

İÇME SULARINDA FLORÜR

Prof.Dr. Ömer Akgiray
Marmara Üniversitesi
Çevre Mühendisliği Bölümü
Göztepe, İstanbul
omer.akgiray@marmara.edu.tr

TESİSAT DERGİSİ

Aralık 2003

İÇME SULARINDA FLORÜR

(Fluoride in Drinking Water)

Prof.Dr. Ömer Akgiray
Marmara Üniversitesi
Çevre Mühendisliği Bölümü
Göztepe, İstanbul
omer.akgiray@marmara.edu.tr

ÖZET

Bu yazıda içme sularında florür iyonunun az veya çok olmasının fayda ve zararları anlatılmaktadır. Diş sağlığı açısından içme sularında 0,7-1,2 mg/L miktarında florür bulunması tavsiye edilir. Florür konsantrasyonu 2,0 mg/L'yi aşmamalıdır.

ABSTRACT

This article explains the benefits and health risks associated with the presence of too little or too much fluoride in drinking waters. For optimal dental health, it is recommended that a fluoride concentration in the range 0.7-1.2 mg/L is maintained in drinking waters. The concentration of fluoride should not exceed 2.0 mg/L.

1. GİRİŞ

Flor yeryüzündeki en yaygın onüçüncü elementtir ve bütün su kaynaklarında mevcuttur. Flor elementi tabiatta florür iyonu (F⁻) veya florür bileşikleri olarak bulunur. Normal olarak yüzey sularında yüksek miktarda florür bulunmaz, ancak bazı yeraltı sularında ve kaplıca sularında yüksek miktarlarda florür bulunabilir. Ayrıca volkanik alanlardaki su kaynaklarında florür konsantrasyonları yüksek olmaktadır. Hemen bütün yiyeceklerde eser miktarda da olsa florür bulunur. Balık ve çayda yüksek miktarda florür bulunduğu bildirilmektedir.

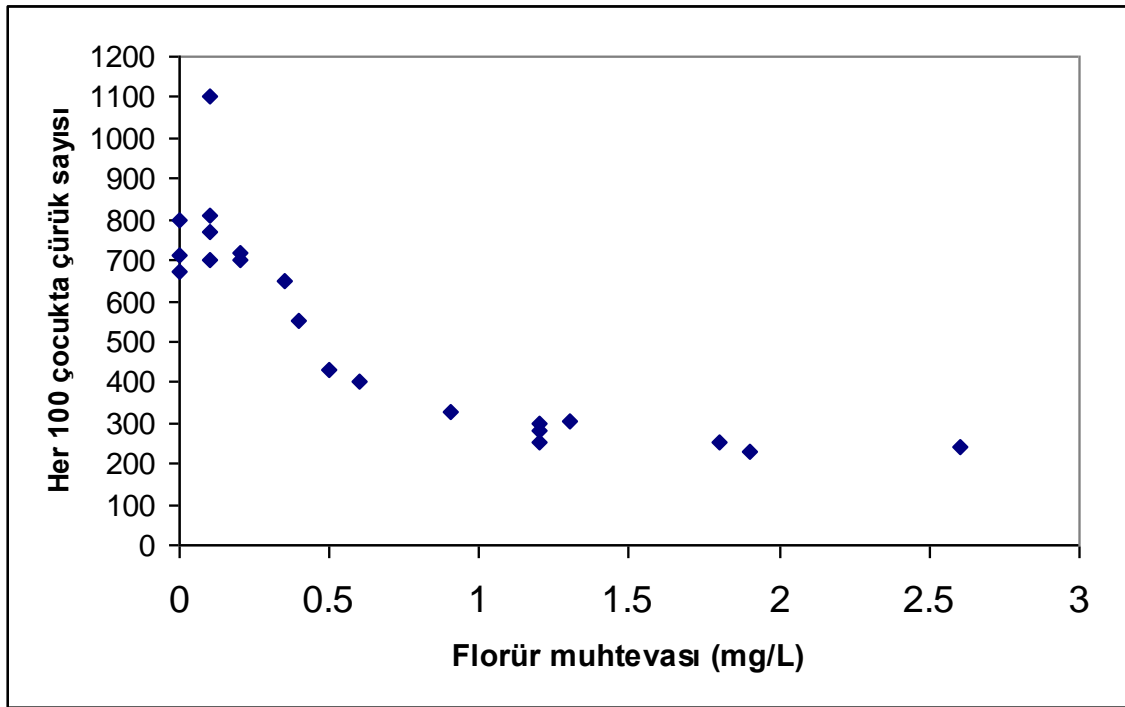
İçme suları ve gıdalar vasıtası ile alınan florür dişlerin çürümelere karşı direncini artırmakta ve diş sağlığı açısından faydalı olmaktadır. Dünyanın çeşitli ülkelerinde 1945'den bu yana içme sularına florür eklenmektedir. İçinde yetersiz miktarda florür olan bir suya florür ekleme işlemi modern su mühendisliğinde kabul görmüş ve oldukça yaygın bir işlem olmakla beraber Türkiye'de henüz yaygın olarak tatbik edilmemektedir. Ancak bazı kaynak sularına özel olarak florür eklendiği bilinmektedir.

