

## SU SERTLİĞİNİN İNSAN SAĞLIĞI İÇİN ÖNEMİ

Füsun BOYSAN, Bülent ŞENGÖRÜR

SAÜ Mühendislik Fakültesi Çevre Müh. Böl.  
fboysan@sakarya.edu.tr

### ÖZET

Su sertliğine iki değerlikli metal katyonları sebep olur. Doğal sulara en sık rastlanan kalsiyum ( $Ca^{+2}$ ) ve magnezyum ( $Mg^{+2}$ ) iyonlarının yarattığı sertlik çok az hata ile toplam sertlik olarak kabul edilebilir. Genel olarak halk arasında sert su makbul sayılmaz. Sert sular sağlığa zararlı olmamakla birlikte, yemek pişirmeye, içmeye, çamaşır yıkamaya elverişli değildirler. Sertlik, sabunun köpürmesini azaltarak, kazan taşları oluşturarak, bazı endüstriyel proseslere zarar vererek ve suyun tadını bozarak su kalitesini etkiler. Ancak suda bulunan ve sertlik oluşturan  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  iyonlarının sağlık üzerinde olumlu etkileri vardır. Su sertliğinin yarattığı olumlu ve olumsuz etkiler doğru değerlendirilmelidir, çünkü asıl hedef suyun uygun tüketimidir.

**Anahtar Kelimeler:** İçme suyu, Su sertliği, Kalsiyum-Magnezyum, İnsan sağlığı

## THE IMPORTANCE OF WATER HARDNESS FOR HUMAN HEALTH

### ABSTRACT

Hardness is composed by divalent metal cations. Total hardness in natural water is accepted to be the sum of hardness composed by calcium and magnesium ions approximately. Generally hard water is not popular in public. Although hard water does not give damage to human health, it is not suitable for cooking, drinking and washing. Hardness affects the quality of water by increasing consumption of soap, depositing of scale in boilers, damaging some industrial processes and changing the taste of water. On the other hand  $Ca^{+2}$  and  $Mg^{+2}$  in natural water have positive impacts on human health. Positive and negative impacts created by hardness must be evaluated correctly, because the main goal is the convenient consumption of water.

**Keywords:** Drinking water, Hardness, Calcium-Magnesium, Human health

### 1. GİRİŞ

Su sertliği suda bulunan iki değerlikli metal katyonlarının sebep olduğu, sabunun köpürmesini güçleştiren, kazan taşı oluşumuna yol açan, bazı endüstriyel işlemlere zarar veren, suyun tadını bozan ve bu şekilde su kalitesini etkileyen bir parametredir. Sertlik oluşturan katyonlar kalsiyum, magnezyum, stronsiyum, demir ve mangan iyonlarıdır. Bu iyonların tuzlarını çözülmüş olarak bulunduran sular sert sular olarak adlandırılmaktadır. Ancak Ca ve Mg dışındaki katyonlar doğal sulara çok az bulduklarından sertliğe fazla katkıları bulunmamaktadır. Bu yüzden toplam sertlik Ca ve Mg iyonu konsantrasyonlarının toplamı olarak tanımlanmakta ve mg  $CaCO_3$  / L olarak ifade edilmektedir [1-3].

Sulardaki sertlik iki türdür, bunlar; bikarbonatların oluşturduğu ve kaynatılmakla giderilen “geçici sertlik” ve Ca ve Mg iyonlarının bikarbonat dışında sülfat gibi diğer anyonları ile oluşturdukları tuzlarının yol açtığı ve kaynatılmakla giderilemeyen “kalıcı sertlik” tir [2].

Suyun sertliğini gidermek için en pratik yöntem toz halinde kireç ( $Ca(OH)_2$ ) ve soda ( $Na_2CO_3$ ) kullanımudur. İyon değiştirici reçineler kullanılarak da sular yumuşatılabilmektedir. İyon değiştirmede sert suda istenmeyen Ca, Mg, Fe gibi iyonlar Na iyonları ile değiştirilebilir. Sert su iyon değiştirici bir kolon ya da tabakadan geçirildiğinde iyon değişimi meydana gelir. İyon değiştiriciler ya zeolit denen doğal ya da yapay reçine türü bir madde olabilir [2,3].

