

MİNERALLERDEN ARINDIRILMIŞ SU İÇMENİN GETİRDİĞİ SAĞLIK RİSKLERİ

Health risks from drinking demineralised water

F. KOZİSEK



World Health Organization
Geneva, 2004

MİNERALLERDEN ARINDIRILMIŞ SU İÇMENİN GETİRDİĞİ SAĞLIK RİSKLERİ

HAZIRLAYAN: F.KOZİSEK

1. GİRİŞ

Suyun bileşimi yerel jeolojik koşullara göre geniş bir çeşitlilik gösterir. Ne yeraltı suları ne de yüzey suları hiçbir zaman tamamen saf H₂O olmamıştır, zira suyun içinde az miktarlarda gazlar, mineraller ve doğal kökenli organik maddeler bulunur. Kaliteli sayılan içme suyunda toplam çözünmüş madde yoğunluğu yüzlerce mg/l olabilir.

On dokuzuncu yüzyıldan bu yana kimya ve mikrobiyoloji dallarında izlenen gelişmeler ve epidemiyoloji sayesinde hastalığa neden olan su kaynaklı pek çok aktif madde tanımlanmıştır. İçme suyu kalitesine dair kılavuzlar ve yönetmelikler hazırlamanın çıkış noktası suyun istenmeyen bazı unsurlar taşıyabileceğini bilmektir. İnorganik ve organik maddeler ile mikro organizmaların azami kabul oranları uluslararası boyutta belirlenmiştir; belirlenen bu oranlar birçok ülkede içme suyunun güvenilirliğini sağlamak için kullanılmaktadır.

İçme suyunda bulunan minerallerin ve diğer faydalı unsurların önemi binlerce yıldır bilinen bir şeydir, örneğin kadim Hint destanlarında sözü geçer. İyi içme suyunun özellikleri Rig Veda kitabında şöyle anlatılır: “Sheetham (dokununca soğuk), Sushihî (temiz), Sivam (besleyici değere, gerekli minerallere ve eser elementlere sahip olmalı), Istham (saydam), Vimalam lahu Shadgunam (asit-baz dengesi normal limitler arasında olmalı)” (Sadgir ve Vamanrao 2003). Suyun faydalı maddeler içerebileceği konusu kılavuzlarda ve yönetmeliklerde az ilgi gören bir konu olmakla birlikte, son yıllarda suyun biyolojik değeri konusundaki bilinç giderek artmıştır.

Minerallerden arındırılmış yapay sular, başlarda damıtılmış su, ardından da deiyonize veya ters-osmoz işleminden geçirilmiş su şeklinde, ağırlıklı olarak endüstriyel, teknik ve laboratuvar işlemleri amaçlı kullanılmıştır. 1960’larda sahil yörelerinde ve iç kesimlerde yer alan bazı kıraç bölgelerde kısıtlı su kaynakları giderek artan nüfusun, yükselen yaşam standartlarının, sanayi gelişiminin ve kitle turizminin taleplerine yanıt veremez duruma geldikçe, söz konusu teknolojiler içme suyu üretiminde de geniş kullanım alanı buldu. İçme suyu temini transatlantikler ve uzay gemileri için de önemli bir meseleydi. Yağmur suyu ve doğal buz haricinde doğada bulunmadığından, minerallerden tamamen arındırılmış suyun olası etkileri üzerinde pek durulmamıştı. İçme suyu yönetmeliklerinin bir hayli gelişmiş olduğu sanayileşmiş ülkelerde yağmur suyu ve buz kamusal anlamda içme suyu kaynağı olarak kullanılmamakla birlikte, bazı yörelerde yağmur ve kar

suyu tüketen bireyler yok değil. Ayrıca, doğal su kaynaklarının birçoğu bazı mineraller açısından zengin değil ya da yumuşak (iki-değerli iyon seviyesi düşük); sert sular ise çoğu zaman yapay yollarla yumuşatılmakta.

Birincil veya en bol bulunan su kaynağının çok fazla mineral içeren acı su ya da deniz suyu olduğu yerlerde suyun minerallerden arındırılması gerekmiştir. Söz konusu su arıtma yöntemleri önceleri başka yerlerde kullanılmıyordu, çünkü teknik açıdan zahmetli ve pahalı işlemlerdi. Bu bölümde, demineralize su damıtma, deiyonizasyon, membran filtrasyon (ters-osmoz veya nano-filtrasyon), elektrodializ ve diğer teknolojiler sonucu içerdiği minerallerden tamamen veya buna yakın oranda arındırılmış olan su tanımlanmaktadır. Bu tür sulardaki toplam çözülmüş maddeler (TÇM) değişim gösterebilmekte ve 1 mg/l seviyesine kadar düşebilmektedir. Suyun elektriksel iletkenliği genellikle 2 mS/m'den azdır, fakat daha da düşebilir (<0.1 mS/m).

Teknoloji 1960'larda kullanılmaya başlamakla birlikte, demineralizasyon o sıralar fazla kullanılmıyordu. Ancak, bazı Orta Asya şehirlerinde içme suyu üretmek için deniz suyu arıtma işine girişen SSCB başta olmak üzere bazı ülkeler bu alanda kamu sağlığı araştırmaları yürüttüler. Minerallerden arındırılmış suyun ya da arıtılmış deniz suyunun çeşitli minerallerle zenginleştirilmeden tüketime tam anlamıyla uygun olmayacağı daha başından belliydi. Bunun üç belirgin nedeni vardı:

- Minerallerden arındırılmış suyun eritici etkisi vardır, işlemde geçirilmediği takdirde borulardan ve depolama tanklarından geçirilerek dağıtımı mümkün olmaz. Eritici su dağıtım borularına saldırarak borulardaki ve tesisatın diğer parçalarındaki metalleri ve diğer maddeleri çözerek ayrıştırır.
- Damıtılmış suyun tadı hoş değildir.
- Ön bulgular suda bulunan bazı maddelerin insan sağlığına zararı olabileceği gibi faydası da olabileceğini göstermiştir. Örneğin, florür katkılı su ile yapılan deneyler diş çürüğü vakalarında düşüş göstermiştir; 1960'larda yürütülen bazı epidemiyolojik araştırmalar suyu sert olan bazı yörelerde kalp ve damar hastalıklarından kaynaklanan rahatsızlıkların ve ölümlerin oranının daha az olduğunu ortaya koymuştur.

