysel sularda bulunan doğal organik maddeler, dezenfeksiyonda kullanılan klor ile reaksiyona girmekte ve trihalometanlar (THM) gibi toksik klorlu yan ürünler oluşmaktadır.

Bu çalışmada, Konya İçme Suyu Arıtma Tesisi'nde THM oluşumu gözlenmiştir. Tesiste ve şebekede yapılan ölçümler sonunda elde edilen değerlerin, Birleşik Amerika Çevre Koruma Örgütü (USEPA) tarafından belirlenen ve maksimum değer olan 80 μg/l'yi aşmadığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Trihalometanlar, THM, Dezenfeksiyon, Klorlama, Su Tasfiyesi.

Trihalomethanes in Konya Drinking Water

Abstract : During its cycle, water takes up impurities by suspending or dissolving various matters. Some of these matters, including colour, turbidity, organic and humic substances, nitrates and microorganisms, might deteriorate water quality esthetically or hygienically. It is known that trihalomethanes (THM) are toxic and carcinogenic to human being.

In this study the formation of THM were investigated in Konya drinking water treatment plant and water distribution network. As a result of this investigation, it was observed that the THMs formed in the treatment plant and in the distribution network were below the maximum concentration suggested by United States Environmental Protection Agency (USEPA).

Key Words: Trihalomethanes, THM, Disinfection, Chlorination, Water treatment.

GİRİŞ

Sedimentlerden suya karışım, suda ve toprakta bitki ve hayvan artıklarının çürümesi veya topraktaki humuslar gibi oluşmuş organik maddeler su bünyesine geçmektedir. Organik maddelerin suya karışması böyle doğal faaliyetler sonucu olabildiği gibi, insan faaliyetleri sonucu çevreye verilmiş çeşitli evsel veya endüstriyel atıklardan da kaynaklanabilmektedir. Bunlardan başka polisakkaritler, mikroorganizmalar ve hücre içi faaliyet ürünleri suya karışan organik maddeler arasında sayılabilmektedir. Organik makromoleküller ve yağ emülsiyonları ile kaplanmış mineral ve organik partiküller, toplam organik karbonun (TOC) çok az bir kısmını teşkil etseler de ötrofik kaynak olması sebebiyle bu maddeler de partikül haldeki organikler olarak kabul edilmektedir (Rebhun ve ark., 1998; Edzwald ve ark., 1985). Herhangi bir yüzey suyundan temin edilen içme ve kullanma sularının sağlığı tehdit eden unsurlardan arıtılması gerekmektedir. Klasik arıtma yöntemi, havalandırma, koagülasyon-flokülasyon, çökeltme, filtrasyon ve dezenfeksiyon işlemlerinden oluşur. Ancak, arıtma işlemleri sırasında, suyun içindeki istenmeyen unsurlar bertaraf edilirken bazen insan sağlığı için tehdit unsuru olan yan ürünler ortaya çıkabilmektedir. Bunlara bir örnek, suda bulunan organik maddelerin dezenfeksiyon sırasında dezenfektan ile reaksiyona girerek halojenli organik bileşikleri oluşturmasıdır. Bunların içinde en önemli yere trihalometanlar (THM) sahiptirler. Pek çok araştırma, THM'ların kanserojen ve mutajen olduğunu göstermiştir (Montgomery, 1985). THM'lar genel olarak suda bulunan humik ve fulvik asitlerin serbest klorla reaksiyonu sonucu oluşmaktadır. Klorun humik maddelerle

reaksiyonu aşağıdaki denklem ile ifade edilmektedir (Montgomery, 1985).

$$\text{Humik maddeler} + Br^- + NH_3 + Cl_2 \longrightarrow CO_2 + \text{THM'lar} + N_2 + Cl^-$$