Genel olarak kalkınmış ülkelerde ve bilhassa ABD'de içme sularına florür eklenmektedir. 1995 Yılı itibarı ile Amerikan halkının yüzde 62'si suni olarak florür eklenmiş içme sularını tüketiyordu. 2010 senesine kadar ABD halkının yüzde 75'inin florür eklenmiş suları tüketmesi hedeflenmektedir. İçme sularına florür eklenmesi American Dental Association (ADA), American Medical Association, Center for Disease Control (CDC) ve U.S. Public Health Service (USPHS) gibi teşkilatlar tarafından desteklenmektedir. Avustralya, Malezya, Yeni Zelanda, Kanada, İsrail, İngiltere, Hong Kong ve Singapur'de da içme sularının büyük bir kısmına florür eklenmektedir.

Az miktarda florür faydalı olmakla beraber aşırı miktarda alınmasının bazı mahzurları vardır. İçinde 2 mg/L'den fazla florür bulunan içme sularını uzun süre tüketen çocukların dişlerinde fluorosis tabir edilen renk bozulmaları (lekeler) meydana gelmektedir. Bazı durumlarda dişlerde aşınma ve hatta diş etlerine kadar dişlerin erozyonu görülmektedir. İçinde 4 mg/L

veya daha fazla florür bulunan suların uzun süre tüketimi ise kemik fluorosisi, kemiklerde hasar ve nörolojik bozukluklar meydana çıkarabilir (AWWA, 1999).

İçme suyunda florür konsantrasyonu yaklaşık 1,5 mg/L'ye kadar artırıldıkça diş çürümeleri azalmaktadır. Şekil-1'deki rakamlar 1930'lu yıllarda ABD'de yapılan araştırmalara dayanmaktadır. Bu şekilde de görüldüğü gibi, suda hiç florür olmamasına kıyasla 1,0 mg/L seviyesinde florür bulunması diş çürüklerinin sayısını yüzde 60 civarında azaltmaktadır. Bu şekildeki veriler 21 değişik şehirde 12 ile 14 yaşları arasındaki 7257 çocuğun muayenesine dayanmaktadır (Dean, 1943). Bu çalışmadan sonra florürün diş sağlığına etkileri ile ilgili yüzlerce çalışma yapılmıştır (AWWA, 1999). Florür miktarının daha fazla artırılmasının çürükleri önlemek açısından önemli bir faydası yoktur. Ancak konsantrasyon 1,5 mg/L'den daha yukarı doğru artırıldıkça diş fluorosisi vakaları artmaya başlar.