Bu açıdan, araştırmacılar iki ana mesele üzerinde durmuşlardı: 1) minerallerden arındırılmış suyun sağlık üzerindeki olası olumsuz etkileri nelerdir, 2) içme suyunda hem teknik hem de sağlık açısından bulunması gereken maddelerin (örn. mineraller) asgari ve istenen ya da en uygun içeriği ne olmalıdır. Daha önceleri suda yüksek oranda bulunan toksik madde konsantrasyonlarının getirdiği sağlık riskleri ile kısıtlı kalan geleneksel düzenlemeler yaklaşımı yerini bazı bileşenlerin yetersiz olmasından kaynaklanan olumsuz etkileri de dikkate alan bir yaklaşıma bıraktı.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) içme suyu kalitesi kılavuzları hazırlamak üzere yaptığı toplantılardan birinde, içme suyunda doğal olarak bulunan bazı maddelerin

çıkarılmasının sağlık üzerinde oluşturabileceği olumsuz etkileri merccek altına alarak, tuzlardan arındırılmış suyun içermesi gereken istenen veya en uygun mineral bileşimi üzerinde durmuştu (WHO 1979). 1970'lerin sonlarında, WHO ayrıca tuzlardan arındırılmış suya ilişkin kılavuz hazırlanması için temel bilgiler sağlayan bir araştırma başlattı. Bu araştırma Prof. Sidorenko ve Dr. Rakhmanin yönetiminde, A.N. Sysin Genel ve Kamu Sağlığı Enstitüsü [A.N. Sysin Institute of General and Public Hygiene] ve SSCB Tıbbi İlimler Akademisi [USSR Academy of Medical Sciences] tarafından kurulan ekipler ile yürütüldü. Dahili çalışma belgesi olarak yayınlanan nihai raporda (WHO 1980) şu sonuca varılmıştı: "Minerallerinden tamamen arındırılmış (damıtılmış) su, damağa hoş gelmemenin ötesinde, insan ve hayvan organizması üzerinde kesin olarak olumsuz etkilere neden olur." Sağlık, tat ve diğer hususlarda elde edilen bulgular değerlendirildikten sonra, araştırma ekibi minerallerden arındırılmış suyun içeriği konusunda şu tavsiyelerde bulundu: 1) asgari çözünmüş tuz seviyesi (100 mg/l), karbonik asit tuzu (30 mg/l), kalsiyum (30 mg/l); 2) toplam çözünmüş tuzların en uygun seviyesi (klorür-sülfat içeren su için 250-500 mg/l, karbonik asit içeren su için 250-500 mg/l); 3) azami alkali seviyesi (6,5 meq/l), sodyum (200 mg/l), bor (0,5 mg/l), brom (0,01mg/l). Bu bölümde bu tavsiyeler üzerinde etraflıca durulacaktır.

Tuzlardan arındırma [desalinasyon] son otuz yıldır yeni içme suyu kaynakları sağlamak için giderek daha fazla kullanılan bir yöntem halini almıştır. Dünya genelinde günlük toplam 6 milyar galondan fazla üretim kapasitesine sahip on bir binden fazla desalinasyon tesisi bulunmaktadır. Orta Doğu ve Batı Asya gibi bazı bölgelerde içme suyunun yarısından fazlası bu şekilde elde edilmektedir. Bu yöntemle arıtılan sular genellikle kalsiyum-karbonat ya da kireç taşı gibi kimyasal bileşenler eklenerek işlenmekte veya tadını düzeltmek ve dağıtım şebekelerinde olduğu kadar su tesisatlarında yaratabilecekleri zararı azaltmak için mineral açısından daha zengin sular ile karıştırılmaktadır. Öte yandan, mevcut arıtma tesislerinin pek çoğu asgari TÇM (Toplam Çözünmüş Madde) içeriği açısından nihai ürün kalitesini belirlemek için standart kılavuzlara (WHO İçme Suyu Kalitesi Kılavuzu hariç) bağlı kalınmaksızın duruma göre inşa edilmiş olduğundan deniz suyundan arıtılmış olan suların içeriği geniş farklılıklar gösterebilmektedir.

Minerallerden arındırılmış suyun uzun dönem tüketiminin sağlık üzerinde yaratabileceği olumsuz etkiler sadece yeterli içme su kaynaklarından yoksun ülkeler için değil, ev tipi arıtma sistemlerinin yaygın olarak kullanıldığı ya da bazı şişelenmiş su türlerinin tüketildiği ülkeler için de önem taşımaktadır. Şişelenmiş suların birçoğu kaynak suyu minerallerden arındırıldıktan sonra hoş bir tat sağlamak amacıyla mineraller eklenmesi suretiyle üretilmektedir. Belli tür su tüketen kişilerin mineral açısından zengin sulara bulunabilecek bazı mineralleri yeterince alamamaları söz konusu olabilmektedir. Bu yüzden, maruz kalma oranları ve riskler kamusal düzeyde olduğu kadar birey ve aile seviyesinde de ele alınmalıdır.

2. MİNERALLERDEN ARINDIRILMIŞ VEYA DÜŞÜK MİNERALLİ SU TÜKETİMİNİN SAĞLIK ÜZERİNDE DOĞURABİLECEĞİ RİSKLER

Minerallerden arındırılmış su tüketiminin etkileri konusundaki bulgular deneysel ve gözlemsel verilere dayanmaktadır. Deney hayvanları ve gönüllü insanlar üzerinde deneyler yürütülmüş, tuzlardan arındırılmış su tüketen nüfuslardan, ters osmoz işlemiyle minerallerden arındırılmış su tüketen bireylerden ve damıtılmış su ile hazırlanan içecekler verilen bebeklerden gözlemsel veriler toplanmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen bilgi kısıtlı olduğundan, mineral içeriği düşük (yumuşak) su kullanan nüfuslar ile mineral içeriği açısından daha zengin sular kullananların sağlıkları üzerindeki etkilerin karşılaştırıldığı epidemiyolojik araştırmaları da dikkate almamız gerekir. Minerallerden arındırıldıktan sonra içine tekrar mineral katılmayan su düşük mineralli veya yumuşak suyun uç örneği sayılır, çünkü sertliğin ana etmenleri olan kalsiyum ve magnezyum gibi çözünmüş minerallerden yalnızca az miktarlarda içerir.

Düşük mineral içerikli su tüketiminin sağlık üzerindeki olası etkileri aşağıdaki kategorilerde değerlendirilebilir:

- Bağırsak mukoza zarı, metabolizma ve vücudun mineral dengesi ile diğer bedensel işlevler üzerinde oluşabilecek doğrudan etkiler.
- Sıfır kalsiyum ve magnezyum alımı.
- Diğer gerekli elementlerin ve mikro-elementlerin yetersiz kalması.
- Hazır yiyeceklerde kalsiyum, magnezyum ve diğer gerekli maddelerin kaybı.
- Su borusundan gelebilecek toksik metallerin yeme-içme yoluyla alınma riski.
- Bakterilerin yeniden oluşma olasılığı.

2.1. Düşük mineralli suyun bağırsak mukoza zarı, metabolizma ve vücudun mineral dengesi ile diğer bedensel işlevler üzerinde oluşturabileceği doğrudan etkiler

Damıtılmış ve düşük mineral içerikli sular (TÇM < 50 mg/l) tüketicinin zamanla uyum gösterebileceği olumsuz tat niteliklerine sahip olabilir. Bu tür suların susuzluğu giderme açısından daha etkisiz olduğu da bildirilmiştir (WHO 1980). Bunlar her ne kadar sağlık açısından risk sayılamazsa da, düşük mineral içerikli suyun insan tüketimine uygunluğu değerlendirilirken göz önüne alınması gereken faktörlerdir. Duyulara hitap eden [organoleptik] vasıflar ve susuzluk gidermede yetersizlik tüketilen su miktarını etkileyebileceği gibi, kişilerin kimi zaman daha da yetersiz başka su kaynaklarına yönelmelerine neden olabilir.

Bir araştırma (Williams 1963) bağırsağa giren damıtılmış suyun muhtemelen ozmotik şok nedeniyle farelerin epitel hücrelerinde anormal değişimlere yol açtığını ortaya koymuştur. Öte yandan, fareler üzerinde yürütülen 14 günlük bir deneye dayanan daha yakın tarihli bir çalışmada (Schumann ve diğ. 1993) aynı sonuca ulaşılmamıştır. Mikroskopik anatomi çalışmasında özofagus, mide veya jejunumda aşınma, ülserleşme ya da enflamasyon belirtisine rastlanmamıştır. WHO (1980) için yapılan araştırmalarda hayvanlarda salgı işlevlerinde (salgının ve mide suyu asit oranının artması) ve mide kası geriliminde tahrifat bildirilmiştir, ancak mevcut verilere dayanarak düşük mineral içerikli suyun mide-bağırsak mukoza zarı üzerindeki olumsuz etkisi kesin olarak kanıtlanmış değildir.