THM'ların oluşumu dezenfeksiyonda kullanılan dezenfektanın çeşidi, miktarı, suda bulunan organik asitlerin kompozisyonu ve miktarı, ortam sıcaklığı, mineral tuzların miktarı, brom iyonu konsantrasyonu, mevsim durumu, dezenfeksiyon süresi ve reaksiyon ortamı gibi unsurlara bağlıdır (Rebhun ve ark., 1998; Symons ve ark., 1993; Najm ve ark., 1994). Birleşik Amerika Çevre Koruma Örgütü (USEPA) tarafından listelenen ve kanser sınıflandırması yapılan organik kirleticiler içinde THM'lardan kloroform, bromodiklorometan ve bromoform B2 grubuna dahil edilerek muhtemel kanserojen madde, dibromoklorometan ise C grubuna dahil edilerek kansere sebep olma ihtimali olan madde olarak sınıflandırılmıştır. Kloroform, bromdiklorometan, bromoform ve dibromoklorometanın toplamına toplam trihalometan (TTHM) denilmektedir (Pontiüs, 1990). 1979'da USEPA tarafından kabul edilen bir talimatnameye göre 100 µg/l olarak kabul edilen maksimum toplam trihalometan konsantrasyon seviyesi (MTTHML), 1998 yılında yayınlanan bir talimata göre 80 µg/l olarak düzenlenmiş ve gelecekte bu değerin 40 µg/l'ye indirileceği belirtilmiştir (Galapate ve ark., 1997). Japon Sağlık Bakanlığı'nın Mart 1981'de kabul ettiği değer MTTHML 100 µg/l iken bu değer Kanada'da 350 µg/l, Almanya'da ise 25 µg/l'dir (Galapate ve ark., 1997).

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, Konya İçmesuyu Arıtma Tesisi'nin değişik noktalarında ve şebekeden numune alınarak bulanıklık, pH, TOC ve THM parametreleri ölçülmüştür. Kullanılan cam malzemeler önce H_2SO_4 çözeltisi ile, daha sonra aktif karbondan geçirilmiş saf su ile yıkandıktan sonra bir saat boyunca 105°C'de kurutulmuştur. Ekstraksiyon 2 ml hekzan eklenerek birkaç dakika çalkalanmak suretiyle yapılmış, sonra organik faz ayrılarak gaz kromatograf (GC) ile analiz yapılmıştır. Analizlerde HP-624 kapiler kolon (30 m, 0.25 mm ID, 1.4 µm) monte edilmiş Hewlett Packard HP-5890 seri II marka GC kullanılmıştır. GC'nin enjektörü 300°C sıcaklığa ayarlanmış ve spitless modda çalışılmıştır. THM analizi için en uygun dedektör olan "electron capture detector" (ECD) kullanılmış ve dedektör sıcaklığı 300°C'ye ayarlanmıştır. GC sıcaklık programı 40 °C/4 dakika, 10 °C/dakika, 140 °C, taşıyıcı gaz olarak N_2 kullanılmış, akış hızı 2 ml/dakika olarak ayarlanmıştır. Make-up gaz olarak 55 ml/dak N_2 kullanılmıştır. THM analizlerinde kullanılan kimyasallar analitik saflıkta olup kimyasal kör numune analizi yapılmıştır.

Arıtma tesisine gelen ham suda, tesisin değişik noktalarından alınan numunelerde, temiz suda ve arıtma tesisinin beslediği şebekenin farklı noktalarından alınan su numunelerinde THM miktarı ve bu parametreyi doğrudan etkileyen parametrelerin THM'la aralarındaki ilişki incelenmiştir.

Ayrıca tesiste ve şebekede yapılan ölçümler sonunda THM seviyelerinin çok düşük olduğu gözlenmiştir. Tesiste gerekli olabilecek yüksek dozlu klorun THM oluşumuna etkisini görmek üzere tesisin değişik noktalarından alınan numunelere laboratuvarda klor (hipoklorit) eklenerek THM ölçümü yapılmıştır.

Su kaynaklarının yönetiminde ve THM öncüllerinin giderilmesi için strateji belirlenmesinde THM değerlerinin belirlenmesi için iki test yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan birincisi; yüksek klor dozunda THM oluşma potansiyelinin belirlenmesi, ikincisi ise; düşük klor dozunda ya da şebekedeki şartların laboratuvar koşullarında uygulanması ile THM oluşum potansiyelinin (Simulated Distribution System-THM Formation, SDS-THMF) belirlenmesi metodudur. Bu iki metot arasındaki temel fark bekleme süresi ve klor dozudur. Klor dozu 1-20 mg/l, temas süresi ise 24 saat ya da 48 saattir, ama yaygın olarak 72-168 saat arasında belirlenir (Najm ve ark., 1994). Tesisin değişik noktalarından alınan numunelere 2, 4, 5 ve 10 mg/l klor dozlanmış ve bu numuneler karanlıkta ve 25°C'de 3 ve 7 gün bekletildikten sonra numunelerde THM ölçümü yapılmıştır. Ayrıca arıtma tesisinin girişinden alınan ham suya 5 mg/l klor dozlanarak farklı sıcaklıklarda 7 gün bekletilerek THM ölçümü yapılmıştır.