Şekil-1: Çocuklarda çürük diş vakasının içme sularındaki florüre bağlantısı.
(Kaynak: Dean, 1943)

Burada şunu da ilave etmeliyiz ki, içme sularına florür eklenmesine uzun senelerdir şiddetle muhalefet eden bazı kesimler de mevcuttur. Ancak bunların öne sürdüğü iddialar bilimsel literatürde ve otorite olarak kabul edilen teşkilatlar tarafından kabul görmemiştir. İçme sularına diş sağlığını korumak için eklenen florürün kanser, beyin hasarı veya osteoporoz ile ilişkisi olduğu belgelenememiştir.

Her gün içilen su miktarı hava sıcaklığına (iklime) bağlı olduğu için tavsiye edilen florür konsantrasyonları da hava sıcaklığına göre değişmektedir. Tablo-2'deki florür değerleri içme suları için ABD'deki CDC (Center for Disease Control) tarafından tavsiye edilen "en iyi" florür konsantrasyonlarıdır (AWWA, 1999).

Günlük azami hava sıcaklığının senelik ortalaması (°C)	Tavsiye edilen florür miktarı (mg/L)
10,0-12,0	1,2
12,1-14,6	1,1
14,7-17,6	1,0
17,7-21,4	0,9
21,5-26,2	0,8
26,3-32,5	0,7

Tablo-1: İçme suyunda bulunması tavsiye edilen florür miktarı.
(Kaynak: AWWA, 1999)

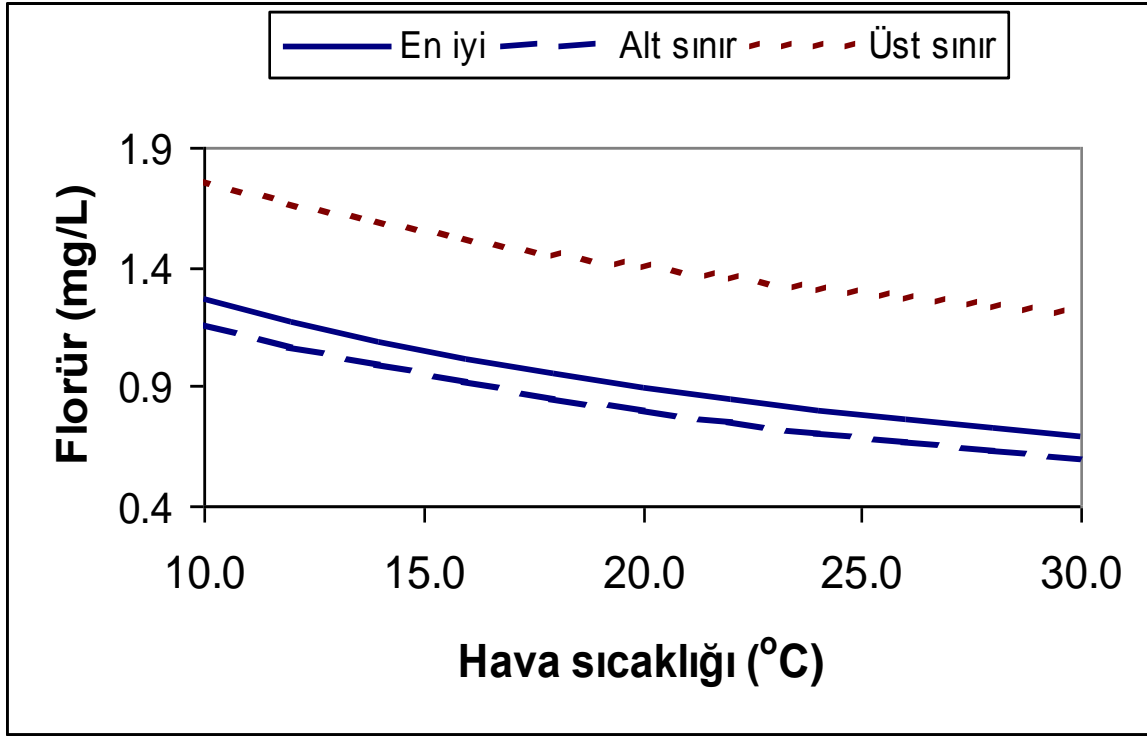
Tablo-1'deki değerler şu formüle uygundur (Hammer):