Düşük mineral içerikli su tüketiminin vücudun mineral ve su metabolizmasını tehlikeye atarak iç denge [homeostaz] mekanizmaları üzerindeki olumsuz etkisi ise yeterince ortaya konmuş bulunmaktadır. İdrar çıkışında artış (diürez artışı), bedensel salgılardan hücre içi ve dışı iyonlarının boşaltımında artma, bunların dengesinin ters dönmesi ve vücuttan daha fazla atılmaları, vücut su seviyesinde ve suya bağımlı bazı hormonların işlevlerinde meydana gelen değişimler ile ilişkilendirilmektedir.

Hayvanlar, özellikle de fareler, üzerinde bir yıla kadar uzayan sürelerle yapılan deneyler damıtılmış su veya TÇM ≤ 75 mg/l su tüketiminin şunlara yol açabileceğini defalarca göstermiştir: 1) daha fazla su tüketimi, idrar söktürümü, hücre dışı sıvı hacmi, sodyum (Na) ve klorür (Cl) iyonlarının serum düzeylerinde artma ve yemek yoluyla karşılanmaması durumunda bunların vücuttan daha fazla atılmalarından kaynaklanan genel denge bozulması, 2) alyuvar yoğunluğunun azalması ve başka hematokrit değişimleri (WHO 1980). Yakın tarihli çalışmalar (Rakhmanin ve diğ. 1989) damıtılmış suda mutajen ya da gonadotoksik etkiler saptamamış olsa da, triiyodotironin ve aldosteron salgısında azalma, kortizol salgısında artma, böbreklerde glomerül atrofisi dahil morfolojik değişimler, vasküler endotelin kan akışını engelleyecek ölçüde şişmesi hakkında daha fazla bilgi sağladılar. Bir yıl süren bir araştırma boyunca suluklarına damıtılmış su koyulan fare ceninlerinde iskelet kemikleşmesinde azalma gözlemlendi. Sudan alınan mineral yetersizliğinin beslenme ile dengelenmediği açıkça ortaya çıktı.

Gönüllü insanlar üzerinde yürütülen deneylerin araştırmacılar tarafından WHO raporu (1980) için değerlendirilen sonuçları hayvanlar üzerinde yürütülen deneyler ile uyumlu. Düşük mineral içerikli su dikkat çekerek biçimde: 1) idrar boşaltımını (ortalama % 20 civarında), vücut su yoğunluğunu ve serum sodyum konsantrasyonunu artırmıştır; 2) serum potasyum konsantrasyonunu düşürmüştür, 3) sodyum, potasyum, klorür, kalsiyum ve magnezyum iyonlarının vücuttan atılımını artırmıştır. TÇM oranı düşük (örn. < 100 mg/l) suyun vücudun su ve mineral dengesi üzerindeki etkilerinin temel işleyişinin şu şekilde olduğu öne sürülmüştür (WHO 1980): Düşük mineral içerikli su mide-bağırsak kanalındaki osmoreseptörler

üzerinde etkili olarak sodyum iyonlarının bağırsak boşluğuna akışının artmasına, portal toplardamar sistemindeki ozmotik basıncın hafifçe düşmesine ve bunu müteakip adaptasyon tepkimesi olarak kana salınan sodyumun çoğalmasına neden olmaktadır. Kan plazmasında meydana gelen bu ozmotik değişim vücuttaki suyun yeniden dağılmasına yol açmaktadır; başka bir deyişle, hücre dışı sıvı yoğunluğunda total bir artış ve alyuvarlar ile interstisyel sıvıdan plazmaya doğru ve hücre içi sıvılar ile interstisyel sıvılar arasında bir su transferi gözlenmektedir. Değişen plazma yoğunluğuna tepki olarak, kan dolaşımında bulunan basınç reseptörleri ve yoğunluk reseptörleri harekete geçerek aldosteron salgısında düşüşe ve bu yüzden de sodyum tasfiyesinde artışa neden olmaktadır. Damarlardaki yoğunluk reseptörlerinin reaktiviteleri ADH [anti diüretik hormon] salgısında düşüşe ve idrar boşaltımının artmasına yol açabilmektedir. Alman Besin Birliği [German Society for Nutrition] benzer sonuçlara vararak, halkı damıtılmış su tüketimine karşı uyarmıştır (GdfE 1993). Bu uyarı "normal" içme suyu yerine damıtılmış su içilmesini tavsiye eden *The Shocking Truth About Water* [Su Hakkında Şaşırtıcı Gerçek] (Bragg ve Bragg 1993) adlı kitabın Almanca baskısına yanıt olarak yayınlanmıştı. Birlik konu hakkındaki yazılı görüş bildirisinde insan vücudundaki suyun daima vücut tarafından ayarlanan oranlarda elektrolitler (örn. potasyum ve sodyum) içerdiğini açıkladı. Bağırsak epitelinin su emilimi de sodyum nakli ile gerçekleşir. Damıtılmış su yutulduğunda, bağırsak önce bu suya elektrolitleri eklemek zorunda kalır, bunun için de vücudun depoladığı rezervden çeker. Vücut sıvıları hiçbir zaman "saf" su şeklinde değil tuzlarla birlikte dışarı attığından, vücudun yeterli elektrolit alması sağlanmalıdır. Damıtılmış su içilmesi vücuttaki suyun içinde çözülmüş olan elektrolitlerin seyrelmesine neden olur. Vücudun fizyolojik bölümleri arasında suyun yeniden dağılımının yetersiz kalması yaşamsal organların işlevlerini tehlikeye atabilir. Bu durumun ilk belirtileri arasında yorgunluk, güçsüzlük ve baş ağrısı sayılabilir; kas krampları ve nabızda düşüş daha ciddi semptomlar olarak ortaya çıkar.

Birçok ülkede yürütülmüş olan hayvan deneylerinden ve klinik gözlemlerden de ek verilere ulaşılmıştır. İçme sularına çinko veya magnezyum karıştırılan hayvanlarda, yemeklerine aynı elementlerden çok daha yüksek miktarda katılan ancak düşük mineralli su içirilen hayvanlara oranla, kan serumunda bu elementlerin çok daha yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu gözlenmiştir. Mineral eksikliği çeken, bağırsak emilimlerinde sorun olmayan ve damıtılmış su katılmış damar içi gıda takviyesi alan hastalar üzerinde yürütülen deneylerin ve klinik gözlemlerin sonuçlarına dayanarak, Robbins ve Sly (1981) vücuttan mineral atımının artmasında mineral içeriği düşük su tüketiminin rolü olduğunu öne sürmüştür.