Numuneler, THM ve diğer analizleri yapabilmek için iki seri halinde, hava kabarcığı kalmayacak şekilde cam şişelere alınmış ve analiz için en kısa sürede laboratuvara getirilmiştir. THM analizi yapılacak numunelere analizden önce 2 ml/(100ml) sodyum tiyosülfat eklenmiş ve +4°C'de bekletilmiştir.

Numunelerin bulanıklık ölçümü Jenway 6035 Turbidimetre ile, pH ölçümü Jenway 3010 pH-metre ile, TOC ölçümü Dr.Lange'nin CADAS 200 Spektrofotometresiyle yapılmıştır. Suda THM ölçümü ve bakiye klor ölçümü standart metotlarda (APHA, AWWA, WPCF, 1989) tarif edildiği gibi yapılmıştır.

SONUÇLAR

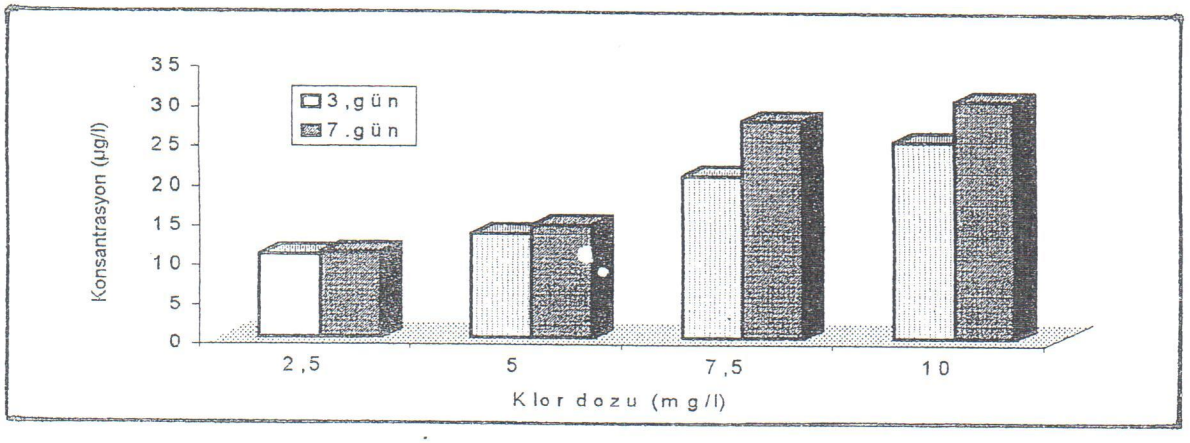
Bu çalışmada incelenen Konya şehrinin evsel ve endüstriyel su ihtiyacını sağlayan Altınapa Barajının su kalitesi TS 266'da istenen şartları bulanıklılık dışında sağlamaktadır. Bulanıklığı ve mikrobiyal kirliliği arıtmak için yapılan içme suyu arıtma tesisi ön klorlama, durultucu, filtrasyon ve son klorlama ünitelerinden oluşmaktadır.

Şekil 1'den de görüldüğü gibi ham suda ve tesis içinde sudaki TTHM değerleri USEPA tarafından verilen maksimum değerleri aşmamaktadır. TTHM değerlerinin düşük seviyede bulunmasının sebebi sudaki organik maddelerin konsantrasyonunun düşük olmasıyla ilgilidir. Ham su klorlandıktan sonra, TTHM seviyesinde ham suyun yaklaşık iki katı artış görülmüş, ancak durultucudan çıkan suda TTHM seviyesi başlangıçtaki değere yakın bir değer almıştır. Bu azalma durultucu sırasında renk ve bulanıklıktan kaynaklanan organik maddelerin ve oluşan klorlu bileşiklerin bu partiküller üzerinde adsorplanarak bir kısmının giderilmiş olabileceğindendir. Suda hala iyonik halde organik maddenin bulunmasına ve sürecin devam etmesine bağlı olarak filtre çıkışında ve temiz suda da TTHM seviyesinde bir miktar artma görülmüştür.