$$\text{En iyi florür konsantrasyonu (mg/L)} = 0,34 / (0,16 + 0,011T)$$

Bu formüldeki T sembolü °C olarak sıcaklığı temsil etmektedir. Bu formüle göre hesaplanan değerler Şekil-2'de gösterilmiştir. Bu şekildeki alt sınır ve üst sınır değerleri de CDC tarafından tavsiye edilen değerlerdir (AWWA, 1999). Arıtma tesisinde suya florür eklenirken bu sınırlar arasında kalınması tavsiye edilmektedir.

Florür tüketiminin kalıcı dişleri henüz teşekkül etmemiş ve teşekkül etmekte olan küçük çocuklar için faydalı olduğu, yetişkinler tarafından tüketilmesinin faydasız veya daha az faydalı olduğu kabul edilmektedir. Ancak içme suyunda florür bulunmasının yetişkinlere de faydası olduğunu bildiren kaynaklar da mevcuttur. Kalıcı dişlerin oluştuğu yıllarda (ilkokul öncesi ve ilkokul çağında) vücuda alınan florür iyonunun (F⁻) diş yapısı içinde hidroksit (OH⁻) iyonunun yerini aldığı ve netice olarak dişlerin asitlere karşı daha dayanıklı hale geldiği ve asit üreten bazı bakterilerin inhibe olduğu düşünülmektedir. Dişler teşekkül ettikten sonra diş yapısındaki florür miktarında mühim bir değişiklik olmaz.

İçme suyunda 0,7 mg/L veya daha fazla florür varsa (böyle bir su tüketiliyorsa), ayrıca florür tabletleri vb. florür takviyelerini kullanmaya gerek yoktur. İçme suyunda florür daha az ise tabletlerle ve florürlü diş macunları ile takviye yapılabilir. Çok küçük çocukların çok miktarda diş macununu yutabilecekleri göz önüne alınıp florür muhtevası düşük macunlar kullanılması ve kontrollü bir şekilde tabletlerle takviye yapılması tavsiye edilmektedir. Suda 0,3 mg/L'den az florür varsa, 0-2 yaş arasında 0,25 mg/gün, 2-3 yaş arasında 0,5 mg/gün, 3 yaşından sonra da 1 mg/gün miktarlarında ilave florür alınması faydalı olacaktır. Sudaki florür miktarı 0,3-0,7 mg/L arasında ise 2 yaşına kadar ilave florür tüketimine gerek yoktur; 2-3 yaşlarında 0,25 mg/gün, 3 yaşından sonra da 0,50 mg/gün ilave florür alınması yeterli olacaktır. Bu rakamlar genel kabul görmekle beraber, florür tabletleri gibi takviyelere başlamadan önce bir diş hekimine veya çocuk hastalıkları uzmanına danışılması tavsiye edilir. Hekimin doğru bir karar verebilmesi için içme suyunda ne kadar florür olduğunu bilmesi lazımdır. İstanbul ve Marmara Bölgesi için teferruatlı rakamlar aşağıda verilmiştir.



Şekil-2: İçme sularında tavsiye edilen florür konsantrasyonları.

Florür konsantrasyonu 2 mg/L'den fazla olan bir su içme suyu olarak kullanılacaksa, arıtma tesisinde florürün bir miktar giderilmesi düşünülmelidir. Konsantrasyon 4 mg/L'yi aşıyorsa florür giderimi mutlaka tatbik edilmelidir. Alum ($Al_2(SO_4)_3$) ile yumaklaştırma ve çöktürme/filtrasyon işlemleri ile florür miktarı azaltılabilir. Florür inorganik bir adsorbant olan aktif alumina ile etkili bir şekilde giderilebilir (AWWA, 1999). Ayrıca kireç ile yumuşatma, ters osmoz ve elektrodializ florür giderimi sağlayan metodlardır.