Düşük mineral içerikli suyun düzenli tüketimi yukarıda ele alınan değişimlerin progresif evrimi ile ilişkilendirilebilir, semptomlar yıllar boyunca ortaya çıkmayabilir. Oysa, fiziksel efor ve litrelerce düşük mineral içerikli su

tüketiminin ardından hiponatremik şok ya da deliryum gibi çok daha ağır akut hasar da meydana gelebilir (Basnyat ve diğ. 2000). "Su zehirlenmesi" (hiponatremik şok) olarak adlandırılan durum yalnızca düşük mineral içerikli suyun değil musluk suyunun da çok fazla ve çok hızlı tüketilmesinden kaynaklanabilir. TÇM seviyeleri düştükçe "zehirlenme" riski artar. Geçmişte, içeceklerini gerekli iyonlardan yoksun erimiş kar ile hazırlayan dağcılarda akut sağlık sorunları ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. İçecekleri damıtılmış veya düşük mineral içerikli şişelenmiş su ile hazırlanan bebeklerde beyin ödemi, kasılmalar ve metabolik asidoz ile birlikte bu durum daha da vahim bir yön almıştır (CDC 1994).

2.2 Düşük mineralli sudan neredeyse hiç kalsiyum ve magnezyum alınmaz

Hem kalsiyum hem de magnezyum temel minerallerdir. Kalsiyum kemiklerin ve dişlerin önemli bir bileşeni olmanın yanı sıra nöromusküler uyarılabilirlikte de rol oynar (örn., miyokard sistemin düzgün işlemlerini, kalp ve kas kasılmasını [kontraktilite], miyokardial hücreler arasında bilgi aktarımı ve kanın pıhtılaşmasını azaltır). Magnezyum ise glikoliz, ATP [adenozin trifosfat] metabolizması, sodyum, potasyum ve kalsiyum gibi elementlerin zarlar arasında dolaşmasında, protein ve nükleik asit sentezinde, nöromusküler uyarılabilirlik ve kas kontraksiyonu da dahil olmak üzere üç yüzden fazla enzim reaksiyonunda kofaktör ve aktivatör olarak önemli bir rol oynar.

Vücudumuza giren kalsiyum ve magnezyumun en büyük kaynağı içme suyu olmamakla beraber, bu elementlerin alımının içme suyu ile desteklenmesinin sağlık açısından değeri bu elementlerin toplam günlük alım oranı şeklinde ifade edilen besinsel katkısından ağır basabilir. Sanayileşmiş ülkelerde bile, kalsiyum ve magnezyum miktarı bakımından yetersiz sayılmayacak diyetler içme suyunda kalsiyum ve özellikle magnezyum eksikliğini tam olarak kapatmaz.

1960'ların başından bu yana, dünyanın dört köşesinde birçok ülkede yürütülen epidemiyoloji çalışmaları yumuşak suyun (kalsiyum ve magnezyum içeriği düşük su) ve magnezyum seviyesi düşük suyun, sert su ve magnezyum seviyesi yüksek su ile karşılaştırıldığında, kalp ve damar hastalıkları kaynaklı rahatsızlık ve ölümler ile ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Salgın hastalıklara ilişkin bulgular son yıllarda yayınlanan makalelerde (Sauvant ve Pepin 2002; Donato ve diğ. 2003; Monarca ve diğ. 2003; Nardi ve diğ. 2003) gözden geçirilmiş, elinizdeki çalışmanın başka bölümlerinde (Calderon ve Craun, Monarca ve diğ.) özetlenmiştir. Yakın tarihli çalışmalar yumuşak suyun, yani kalsiyum içeriği düşük suyun, çocuklarda kırıklarda (Verd Vallespir ve diğ. 1992), bazı nörodejeneratif hastalıklarda (Jacqmin ve diğ. 1994), erken doğum ve düşük doğum kilosunda (Yang ve diğ. 2002) ve bazı kanser türlerinde (Yang ve diğ. 1997; Yang ve diğ. 1998) riskin artmasına neden olduğunu öne sürmektedir. Ani ölüm riskinin artmasının yanı sıra (Eisenberg 1992; Bernardi ve diğ. 1995;

Garzon ve Eisenberg 1998), magnezyum içeriği düşük su tüketiminin motor nöron hastalıklarına (Iwami ve diğ. 1994), preeklamsi olarak bilinen hamilelik sorunlarına (Melles ve Kiss 1992) ve bazı kanser türlerine (Yang ve diğ. 1999a; Yang ve diğ. 1999b; Yang ve diğ. 1999c; Yang ve diğ. 2000) ilişkin riskin artmasına neden olabileceği görölmektedir.

Sovyet şehirlerinden Shevchenko'da yürütölen araştırmalar, TÇM ve kalsiyum içeriği düşük tuzlardan arındırılmış su (kireçtaşından geçirilerek filtrelenmiş damıtılmış su) tüketilen bir nüfusta kalsiyum metabolizmasında meydana gelen değişimler üzerine spesifik bilgi sağlamaktadır. Yerel nüfusun alkalen fosfataz aktivitesinin düştüğü, plazmada kalsiyum ve fosfor konsantrasyonlarının azaldığı ve kemik dokusu dekalsifikasyonunun arttığı gözlenmiştir. Bu değişimler en belirgin olarak kadınlarda, özellikle de hamile kadınlarda gözlenmiş, değişimlerin Shevchenko'da ikamet süresine bağlı oldukları ortaya çıkmıştır (WHO 1980; Pribytkov 1972; Rakhmanin ve diğ. 1973).

Gıda değer ve tuzlar açısından yeterli nitelikte beslenmekle birlikte tuzdan arındırılmış ve 400 mg/l çözünmüş madde ile 5 mg/l, 25 mg/l, 50 mg/l aralığında kalsiyum eklenmiş su verilen fareler üzerinde yürütölen bir yıl süreli bir araştırma da sudan alınan kalsiyumun önemini doğrulamaktadır (WHO 1980; Rakhmanin ve diğ. 1976). 5 mg/l kalsiyum eklenmiş su verilen deneklerde, daha yüksek dozların verildiği hayvanlara oranla, tiroid ve bağlantılı fonksiyonlarda azalma olduğu görölmüştür.

İçme suyunda genellikle bulunan pek çok kimyasalın etkisi uzun süreli tüketimden sonra görölmesine rağmen, kalsiyumun ve özellikle de magnezyumun kalp ve damar sistemi üzerindeki etkilerinin daha kısa süreli tüketimi yansıttığı düşünölmektedir. Sadece birkaç aylık tüketim magnezyum ve/veya kalsiyum içeriği düşük suyun etkileri için yeterli süre olabilir (Rubenowitz et al. 2000). Kısa dönem tüketimin etkilerini göstermek açısından 2000-2002 döneminde ev musluklarında içme suyunun nihai işlemden geçmesinde ters osmoz sistemini kullanmaya başlayan Çek ve Slovak nüfusları ele alınabilir. Sadece haftalar ve aylarla ölçölebilecek bir zaman dilimi içinde akut magnezyum (ve muhtemelen kalsiyum) yetersizliğini akla getiren muhtelif sağlık sorunları bildirilmiştir (NIPH 2003). Söz konusu şikâyetler arasında kalp ve damar bozuklukları, yorgunluk, halsizlik ve kas krampları sayılabilir. Bu şikâyetler German Society for Nutrition [Alman Besin Birliği] uyarısında sıralanan semptomlar ile aynıdır.

2.3 Düşük mineralli sudan bazı gerekli elementlerin ve mikro-elementlerin yetersiz alınması

İçme suyu, bazı istisnalar dışında, insanlar için gereken temel elementlerin ana kaynağı olmamakla birlikte, katkısı pek çok açıdan önem taşır. Günümüzde pek çok kişinin beslenme biçimi mineral ve mikro-element

açısından yeterli olmayabilir. Belli bir elementin yetersizlik sınırında bulunması durumunda, söz konusu elementin nispeten düşük oranda bile olsa içme suyu vasıtasıyla alınması önemli bir koruyucu rol oynar. Bunun nedeni elementlerin suda genellikle serbest iyonlar şeklinde bulunması sebebiyle, çoğunlukla başka maddelere bağlı oldukları yemeklere kıyasla, daha çabuk emilmeleridir.