Şehrin içme suyu ihtiyacının bir kısmı Altınapa baraj gölünün suları arıtılarak bir kısmı da yer altı sularından karşılanmaktadır. Şehrin bazı bölgelerine bu iki hat birlikte su vermektedir. Arıtma tesisinden çıktıktan sonra sudaki THM değişimini gözlemek amacıyla şebekeden belli aralıklarla bütün şebekeyi temsil edecek noktalardan numuneler alınmıştır. Şebekeden numune alınan 11 nokta arıtma tesisi çıkışından uzaklıklarına bağlı olarak 1'den 11'e kadar numaralanmıştır. Numune alınmadan 3 gün önce yeraltından beslenen hat kesilmiş, şebeke sadece arıtma tesisinden beslenir hale gelmiştir.

Şebekeden alınan numunelerde ölçülen TTHM konsantrasyonu 0.90 µg/l ile 28.6 µg/l arasında değişirken (Şekil 2) ortalama TTHM konsantrasyon değeri 17.2 µg/l olarak bulunmuştur. Bulunan TTHM konsantrasyonu değerleri USEPA tarafından verilen maksimum konsantrasyon değerlerinden daha küçüktür. Şekil 2'den de görüleceği gibi şebekede arıtma tesisinden uzaklaşıldıkça TTHM konsantrasyonunda bir miktar artış görülmektedir.

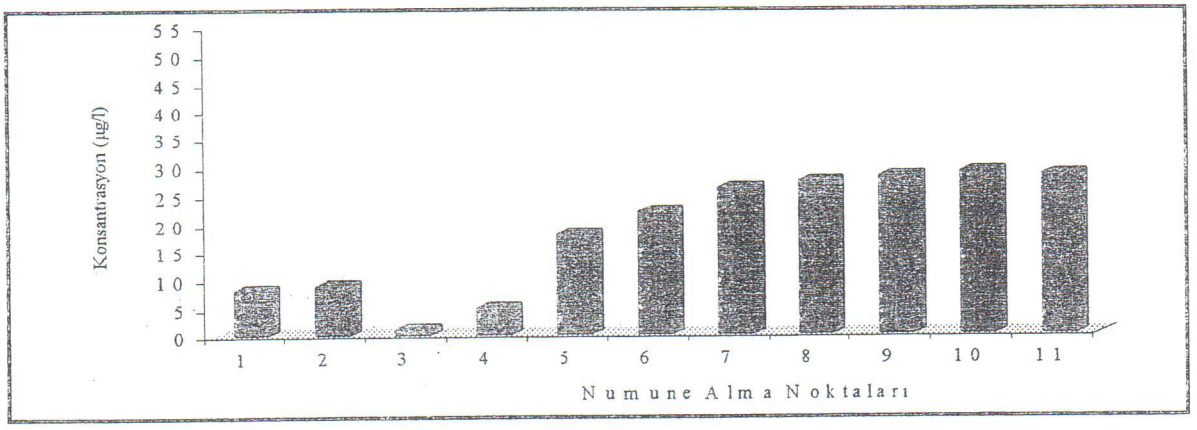
TTHM oluşumu ham suda bulunan organik madde konsantrasyonuna, suya verilen serbest klor konsantrasyonuna ve reaksiyon süresine bağlıdır. Şebeke ve tesisten alınan numunelerde TTHM konsantrasyonunun düşük bulunması tesiste dozlanan klor miktarının TTHM oluşumu için yetersiz veya klor dozlandıktan sonra geçen temas süresinin kısa olması sebebiyle olabileceği düşünülmüş ve bu sebeple klor dozunun ve temas süresinin etkisini incelemek amacıyla alınan numunelere 2.5, 5, 7.5 ve 10 mg/l olmak üzere değişen miktarlarda klor dozlanmış 3 ve 7 gün temas süresi sonunda oluşan TTHM konsantrasyonları ölçülmüştür.