Bu şekilde su kullanım amacına uygun hale getirilebilir. Ancak yumuşak sular proseste, yemek pişirmede, çamaşır yıkamada uygun olmakla beraber, içme sularında düşük kalsiyum, magnezyum ve yüksek sodyum içeren suların bazı sağlık sorunlarına yol açtığı unutulmamalıdır.

## 2. SU SERTLİĞİ

### 2.1. Sertliğin Oluşumu

Sertlik su içinde çözülmüş (+2) değerlikli iyonların;  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Sr^{+2}$ ,  $Fe^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$  derişimlerinin bir sonucudur. Suda bulunan  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SiO_3^-$  anyonlarının bu katyonlarla oluşturdukları tuzlar sulardaki sertliği oluştururlar. (+2) değerlikten daha yüksek değerlik taşıyan  $Fe^{+3}$  ve  $Al^{+3}$  gibi katyonlarda bazen sertliğe neden olabilir fakat, bunlar yüzeysel suların sahip olduğu pH 7 civarında çok düşük çözünürlük çarpımına sahiptirler ve kolayca çökerler [4,5].

Sulardaki sertlik suyun toprak ve kaya oluşumları ile teması sonucu meydana gelir. Yağmur suları çözülmüş halde atmosfer gazlarını içerebileceğinden pH'sı düşebilir. Yere düştüğünde de toprak ve kayalardaki bazı bileşenleri çözer. Fakat pH'sı 7 civarında olan yağmur suyu doğal sularda çok miktarda bulunan sertlik kaynağı maddelerin hepsini çözüp taşımaya yeterli değildir. Bu şekilde yağmur suyu toprağa indiğinde sertlik oluşturan tüm maddeleri çözemez. Bu iyonların toprağa geçmesi için asidik koşulları topraktaki bakteri faaliyetleri sonucu oluşan  $CO_2$  gazının suda çözünmesi sağlar [4-6].

### 2.2. Sertlik Tayin Yöntemleri

Su sertliği farklı yöntemlerle belirlenmekte ve sınıflandırılmaktadır (Tablo 1, Tablo 2). Yöntemlerden birisi sabun çözeltisi yöntemidir. Suya sertlik veren Ca ve Mg iyonları sabundaki Na ve K iyonlarının yerine geçerek suda çözünmeyen bileşikler oluşturur. Sert suların güç köpürmesinin nedeni budur. Bu yöntemde sabun çözeltisi kullanılarak devamlı bir köpük elde edilmeye çalışılır ve işlemde harcanan sabun çözeltisi su sertliği hakkında fikir verir. Kantitatif ölçümler için hesap yöntemi ve EDTA titrimetrik yöntemleri kullanılır [7].

#### 2.2.1 Hesap Yöntemi

Suların sertliğinin en hassas tayini, sertlik oluşturan iyonların konsantrasyonlarının tek tek belirlenip toplanması yöntemidir. Detaylı bir çalışma gerektiren uzun bir yöntemdir [5].

#### 2.2.2. EDTA Titrimetrik Yöntemi

Uygulaması daha basit ve hızlı sonuç vermesi nedeniyle rutin çalışmalarda tercih edilen yöntemdir. EDTA (Etilen Diamin Tetra Asetik Asit) veya bunun sodyum tuzu çözeltisinin titrasyonda kullanılması esasına dayanır. Bu reaktif, molekülüne sertlik oluşturan metal katyonlarını kompleks oluşturarak bağlar [5].

### 2.3. Sertlik Dereceleri

Suların sertliği 100 mL (veya 1 L) suda kalsiyum oksit veya karbonatlarının miktarı ölçü alınarak miliekivalan veya sertlik derecesi (SD) birimi ile ifade edilir. Suların mg  $CaCO_3$  / L olarak sertlik sınıflandırılması Tablo 1. de gösterilmiştir.

Tablo 1. Suların mg  $CaCO_3$  / L sertlik derecesi sınıflandırılması [5]

mg $CaCO_3$ / L	sertlik derecesi
0-75	Yumuşak
75-150	Orta sert
150-300	Sert
300 ve üzeri	Çok sert

Çeşitli ülkeler farklı sertlik dereceleri kullanmaktadır. Bunlar arasında en yaygın kullanılanları ve karşılığı olan kalsiyum oksit ve kalsiyum karbonat miktarları şu şekildedir [4]:

- 1 Fransız S.D.: 100 mL suda 1 mg  $CaCO_3$
- 1 Alman S.D.: 100 mL suda 1 mg CaO
- 1 İngiliz S.D.: 700 mL suda 10 mg  $CaCO_3$
- 1 USA S.D.: 100 mL suda 0,1 mg  $CaCO_3$

Ülkemizde Fransız Sertlik Derecesi kullanılmaktadır.