Hayvanlar üzerinde yürütülen çalışmalar, aynı zamanda, suda mikro miktarlarda bulunan bazı elementlerin önemini de açığa çıkartmaktadır. Örneğin, Kondratyuk (1989) mikro-element alımındaki tek bir farklılığı kas dokusu içeriğinde altı kat değişim meydana gelmesi ile ilişkilendirmektedir. Bu sonuca altı ay süresince dört gruba ayrılarak a) musluk suyu, b) düşük mineral içerikli su, c) musluk suyunda iyodür, kobalt, bakır, mangan, molibden, çinko ve florür katkılı düşük mineral içerikli su, d) aynı elementlerin on kat daha yoğun eklendiği düşük mineral içerikli su verilen fareler üzerinde yapılan deney ile varılmıştır. Üstelik katkısız düşük mineral içerikli suyun kan oluşumu süreci üzerinde olumsuz etkide bulunduğu görülmüştür. Katkısız düşük mineral içerikli su verilen hayvanlarda alyuvar içeriğindeki ortalama sülfat miktarı musluk suyu verilenlere oranla yüzde 19'a kadar daha az çıkmıştır. Katkılı su verilen hayvanlarla karşılaştırıldığında hemaglobin değerlerindeki farklar daha da fazladır.

Farklı TÇM oranları içeren su temin edilen Rus nüfusları arasında bir ekolojik tasarım üzerine yapılan yakın tarihli epidemiyolojik çalışmalar düşük mineral içerikli suyun yüksek tansiyon ve koroner kalp hastalığı, gastrik ve duodenal ülser, kronik gastrit, guatr, hamilelikte görülen komplikasyonlar, yeni doğanlarda ve bebeklerde sarılık, anemi, kırık ve büyüme bozuklukları gibi muhtelif komplikasyonlar yönünde riski artırdığını düşündürmektedir (Mudryi 1999). Ancak, bu çalışmalarda gözlenen etkilerin kalsiyum ve magnezyum ya da başka elementlerin eksikliğinden mi yoksa başka faktörlerden mi kaynaklandığı kesin olarak söylenememektedir.

Lutai (1992) Rusya'nın Ust İlimsk bölgesinde büyük çaplı bir epidemiyolojik araştırma yürütmüştür. Bu araştırma farklı TÇM oranlarına sahip iki ayrı yörede 7658 yetişkin, 562 çocuk ve 1582 hamile kadın üzerinde hastalanma ve fiziksel gelişim üzerinde odaklanmıştır. Yörelere birine düşük mineral içerikli su (ortalama değerler: TÇM 134 mg/l, kalsiyum 18,7 mg/l, magnezyum 4,9 mg/l, bikarbonatlar 86,4 mg/l); diğerine ise mineral içeriği yüksek su tedarik edilmiştir (ortalama değerler: TÇM 385 mg/l, kalsiyum 29,5 mg/l, magnezyum 8,3 mg/l, bikarbonatlar 243,7 mg/l). Suda bulunan sülfat, klorür, sodyum, potasyum, bakır, çinko, mangan ve molibden seviyeleri de tespit edilmiştir. İncelenen iki nüfus arasında yeme alışkanlıkları, havanın kalitesi, toplumsal koşullar ve ilgili yörede ikamet süresi açısından fark bulunmamaktadır. Düşük mineral içerikli su tedarik edilen nüfusta guatr, yüksek tansiyon, iskemik kalp hastalığı, gastrik ve duodenal ülser, kronik gastrit, kolesistit ve nefrit vakalarında artış

gözlenmiştir. Bu yörede yaşayan çocuklarda fiziksel gelişimin daha yavaş seyrettiği, büyüme bozukluklarının daha fazla olduğu, hamile kadınların ödem ve anemiye daha sık maruz kaldıkları görülmüştür. Bu yörede yeni doğanlarda hastalık oranı da daha yüksektir. En düşük hastalık oranı 30-90 mg/l kalsiyum, 17-35 mg/l magnezyum ve 400 mg/l TÇM (bikarbonat içeren sulardaki seviyeler) içeren su ile ilişkilendirildi. Araştırmacılar bu nitelikteki suların fizyolojik açıdan en uygun sayılabileceği sonucuna varmışlardır. Mineral içeriği daha yüksek olan su aynı zamanda bikarbonat açısından da nispeten daha zengindi; Lutai içme suyunda istenen bikarbonat seviyesinin 250-500 mg/l olması gerektiğini öne sürmüştür.

2.4 Düşük mineralli su ile hazırlanan yemeklerde kalsiyum, magnezyum ve diğer temel elementlerin yüksek oranda kaybı

Yemek pişirmede kullanıldığında yumuşak suyun gıda maddelerindeki (sebzeler, et, tahıllar) temel elementlerde ciddi kayba neden olduğu anlaşılmıştır. Bu kayıplar magnezyum ve kalsiyum söz konusu olduğunda yüzde 60'a varabildiği gibi, bazı mikro-elementlerde daha da yükselir (örn. bakır % 66, mangan % 70, kobalt % 86). Buna karşılık, yemek pişirirken sert su kullanıldığında bu elementlerdeki kayıp çok daha azdır; hatta bazı durumlarda pişirilmiş yemeklerde kalsiyum içeriğinin arttığı bildirilmiştir (WHO 1978; Haring ve Van Delft 1981; Oh ve diğ. 1986; Durlach 1988).

Besinlerin büyük kısmı yemekle birlikte alındığından, yemek hazırlarken ve pişirirken düşük mineral içerikli su kullanmak, bazı temel elementlerin toplam alımında önemli oranda yetersizliğe yol açabilir; söz konusu yetersizlik bu tip suyun sadece içme amaçlı kullanılmasında beklenenden çok daha fazladır. Pek çok kişinin mevcut beslenme biçimi genellikle gerekli elementlerin yeterli miktarda alınmasını sağlamamaktadır, bu yüzden de yemek hazırlığı ve pişirilmesi esnasında temel elementlerin ve besin maddelerinin kaybına neden olabilecek her etmen bu kişilerin sağlığına zarar verebilir.

2.5 Toksik metallerin yeme-içme yoluyla alınma riskinin artması

Düşük mineralli su stabil değildir, bu yüzden de temasa geçtiği materyalleri çözerek eritebilir. Bu tür sular borulardan, kaplamalardan, depolardan ve konteynerlerden, hortumlardan ve vanalardan metalleri ve bazı organik maddeleri daha çabuk emer, bazı toksik maddelerle bir araya geldiğinde düşük emilimli bileşikler üretmediğinden de olumsuz etkilerini bertaraf edemez. ABD'de 1993-1994 döneminde bildirilen içme suyu kaynaklı sekiz kimyasal zehirlenme vakasından üçü bebeklerde kurşun zehirlenmesiydi; bu vakalarda bebeklerin kanlarındaki kurşun seviyeleri sırasıyla şöyleydi: 15 µg/dl, 37 µg/dl, and 42 µg/dl. Tehlike sınırı 10 µg/dl'dir. Her üç vakada da kurşun içme suyu depolarının pirinç kaplamalarından ve kurşun lehimli ek yerlerinden sızmıştı. Her üç tesisatta da sızma sürecini hızlandıran düşük

mineral içerikli su kullanılıyordu (Kramer ve diğ. 1996). Kanlarında en yüksek kurşun oranına rastlanan iki bebek için mutfak musluğundan alınan ilk su örneğinde kurşun seviyesi 495 ile 1050 µg/dl aralığındaydı; üçüncü bebek için mutfak musluğundan alınan su örneklerinde 66 µg/dl bulunmuştu.