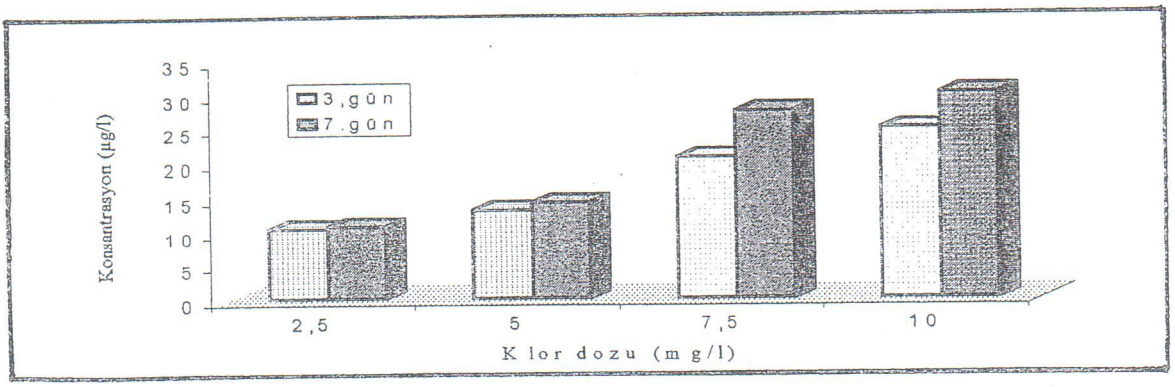
Şekil 1. Arıtma tesisinin değişik kademelerinde TTHM değerleri.
Figure 1.TTHM values at different stages of treatment plant.

Klor dozuyla TTHM konsantrasyonunda lineer bir artış gözlenmiştir. 3 gün bekletilen numunelerde korelasyon katsayısı 0.98 ve 7 gün bekletilen numunelerde korelasyon katsayısı 0.96 olarak bulunmuştur. Klor dozuna karşılık oluşan TTHM konsantrasyonları Şekil 3'de verilmiştir.

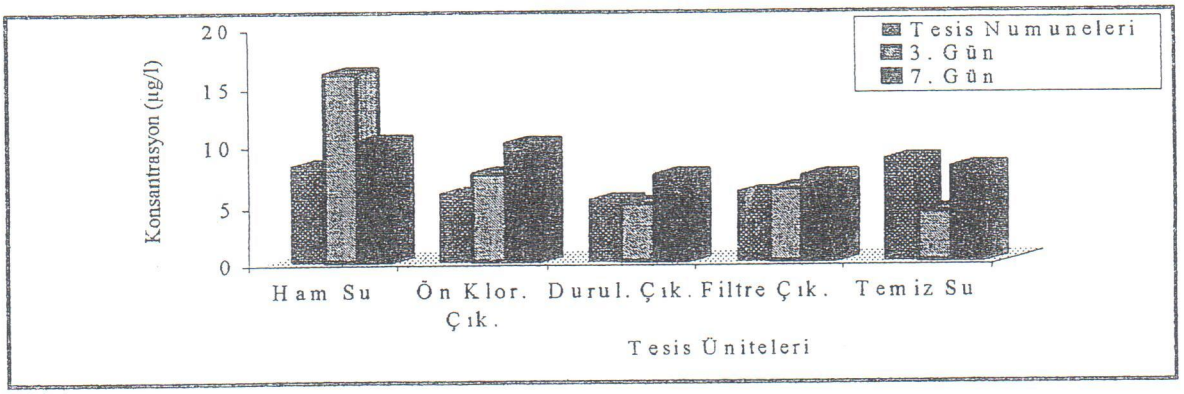
İçme suyu arıtma tesisinin çeşitli ünitelerinden alınan su numunelerinde TTHM'lar belirlenmiş ve aynı numunelere 4 mg/l ve 10 mg/l konsantrasyonlarında olmak üzere 2 seri klor eklenerek 3. ve 7. gün oluşan TTHM konsantrasyonları belirlenmiştir (Şekil 4 ve 5).