Florür muhtevası yetersiz bir suya florür eklenmesinin hedefi tüketicilerin dış sağlığının korunmasıdır. Suya florür şu sekiz bileşikten biri kullanılarak eklenir (Sawyer ve diğerleri, 1994; AWWA, 1999):

1. NaF (sodyum florür)
2. KF (potasyum florür)
3. CaF_2 (kalsiyum florür)
4. HF (hidroflorik asit)
5. Na_2SiF_6 (sodyum silikoflorür)
6. $MgSiF_6$ (magnezyum silikoflorür)
7. H_2SiF_6 (silikoflorik asit)
8. $(NH_4)_2SiF_6$ (amonyum silikoflorür)

Bunlardan en yaygın olarak kullanılanı sodyum florürdür. Bütün bu bileşikler suda iyonlaşarak florür (F^-) iyonunu serbest bırakırlar. Bulanıklık ve/veya organik madde giderimi için alum kullanıldığı durumlarda florür de kısmen giderileceği için florür ekleme işlemi tasfiye tesisi çıkışında (en azından yumaklaştırma ve çöktürmeden sonra) tatbik edilmelidir. Aksi takdirde eklenen florürün bir kısmı ziyan edilmiş olacaktır. İmalat sırasında florür bileşiklerinin içine eser miktarda arsenik, kurşun veya çinko karışmış olabilir. Normal olarak

bunların konsantrasyonları zararlı olmayacak kadar azdır. İçme suyuna florür katmayı planlayan işletmeler kullanacakları kimyevi maddenin saflığını tespit etmelidir.

2. TÜRKİYE İÇME SULARINDA FLORÜR

İstanbul'un içme suyu kaynaklarının gerek İSKİ, gerekse Hıfzıssıhha Enstitüsü tarafından yapılmış tahlilleri yazarın elinde mevcuttur. Ayrıca, Marmara Üniversitesi Çevre Mühendisliği Laboratuvarı'ndaki imkanlarla da musluk suyunda florür tayinleri yapılmıştır. İstanbul'un önemli su kaynaklarında (Ömerli, Terkos, Elmalı, Alibeyköy, Büyükçekmece) florür konsantrasyonları yaklaşık 0,1 ile 0,2 mg/L arasında değişmektedir. Ayrıca Saatçı ve arkadaşları (1996) tarafından İstanbul'daki arıtma tesisleri için rapor edilen değerler Tablo-2'de görülebilir. Marmara Bölgesi'nde yapılan bir araştırmanın neticeleri Tablo-3'de özetlenmiştir. Hapçioğlu ve diğerleri (1992) tarafından yapılan bu çalışmaya göre sadece Kırklareli merkez ilçede iki su numunesinde 1,69 ile 2,09 mg/L, Edirne merkez ilçede bir su numunesinde 1,44 mg/L florür bulunmuştur. Yazarlar netice olarak "*Marmara Bölgesi'nde genel olarak ortalama florür değerleri dış çürüklerine karşı koruma açısından yeterli düzeyde değildir*" değerlendirmesini yapmışlardır.

İçme Suyu Arıtma Tesisi	Florür (mg/l)
Elmalı Tasfiye Tesisi genel çıkışı	0,10
Büyükçekmece Tasfiye Tesisi genel çıkışı	0,21
Kağıthane Tasfiye Tesisi genel çıkışı	0,10
Ömerli Tasfiye Tesisi genel çıkışı	0,07

Tablo-2: İSKİ Tesis çıkışlarında florür konsantrasyonları.
(Kaynak: Saatçı ve diğerleri, 1996)

Vilayet	Ortalama
Balıkesir	0,20
Bilecik	0,05
Bursa	0,11
Çanakkale	0,45
Edirne	0,49
İstanbul	0,08
Kırklareli	0,34
Kocaeli	0,08
Sakarya	0,07
Tekirdağ	0,24

Tablo-3 : Marmara Bölgesinde florür değerleri (mg/L).
(Kaynak: Hapçioğlu ve diğerleri, Aralık 1992)

Türkiye genelinde su kaynaklarının ekserisinde yetersiz miktarda florür bulunduğu bilinmektedir. İstisna olarak İsparta'da, Ankara'nın güney-batı bölgesinde, Doğu Beyazıt'ta ve Edirne Habiller Köyü'nde yüksek florür konsantrasyonları tespit edilmiştir. Şişe, damacana veya su istasyonları vasıtası ile dağıtılan suların çoğunda da florür miktarları eser miktardadır veya 0,7 mg/L'nin çok altındadır.