Suda ve yemeklerde bulunan kalsiyumun ve daha az olmakla birlikte magnezyumun antitoksik özellikleri olduğu bilinmektedir. Bu elementler, emilimi yapılamayan bir bileşiğe yol açan bir reaksiyondan geçmek veya bağlanma bölgelerine önce varmak suretiyle kurşun ve kadmiyum gibi bazı toksik elementlerin bağırsaktan kana karışmasını engelleyebilirler (Thompson 1970; Levander 1977; Oehme 1979; Hopps ve Feder 1986; Nadeenko ve diğ. 1987; Durlach ve diğ. 1989; Plitman ve diğ. 1989). Bu koruyucu etki hayli kısıtlı olsa da göz ardı edilmemesi gerekir. Düşük mineral içerikli su tüketen nüfuslar, ortalama mineral içeriğine ve sertlik seviyesine sahip su tüketenlere oranla, toksik maddelere maruz kalma açısından daha fazla risk altında olabilirler.

2.6 Düşük mineralli suda olası bakteri oluşumu

Her tür su, kaynağında olsun boru şebekesinde mikrop üremesinin sonucu olsun, bakteri bulaşmasına açıktır. Başlangıç ısılarının yüksekliği, sıcak iklimlerde dağıtım şebekesinden geçen suyun yüksek ısıda olması, çöküntü dezenfektanlarının olmayışı ve suyun temas ettiği materyalleri eritici niteliği yüzünden "besin" açısından muhtemelen daha zengin olması boru hatlarında bakteri oluşumunu kolaylaştırır. Dezenfektan kullanılmaması halinde tuzdan arındırılmış sularda da bu durum gözlenir. Sağlam bir arıtma filtresinin her tür bakteriyi ortadan kaldırması gerekse de, 1992'de Suudi Arabistan'da ters osmoz işleminden geçirilmiş su kaynaklı tifo salgınının da gösterdiği gibi, bu yöntem (belki de sızmalar yüzünden) yüzde yüz etkili olmayabilir (al-Qarawi ve diğ. 1995). Çeşitli ev tipi su arıtma cihazlarından geçirilen sularda bakteri bulaşma riski Geldreich ve diğ. (1985) ve Payment ve diğ. (1989, 1991) tarafından yapılmış çalışmalarda da ortaya konmaktadır.

Prag'da bulunan Çek Ulusal Kamu Sağlığı Enstitüsü [Czech National Institute of Public Health] (NIPH, 2003) içme suyu ile temas etmesi öngörülen ürünleri güvenlik testinden geçirerek ters osmoz ünitelerindeki basınç tanklarının bakteri üremesine açık olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu tankların yüzeyinde bakteri oluşumuna müsait bir lastik tabaka bulunmaktadır.

3. MİNERALLERDEN ARINDIRILMIŞ İÇME SUYUNDA İSTENEN MİNERAL İÇERİĞİ

Minerallerden arındırılmış suyun aşındırıcı gücü ile düşük TÇM içeren suyun tüketimi ve dağıtımına bağlı sağlık riskleri içme suyundaki asgari ve en uygun mineral içeriği hakkında tavsiyelere, daha sonra da bazı ülkelerde ilgili yasal veya

teknik yönetmeliklerde içme suyu kalitesi hakkında zorunlu değerler tespit edilmesine yol açmıştır.

Organoleptik nitelikler ve susuzluğu giderme kapasitesi de bu tavsiyeler dahilinde ele alınmıştır. Örneğin, gönüllü insan deneyleri (WHO 1980) fizyolojik gereksinimleri en iyi karşılayan su sıcaklığının 15-35°C aralığında olduğunu göstermiştir. 35°C'nin üzerinde veya 15°C'nin altındaki sıcaklıkların su tüketiminde düşüşe neden olduğu gözlenmiştir. TÇM oranı 25-50 mg/l aralığındaki su ise tatsız olarak nitelendirilmiştir (WHO 1980).

3.1. 1980 tarihli WHO raporu

TÇM oranı düşük içme suyunun etkisiyle tuzlar vücuttan süzülür. Sadece tuzlardan tamamen arındırılmış sularda değil, TÇM oranı 50-75 mg/l aralığında olan sularda da su-tuz dengesinin başkalaşması gibi olumsuz etkiler gözlemlendiği için 1980 WHO raporunu hazırlayan ekip içme suyunda TÇM oranının 100 mg/l olması gerektiğini belirtmiştir. Ekip, aynı zamanda, klorür-sülfatlı sularda TÇM oranının 200-400 mg/l, bikarbonatlı sularda 250-500 mg/l aralığında olmasını önermiştir. Bu tavsiyeler fareler, köpekler ve gönüllü insanlar üzerinde yürütülen kapsamlı deneysel araştırmalar sonucunda saptanmıştır. Değerlendirilen sular arasında Moskova musluk suyu, yaklaşık 10 mg/l TÇM içeren tuzdan arındırılmış suyun yanı sıra laboratuvar ortamında hazırlanmış sular bulunmaktadır; laboratuvar ortamında hazırlanmış sular 50, 100, 250, 300, 500, 750, 1000, ve 1500 mg/l TÇM oranına sahiptir ve şu maddeleri belirtilen miktarlarda içermektedir: Cl (% 40), HCO₃ (% 32), SO₄ (% 28) / Na (% 50), Ca (% 38), Mg (% 12). Sağlık açısından doğabilecek pek çok sonuç da incelenmiştir, bunlar arasında şunlar sayılabilir: Vücut ağırlığı dinamikleri, baz ve nitrojen metabolizması, enzim aktivitesi, su-tuz dengesi ve düzenleyici mekanizması, vücut dokularının ve sıvılarının mineral içeriği, hematokrit ve ADH [anti diüretik hormon] aktivitesi. En uygun TÇM oranı olumsuz etkiler ile insanlar, köpekler veya fareler üzerindeki menfi değişimlerin en az görüldüğü, organoleptik niteliklerin ve susuzluk giderme vasıflarının iyi olduğu, suyun aşındırıcılığının düşük olduğu vakaya göre belirlenmiştir.

Ekip (WHO 1980) TÇM seviyelerinin yanı sıra tuzlardan arındırılmış içme suyunda asgari kalsiyum miktarının 30 mg/l olmasını tavsiye etmiştir. Bu seviyelerin saptanmasında sağlıksal endişeler temel alınmış, bunlar arasında da en önemli etkiler kalsiyum ve fosfor metabolizmasında meydana gelen hormonal değişimler ve kemik dokusunda mineral saturasyonunun düşmesi olmuştur. Ayrıca, kalsiyum içeriği 30 mg/l'ye çıkarıldığında tuzdan arındırılmış suyun aşındırıcı niteliğinin hayli azaldığı ve suyun daha stabil olduğu gözlenmiştir (WHO 1980). Ekip (WHO 1980), ayrıca, kabul edilebilir organoleptik vasıflar, aşındırıcılığın azalması ve tavsiye edilen asgari kalsiyum seviyesinde denge konsantrasyonu için

gereken asgari düzey olarak 30 mg/l değerinde bikarbonat iyon iğeriği önermiştir.