Şekil 2. Şebekede ölçülen TTHM konsantrasyonları.
Figure 2. TTHM values at different points of distribution network.



Şekil 3.Klor dozunun ve temas süresinin TTHM oluşumuna etkisi.
Figure 3. The effect of chlorine dose and contact time on the formation of TTHM.



Şekil 4. 4 mg/l klor dozlanan numunelerde TTHM konsantrasyonu.
Figure 4. TTHM concentrations in samples dosed with 4 mg/l chlorine.

Şekil 4 ve 5'den görüleceği gibi her iki seride de eklenen ilave klor TTHM konsantrasyonunda genel olarak artışa sebep olmuş ancak 10 mg/l klor ilave edilen seride TTHM konsantrasyonundaki artış daha büyük olmuştur. Ayrıca 7. gün temas süresi sonunda ölçülen TTHM konsantrasyonu genel olarak 3. gün temas süresi sonunda ölçülenden daha büyüktür.

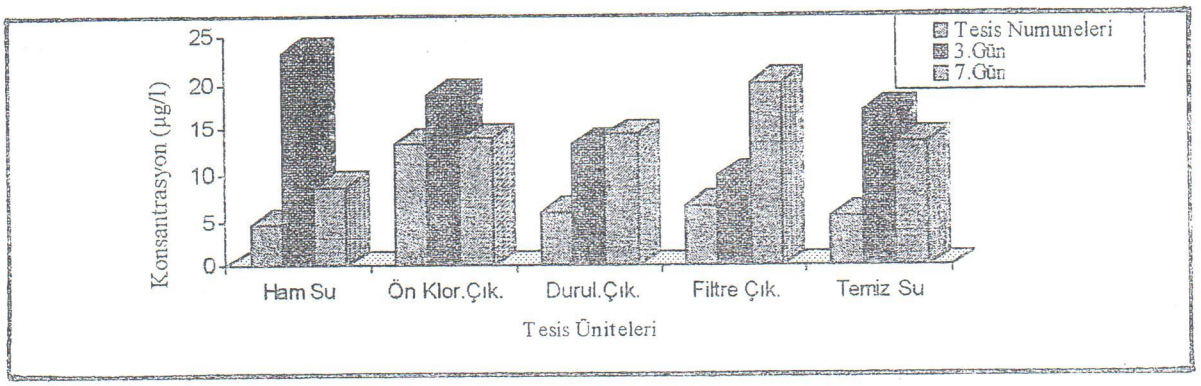
TTHM oluşumuna sıcaklığın etkisi olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada TTHM oluşumuna sıcaklığın etkisini gözleyebilmek için arıtma tesisi girişinden alınan su numunesine 5 mg/l klor ilave edilerek 4°C, 10°C, 20°C ve 35°C sıcaklıklarda 7 gün bekletilmiş ve oluşan TTHM konsantrasyonları ölçülmüştür (Şekil 6). Şekil 6'dan da görüleceği üzere sıcaklık artışı TTHM konsantrasyonunda da bir artışa sebep olmuştur. Bu artış 4°C ile 10°C, arasında ve 20°C ile 35°C arasında daha az oluşurken 10°C'den 20C°'ye geçişte daha fazla olmuştur.

DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

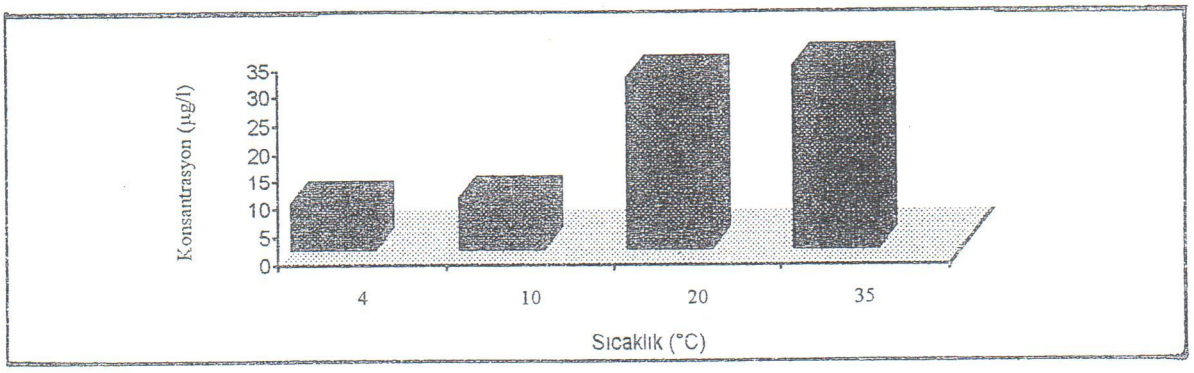
Bu çalışmada, Konya'nın içme suyu ihtiyacının yaklaşık % 60'ını karşılayan İçme Suyu Arıtma Tesisi'nde dezenfeksiyondan kaynaklanan trihalometan oluşumu incelenmiştir.