3. NETİCE VE TAVSİYELER

Diş hekimliği ve diş sağlığı bu makalenin yazarının uzmanlık ve araştırma alanları dışındadır. Bu bakımdan burada ancak uluslararası itibarı olan ve otorite olarak kabul gören USEPA (U.S. Environmental Protection Agency), AWWA (American Water Works Association), WHO (World Health Organization) ve USPHS (U.S. Public Health Service) gibi teşkilatların yayınladığı raporlarda ve bilimsel yayınlarda yer alan ve genel kabul görmüş tavsiyeleri nakledebiliriz (bkz. Kaynaklar). Özet olarak şunlar söylenebilir:

- İçme sularında 0,7 ile 1,2 mg/L arasında florür bulunması diş sağlığı açısından faydalıdır. Eğer vücuda başka (florür tabletleri vb. gibi) kaynaklardan yüksek miktarda florür girmiyorsa, bu konsantrasyonlardaki florürün zararlı bir etkisi olmaz.
- Aşırı florür tüketiminden kaynaklanan diş fluorosisine mani olmak için içme sularında florür konsantrasyonu 2 mg/L'nin altında tutulmalıdır. Florür konsantrasyonunu 1,5 mg/L seviyesinin altında tutmak daha temkinli bir yaklaşım olur ve tavsiye edilir.
- Diş ve kemik sağlığı açısından içme sularında florür miktarı 4 mg/L'yi aşmamalıdır. Bir su kaynağında florür konsantrasyonu 4 mg/L'den daha yüksekse başka bir su kaynağı bulunmalıdır. Başka bir kaynaktan faydalanmak mümkün olmuyorsa, sudaki florür miktarı uygun bir arıtma usulü ile azaltılmalıdır.
- İçme suyunda yetersiz miktarda florür varsa, florür ihtiva eden diş macunlarının kullanımı ve/veya düzenli olarak florür tabletleri alınması tavsiye edilmektedir. Florür aşırı miktarda tüketildiği zaman zararlı olabileceği için, küçük çocukların bunları büyüklerin gözetiminde kullanmaları uygun olacaktır.
- Florür ilkokul öncesi ve ilkokul çağında (kalıcı dişler tamamen teşekkül etmeden) düzenli olarak tüketilirse azami fayda sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- 1) AWWA (1999). *Water Quality and Treatment, A Handbook of Community Water Supplies*. 5th Ed., American Water Works Association, McGraw-Hill, New York.
- 2) Dean, H. T. (1943). *Journal AWWA*, 35:1161.
- 3) Hammer, M.J. and Hammer, M.J. Jr. (1996). *Water and Wastewater Technology*. Third Ed., Prentice Hall, New Jersey.
- 4) Hapçioğlu, B., Dişçi, R., Demir, L., Başak, E., Güray, Ö. ve Özer, N. (1992). *Türkiye İçme Sularında Florürün Bölgesel Dağılımı (I)*. İ.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, Cilt:26, Sayı:4.
- 5) Internet siteleri: www.epa.gov, www.awwa.org, www.who.int.
- 6) Saatçı, A., Zülfikar, B. ve Eroğlu, V. (1996). İçme Sularında Flor ve Diş Sağlığı. *İçme Suyu Sempozyumu*, 7-10 Ekim 1996, İSKİ, İstanbul.
- 7) Sawyer, C. N., McCarty, P.L. and Parkin, G.F. (1994). *Chemistry for Environmental Engineering*, 4th Ed., McGraw-Hill, New York.