3.2. Son dönemdeki tavsiyeler

Daha yakın tarihli çalışmalar minerallerden arındırılmış suda bulunması gereken asgari ve en uygun mineral oranları hakkında daha fazla bilgi sağlamıştır. Örneğin, farklı sertliklerde su içmenin 20-49 yaş dilimindeki kadınların sağlık durumu üzerindeki etkisi Güney Sibirya'da dört ayrı kentte yürütölen, biri 460 diğeri 511 kadını kapsayan iki ayrı epidemiyolojik grup araştırmasının konusu olmuştur. (Levin ve diğ. 1981; Novikov ve diğ. 1983). A kentindeki su en düşük kalsiyum ve magnezyum seviyelerinde sahipti (3,0 mg/l kalsiyum ve 2,4 mg/l magnezyum). B kentindeki su biraz daha yüksek oranlar içeriyordu (18,0 mg/l kalsiyum ve 5,0 mg/l magnezyum). En yüksek oranlar C kentinde (22,0 mg/l kalsiyum ve 11,3 mg/l magnezyum) ve D kentindeydi (45,0 mg/l kalsiyum ve 26,2 mg/l magnezyum). A ve B kentlerinde yaşayan kadınlarda, C ve D kentlerinde yaşayanlara kıyasla, kalp ve damar hastalıkları (EKG ölçümleri doğrultusunda), yüksek tansiyon, somatoform otonom işlev bozuklukları, baş ağrısı, baş dönmesi ve osteoporoz (X-Ray Absorbsiyometri ölçümleri doğrultusunda) vakalarına daha sık rastlanmıştır. Bu sonuçlar içme suyunda asgari magnezyum içeriğinin 10 mg/l, asgari kalsiyum içeriğinin 1980'de (1980 WHO) tavsiye edilen 30 mg/l yerine 20 mg/l olması gerektiğini düşündürmektedir.

şu anda elde bulunan veriler işığında, muhtelif araştırmacılar içme suyunun kalsiyum ve magnezyum içeriği ile sertlik düzeyinin aşağıda belirtilen seviyelerde olmasını tavsiye etmektedirler:

- Magnezyum: asgari 10 mg/l (Novikov ve diğ. 1983; Rubenowitz ve diğ. 2000) ve en uygun yaklaşık 20-30 mg/l (Durlach ve diğ. 1989; Kozisek 1992);
- Kalsiyum, asgari 20 mg/l (Novikov ve diğ. 1983) ve en uygun yaklaşık 50 (40-80) mg/l (Rakhmanin ve diğ. 1990; Kozisek 1992);
- Suyun toplam sertliği: toplam kalsiyum ve magnezyum içeriği 2-4 mmol/l aralığında olmalı (Plitman ve diğ. 1989; Lutai 1992; Muzalevskaya ve diğ. 1993; Golubev ve Zimin 1994).

Bu konsantrasyonlarda sağlık üzerinde olumsuz etkiler gözlenmemekte veya asgari düzeyde gözlenmektedir. Söz konusu istenen veya en uygun konsantrasyonlarda içme suyunun sağlık üzerinde azami koruyucu ya da faydalı etki sağladığı görölmüştür. Önerilen magnezyum seviyeleri kalp ve damar sistemi üzerinde görölen etkilere dayanırken, kalsiyum mekanizmasında ve kemikleşmede görölen değişimler önerilen kalsiyum seviyesinin belirlenmesinde temel oluşturmuştur. En uygun sertlik seviyesi

aralığı ise, sertlik seviyesi 5 mmol/l üzerinde olan su temin edilen nüfuslarda safra kesesi taşları, böbrek taşları, üriner sistem taşları, eklem romatizması ve eklem hastalıkları riskinin arttığını gösteren verilerden elde edilmiştir.

Bu konsantrasyonlar öngörülürken içme suyunun uzun süreli tüketimi göz önüne alınmıştır. Bazı suların kısa vadede sağlığa yararlı endikasyonları açısından bu elementlerin daha yüksek konsantrasyonları ele alınabilir.

3.3 İçme suyundaki kalsiyum, magnezyum ve sertlik seviyeleriyle ilgili kılavuzlar ve yönetmelikler

İçme Suyu Kalitesi Kılavuzu'nun ikinci baskısında (WHO 1996) WHO kalsiyum ve magnezyumu suyun sertliği çerçevesinde değerlendirmesine rağmen kalsiyum, magnezyum ya da sertlik açısından asgari seviye veya azami limit tavsiyesinde bulunmamıştır.

İlk Avrupa Yönetmeliği (European Union 1980) yumuşatılmış veya tuzdan arındırılmış su için asgari sertlik oranı saptamıştır (≥ 60 mg/l. kalsiyum veya eşdeğer katyonlar). Bu oran bütün AET üyelerinin ulusal mevzuatında zorunlu görünmekle birlikte, Aralık 2003'te yeni Yönetmelik (European Union 1998) yürürlüğe girdiğinde önceki Yönetmelik geçerliğini yitirmiştir. Yeni Yönetmelik kalsiyum, magnezyum ya da sertlik için bir koşul içermemektedir. Öte yandan, üye ülkelerin kendi ulusal mevzuatlarına böyle bir koşul koymalarını da engellemektedir. AB Üyesi Devletlerden sadece birkaçı (örn. Hollanda) kalsiyum, magnezyum veya suyun sertliğini bağlayıcı bir zorunluluk olarak ulusal mevzuatlarına dahil etmişlerdir. Bazı AB Üyesi Devletler (örn. Avusturya, Almanya) ise bu parametreleri mevzuatlarına teknik standartlar (örn. suyun aşındırıcılığını düşürmekle ilgili önlemler) şeklinde daha alt düzeyde bağlayıcı olmayacak biçimde eklemiştir.

Buna karşılık, AB'ye Mayıs 2004'te katılan dört Orta Avrupa ülkesinin hepsi, bağlayıcı hükümleri değişik seviyelerde olsa da, kendi mevzuatlarında aşağıda belirtilen koşullara yer vermiştir:

- Çek Cumhuriyeti (2004): Yumuşak su için ≥ 30 mg/l kalsiyum ve ≥ 10 mg/l magnezyum; kılavuz seviyeleri 40-80 mg/l kalsiyum ve 20-30 mg/l magnezyum (toplam sertlik: Ca + Mg = 2.0 – 3.5 mmol/l).
- Macaristan (2001): Sertlik 50 – 350 mg/l (CaO olarak); şişelenmiş içme suyunda, yeni su kaynaklarında, yumuşatılmış ve tuzdan arındırılmış suda zorunlu olan asgari konsantrasyon 50 mg/l.
- Polonya (2000): Sertlik 60–500 mg/l (CaCO₃ olarak).
- Slovakya (2002): Kılavuz seviyeleri > 30 mg/l kalsiyum ve 10 – 30 mg/l magnezyum.

Rusların pilotlu uzay gemilerinde astronotun bulunduğu ortama ilişkin teknik standartlarında – *genel medikal ve teknik koşullar* (Anonim 1995) – uzay gemilerinde içme amaçlı geri dönüştürülmüş suyun niteliğiyle ilgili koşullar tanımlanmaktadır. Başka koşulların yanı sıra, söz konusu su TÇM oranı 100-1000 mg/l aralığında olmalı ve her kozmik uçuş için özel bir komisyon tarafından belirlenecek asgari florür, kalsiyum ve magnezyum oranlarını içermelidir. Buradaki temel mesele geri dönüştürülmüş suyu “fizyolojik değer”e kavuşturmak üzere mineral katkısının nasıl yapılacağıdır (Skylar ve diğ. 2001).