Çeşitli ülkelerin kullandıkları sertlik birimlerine göre suların sınıflandırılması Tablo 2. de gösterilmiştir.

Tablo 2. Çeşitli ülkelerin sertlik birimlerine göre suların sınıflandırılması [7].

Suyun sertliği	Fransız	Alman	İngiliz
Çok yumuşak	0-4	0-7,2	0-5
Yumuşak	5-8	7,3-14-2	6-10
Orta sert	9-12	14,3-21,5	11-15
Oldukça sert	13-18	21,6-32,5	16-22,5
Sert	19-30	32,6-54,0	22,5-37,5
Çok sert	30 dan	54 ten	37,5 den

	fazla	fazla	fazla
--	-------	-------	-------

### 3. SU SERTLİĞİNİN SAĞLIK ETKİLERİ

İçme sularında bulunan yüksek kalsiyum ve magnezyum miktarlarının sağlık üzerine bilinen olumsuz bir etkisi yoktur. Ancak içimi zor olduğundan tercih edilmezler. İnsanlara orta sertlikte suların içimi daha hoş gelmektedir.

Kalsiyum insan vücudu için en gerekli minerallerden biridir. Yeterli kalsiyum alımı sağlık, kemik gelişimi ve çocuklarda normal büyüme dengesi için çok önemlidir. Normal bir erişkinin vücudunda 1,200 gram kadar kalsiyum bulunur. Bunun en az %99'u kemikler içindedir. Hücre dışı sıvılarda ve yumuşak dokularda bulunan kalsiyum miktarı 10 gramı geçmez. Kalsiyum periferik sinirlerde ve kaslarda normal bir eksitabilitenin sağlanmasında önemli bir rol oynar. Vücut için en önemli kalsiyum kaynakları süt ve peynirdir. Bundan sonra miktar bakımından sebzeler, baklagiller, tahıl ve balıklar gelir [9]. Eğer beslenmede kalsiyum gereksinimi karşılanamıyorsa sert sular kalsiyum kaynağı olarak önemli bir eksikliği giderebilir.

İnsan dokularının hepsinde az miktarda magnezyum bulunmaktadır. Bir erişkinin vücudunda toplam 25 gram kadar magnezyum bulunmaktadır. Bunun büyük bir kısmı kemiklerde fosfat ve bikarbonat ile bileşik halindedir. Magnezyum, canlı hücrelerinde potasyumla birlikte en yaygın bulunan bir elementtir. Fosfat transferi ile ilgili reaksiyonların çoğunda en önemli rolü magnezyum oynamakta ve nükleik asitlerin strüktürel stabilizasyonu için de en önemli element olarak kabul edilmektedir. İnsanda günlük magnezyum gereksinimi için çok kesin rakamlar yoktur. Küçük çocuklarda kilogram başına 10-20 mg'lık bir miktar yeterli görülürken, yetişkinlerde kilo başına 4 mg ile denge sağlanmaktadır. Normal beslenmede günlük magnezyum miktarı 200-400 mg'dır ve günlük magnezyum gereksiniminin de bu civarda olduğu düşünülmektedir. Özellikle bileşimlerinde bir magnezyum bileşiği olarak klorofil içerenler başlıca magnezyum kaynaklarını oluştururlar. Hayvansal besinlerden et ve iç organları magnezyumca zengindir. Sütte ise magnezyum oldukça azdır. Günlük magnezyum gereksiniminin üçte ikisini tahıl ve sebzelerde bulunan magnezyum karşılayabilmektedir. Aşırı kayıplar olmadığı sürece (örneğin; ince barsakların total rezeksiyonu, barsak fistülleri ve kronik diyare gibi) besinlerle ve içme suyu ile alınan magnezyum vücut için yeterli olmaktadır. Kronik alkoliklerde magnezyum seviyesi düşük bulunmaktadır. Bunun nedeni beslenmede magnezyum eksikliğinden ziyade idrarla fazla magnezyum atılması olduğu düşünülmektedir [9].