Arıtma tesisinde ortalama TTHM değeri ham suda 7.7 µg/l, ön klorlama çıkışında 13.4 µg/l, durultucu çıkışında 5.0 µg/l, filtre çıkışında 5.7 µg/l ve temiz suda 6.4 µg/l olarak bulunmuştur.

Arıtma tesisinin beslediği içme suyu dağıtım şebekesinin değişik noktalarından alınan numunelerde ölçülen TTHM konsantrasyonu 0.9-28.6 µg/l arasında değişmiş, ortalama konsantrasyon 17.2 µg/l olarak tespit edilmiştir.



Şekil 5. 10 mg/l klor dozlanan numunelerde TTHM konsantrasyonları.
Figure 5. TTHM concentrations in samples dosed with 10 mg/l chlorine.



Şekil 6. Sıcaklığın TTHM oluşumuna etkisi.
Figure 6. The effect of temperature on the formation of TTHM.

Klor dozunun ve temas süresinin artırılmasıyla oluşan TTHM konsantrasyonunda genel olarak artış gözlenmiştir.

Sıcaklığın artırılmasıyla TTHM oluşumu artarken bu artış sıcaklık 10°C'den 20°C'ye çıktığı zaman daha etkili olmuştur.

Arıtma tesisinden ve şebekeden alınan numunelerde bulunan TTHM konsantrasyonu USEPA tarafından verilen maksimum değerin oldukça altında bulunurken daha sıkı düzenlenmiş Alman standartlarında verilen maksimum değeri (25 $\mu g/l$) de sağlamaktadır. Ancak tesiste ve şebekede THM ölçümlerinin belirli aralıklarla tekrarlanarak takibi yapılmalı ve ülkemiz için uyulması gereken standartlar zaman geçirilmeden oluşturulmalıdır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı destekleyen Selçuk Üniversitesi Araştırma Fonu (SÜAF)'na teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Edzwald, J.K., Becker, W.C., and Wattier, K. L. (1985) "Surrogate Parameters for Monitoring Organic Matter and THM Precursors", J. Am. Water Works Ass. 77, 4, 122 -132.

Galapate, R.P., Kitanka, A., Ito, K., Mukai, T., Shoto, E, Okada, M. (1997) "Origin of Trihalomethane (THM) Precursors in Kurose River Hiroshima, Japan", Water Sci. Technol., 35, 8, 15 -27.

Najm, I.N., Patania, N.L., Jacangela, J.G, and Krasner, S. W. (1994) "Evaluating Surrogates for Disingection by Products", J. Am. Water Works Ass., 86, 6, 98 -106.

Pontius, F.W. (1990), "Water Quality and Treatment", A Handbook of Community Water Supplies, American Water Works Assocation, Mc Graw -Hill Inc., Fourth Edition, 1173.

Rebhun, M., Manka, J., Zilberman, A. (1998) "Trihalomethane Formation in High Bromide Lake Galilee Water J. Am. Water Works Ass. 78, 6, 84 -89 .

Montgomery, J.M., 1985, "Water Treatment Principles and Design", John Willey and Sons Inc., New York, 696.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 17th Edition, 1989, APHA, AWWA, WPCF .

Symons, J.M., Krasner, S.W, Simms, L.A, and Sclimenti, M. (1993) Measurement of THM and Precursor Concentrations Reviseted : The Effect of Bromide Ion., J. Am. Water Works Ass., 85, 1, 51 -62.