Kalp hastalıkları ve bebeklerdeki ani ölümler ile suların sertliği arasındaki ilişki son yıllarda

incelenmeye alınmıştır. İstatistiki olarak suyun sertliği arttıkça kardiyovasküler (kalp-damar) hastalıklardan ölüm hem kadınlar hem de erkekler için azalmaktadır. İçme suyundan Mg alımının erkeklerde [10] ve kadınlarda [11] miyokard enfarktüsüne karşı koruyucu etkisi olduğu saptanmıştır. Genel anlamda suyun sertliği arttıkça kardiyovasküler hastalıklar azalmaktadır [12]. Benzer şekilde Mg alımının yüksek tansiyonla ters ilişkisi vardır [13]. Bazı çalışmalar sertliğin 75 mg/L'den daha az olması halinde bu gibi etkilerin olabileceğini bildirmektedirler. Ancak bu konuda çalışmalar yeterli değildir. İçme suyu ile Mg alımının serebrovasküler hastalık üstüne koruyucu etkisi saptanmıştır [14]. Düşük serum Mg değerleri, periferik arter hastalığı olanlarda nörolojik olaylara ait riski arttırmaktadır. Bu nedenle ileri derecede ateroskleroza olanlarda Mg tedavisi verilmesi önerilmektedir [15].

Halk arasında çok sert suların böbrek taşı oluşumuna neden olduğu gibi yaygın bir kanı vardır. Bu Rusya'da lokal bir bölgede az sayıda kişi ile yapılan bir araştırmaya dayanmakta olup sudaki kalsiyum değeri 300-500 mg /L tespit edilmiştir. Aynı şekilde 200-400 mg Ca/L su içen ve 30 °C ta tutulan hayvanlarda da benzer etkiler gözlemlenmiştir [8]. Böbrek taşı oluşumu genetik, sosyal, iklim ve bunun gibi bir çok faktöre bağlı olduğundan sadece kalsiyumla ilişkilendirilmesi zordur.

Bunların dışında su sertliğinin bazı kanserlerle ilişkisi saptanmıştır. İçme suyu ile kalsiyum alımının rektum [16] ve kolon kanserlerinde [17] koruyucu etkisi saptanmıştır. Chuh-Yuh Yang ve arkadaşları çalışmalarında kalsiyum alımının prostat kanseri üzerine de olumlu etkisi olabileceğini belirtmişlerdir [18].

Borularda yumuşak sular sert sulara göre daha aşındırıcıdır ve ağır metal içeriği bakımından daha tehlikelidir. Suların sertlik derecesi toplumların alışkanlıklarına göre değişik değerler alabilmektedir. 100 mg CaCO<sub>3</sub>/L değerindeki sertlik korozyon ve kazan taşı oluşumu açısından, 500 mg CaCO<sub>3</sub>/L değeri de estetik ve ağız tadı açısından kabul edilebilir değerler olarak önerilmektedir [8].

Sularda sülfat anyonu varlığında oluşan magnezyum sülfat bileşiği laksatif etki yapabilir. Fakat zamanla vücut buna alışabilir [19].

İçme sularının yumuşatılması için iyon değiştirici reçine olarak sodyum reçineleri kullanılır. Bunun sonucunda vücuda bol miktarda sodyum girer ve aşırı tuz alımına ait belirtiler örneğin su tutulması, kanama vb. ortaya çıkabilir.

Yumuşak su tüketen toplumlarda aterosklerotik ve dejeneratif kalp hastalıkları ile hipertansiyon ve kardiyovasküler ani ölümlerin daha fazla görüldüğü

saptanmıştır. Genellikle doğal sularda üç kısım kalsiyum iyonuna karşılık bir kısım magnezyum iyonu bulunmaktadır. Bu oran teknik ve sağlık açısından normal karşılanmaktadır.

#### 4. SONUÇ

Kalsiyum ve magnezyum için hiçbir su standardında sınır değerler verilmemiştir ve bireysel tolere edilebilir düzeyler bilinmemektedir.

Karşı görüşler olmakla birlikte sert suların kalp ve damar sağlığı için daha iyi olduğunu gösteren çalışmalar daha fazladır. Yumuşak sular örneğin çamaşır yıkama kullanımı için tercih edilse bile içme suyu olarak itibar edilmemesi konusunda toplumu bilinçlendirebilecek ciddi araştırmalar yapılmamıştır. Aksine ev tipi su yumuşatıcı cihazlar bol miktarda tasarlanarak ve reklamları yapılarak topluma sunulmuştur. Suyun yumuşatılması için iyon değiştirici reçinelerin kullanılması durumunda suya önemli miktarda sodyum geçmektedir. Bu durum ise özellikle hipertansiyon ve böbrek hastaları gibi tuz alımı kısıtlanan kişilerin olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Tuz alımında kısıtlama aslında sodyum alımında kısıtlamadır.

Toplumun suyu bir gıda maddesi olarak algılayıp bilinçli tüketmesi gerekliliği her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. İnsanlar içtikleri suyun niteliklerini bilmeli ve suyu kullanım amaçlarına göre sınıflayabilmelidirler. Şişe suları ve bir çok belediye şebeke suyuna ait kalite parametrelerini verirken sadece sertlik değerini belirtmekte, Ca ve Mg değerlerini belirtmemektedir. Toplumun bu yönde taleplerinin artması gerekmektedir.

#### KAYNAKLAR

- [1] SYMONS J.M., BRADLEY L.C., CLEVELAND T.C., "The Drinking Water Dictionary" American Water Works Association. Mc Graw Hill, 2000, p.p:195.
- [2] BENJAMIN, M.M., "Water Chemistry", McGraw-Hill Companies, ISBN 0-07-120239-0, 1<sup>st</sup> Ed., 2002, p.p:16-17.
- [3] EROĞLU V., "Su Tasfiyesi", İTÜ İnşaat Fak. Matbaası, 1984.
- [4] TEKBAŞ, Ö.F., GÜLEÇ, M., "Suların Sertlik Dereceleri ve Sağlık Etkileri" TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 2004: 3 (7) Ankara.
- [5] SAMSUNLU A., "Çevre Mühendisliği Kimyası" Birsen Yayınevi, İstanbul 2005.
- [6] MUTLUAY, H., DEMİRAK, A., "Su Kimyası", Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş. ISBN 975-486-519-1, 1996.
- [7] OĞUR R., TEKBAŞ Ö.F., "Su Analizleri", Aydan Matbaacılık, 2005.
- [8] "Guidelines for Drinking Water Quality" vol. 2, WHO, pp. 100-110, 145-151, 253-255, 264-

267.

- [9] VELİCANGİL, S., "Koruyucu ve Sosyal Tıp", Sernet Matbaası, İstanbul 1975.
- [10] Rubenowitz, E., Axelsson, G., Rylander, R., "Magnesium in Drinking Water and Death from Acute Myocardial Infarction" Am J Epidemiology 1996, 143:456-62
- [11] RUBENOWITZ, E., AXELSSON, G., RYLANDER, R., 'Magnesium and Calcium in Drinking Water and Death from Acute Myocardial Infarction in Women' Epidemiology 1999, Jan(10):1:31-6
- [12] LEONI, V., FABIANI, L., TICCHIARELLI, L., 'Cardiovascular Mortality Rate in Abrizza, Italy', Archives of Environmental Health, 1985,40(5): 274-278
- [13] YANG, C-Y., CHIN, H-F., 'Calcium and Magnesium in Drinking Water and Risk of Hipertansiyon', Am J Hypertens (1999) 894-899.
- [14] YANG, C-Y., PhD, MPH, 'Calcium and Magnesium in Drinking Water and Risk of Death from Cerebrovascular Disease', Stroke 1998;29: 411-414
- [15] AMIGHI, J., SABETI, S., SCHLAGER, O., MLEKUSCH, W., et al. 'Low Serum Magnesium Predicts Neurological Events in Patients with Advanced Atherosclerosis', Stroke 2004;35:22.
- [16] YANG, C-Y., CHIN, H-F., 'Calcium and Magnesium in Drinking Water and Risk of Death from Rectal Cancer' Int J Cancer, (1998) 77:528-532
- [17] YANG, C-Y., CHIN, H-F., 'Calcium and Magnesium in Drinking Water and Risk of Death from Colon Cancer', Cancer Science Vol 88, Issue 10, p 928-933, 2005.
- [18] YANG, C-Y., CHIN, H-F., 'Calcium and Magnesium in Drinking Water and Risk of Prostate Carcinoma' Journal of Toxicology and Environmental Health, 12 May 2000, 17-26
- [19] RYLANDER R., BONEVIK H., RUBENOWITZ E., "Magnesium and Calcium in Drinking Water and Cardiovascular Mortality", Original Articles, Scand J. Work Environment Health 1991;17:91-4