4. SONUÇLAR

İçme suyu belirli temel minerallerden (ve karbonatlar gibi başka unsurlardan) asgari seviyede içermelidir. Ne yazık ki, son yirmi yıldır araştırmalarda içme suyunda bulunan maddelerin faydalı ya da koruyucu nitelikli etkilerine pek ilgi gösterilmemiştir. Araştırmalar ağırlıklı olarak kirletici maddeler ve bunların toksikolojik nitelikleri üzerine yoğunlaşmıştır. Öte yandan, bazı çalışmalar içme suyundaki temel elementlerin ya da TÇM oranının asgari içeriğini saptamaya çalışmış, bazı ülkeler içme suyu yönetmeliklerine belirli maddeler için koşullar ya da kılavuzlar eklemiştir. Bunlar istisnai durumlar olmasına rağmen, bu konu sadece içme suyunun tuzdan arındırılma suretiyle elde edildiği yerlerde değil (yeterli ölçüde mineral eklenmemesi durumunda), ev tipi arıtmanın ya da merkezi arıtmanın temel minerallerin oranını azalttığı ve düşük mineralli şişelenmiş su tüketilen yerlerde de önem arz etmektedir.

Tuzdan arındırma suretiyle üretilen içme suyu bazı minerallerle dengelenmekle birlikte, ev tipi arıtma sonucunda minerallerden arınan su söz konusu olduğunda durum böyle değildir. Bazı suların bileşimi dengelendiğinde bile sağlığa fayda sağlayacak niteliğe ulaşmayabilmektedir. Tuzdan arındırılmış sular ağırlıklı olarak kalsiyum (kireç) ve başka karbonatlar ile desteklenmesine rağmen, magnezyum ile florür ve potasyum gibi diğer mikro-elementler açısından yetersiz kalabilmektedir ki bu durum doğal suların pek çoğu için de geçerlidir. Ayrıca, destek olarak katılan kalsiyum miktarı sağlıktan ziyade teknik kaygılara (mesela aşındırıcılığı azaltmak) dayanmaktadır. Muhtemelen genellikle kullanılan mineral katkısı yöntemlerinden hiçbiri ideal sayılamayacaktır, zira su faydalı bileşenlerin hepsini birden içermemektedir. Mevcut dengeleme yöntemleri öncelikle mineralden arındırılmış suyun aşındırıcı etkilerini azaltmaya yöneliktir.

Mineral katkısı yapılmamış mineralsiz su, ya da düşük mineral içerikli su – içindeki temel minerallerin önemli oranda eksik olması veya hiç olmaması nedeniyle – ideal içme suyu sayılmamaktadır; bu yüzden de düzenli tüketilmesi bazı faydalı besinlerin yeterli seviyede alınmasını sağlayamayabilmektedir. Bu bölüm bu sonucun gerekçesini ortaya koymaktadır.

Minerallerden arındırma oranı yüksek sulara ilişkin deneysel sonuçlar ve gönüllü kişiler üzerindeki bulgular çerçevesinde ortaya çıkan kanıtlar çoğunlukla daha eski

çalışmalarda bulunmaktadır ki bunlar da günümüzde geçerli olan metodolojik ölçütlere uygunluk göstermeyebilmektedir. Öte yandan, bu bulgular ve sonuçlar göz ardı edilmemelidir. Bu çalışmaların bazıları türünün tek örneğidir; müdahaleci çalışmalar ise, her ne kadar yürütülmemiş olsa da, bilimsel, finansal ve etik açıdan günümüzdeki kadar uygun olmazdı. Öte yandan, söz konusu çalışmalarda kullanılan yöntemler elde edilen sonuçları geçersiz kılacak kadar tartışmalı değildir. Minerallerden arındırılmış ya da düşük mineral içerikli su içmekten kaynaklanan sağlık riskleri üzerine yapılan daha eski klinik ve hayvansal çalışmalar hem birbiriyle hem de daha yakın tarihlerde yapılan çalışmalar ile tutarlı sonuçlar ortaya koymuştur, yakın tarihli çalışmalar da genellikle destekleyici niteliktedir.

Kalsiyum ve magnezyum içeriği yetersiz su içmenin sağlık açısından riskler doğurabileceğini doğrulamak için yeterli kanıt artık mevcuttur. Pek çok araştırma daha yüksek magnezyum seviyelerinin KVH [kalp ve damar hastalıkları] ve özellikle de KVH kaynaklı ani ölüm riskini düşürdüğünü göstermektedir. Farklı bölgelerde (farklı nüfuslarla), farklı zamanlarda ve farklı araştırma tasarımları ile yürütülen epidemiyolojik çalışmalarda bu ilişki bağımsız bir biçimde tanımlanmıştır. Tutarlı epidemiyolojik gözlemler otopsi, klinik deneyler ve hayvanlar üzerinde yürütülen çalışmalardan toplanan verilerle desteklenmektedir. Magnezyumun koruyucu etkisinin biyolojik olasılığı çok yüksek olmakla birlikte, KVH'nın multifaktöryel etyolojisi (nedenlerinin birden çok faktöre dayanması –ç.n.) sebebiyle özgüllüğü bu kadar net değildir. Ani ölüm riskinin artmasının yanı sıra, magnezyum içeriği düşük su içmenin motor nöron hastalığı, hamilelikte görülen sorunlar (preeklamsi olarak bilinen durum ve ani bebek ölümleri) bazı kanser türleri riskinin yükselmesiyle ilişkili olduğu öne sürülmüştür. Yakın tarihli çalışmalar yumuşak su, yani kalsiyum içeriği düşük su tüketiminin çocuklarda kemik kırılmaları, bazı nörodejeneratif hastalıklar, erken doğum, düşük doğum kilosu ve bazı kanser türleri riskinin artmasıyla ilişkili olduğu ileri sürmektedir. Ayrıca, sudaki kalsiyumun KVH oluşumundaki olası rolü de göz ardı edilemez.

İçme suyu kalitesinden sorumlu uluslararası ve ulusal yetkililer kalsiyum ve magnezyum gibi temel elementler ile TÇM için asgari içerik seviyesini belirleyen tuzdan arındırma kılavuzları hazırlamayı düşünmelidirler. Bu tür kılavuzların hazırlanması için ek çalışmalar yapılması gerekmesi halinde, söz konusu yetkililer bu alanda sağlık açısından faydalar üzerinde duracak özel amaçlı araştırmaları öne çıkarmalıdır. Minerallerden arındırılmış suda bulunması gereken maddeler için kılavuzlar hazırlanması durumunda, yetkililer bu kılavuzların ev tipi arıtım cihazlarının kullanımını ve şişelenmiş suları da kapsamalarını sağlamalıdır.

KAYNAKLAR

Anonymous (1995) GOST R 50804-95 Astronaut environment in piloted spaceships – general medical and technical requirements. (In Russian.) Russian Governmental Standard. Gosstandard Rossii, Moscow.

Anonymous (1994) Epidemiologic notes and reports lead-contaminated drinking water in bulk-storage tanks—Arizona and California, 1993. MMWR 43(41), 751; 757-758. Basnyat, B., Sleggs, J. and Spinger, M. (2000) Seizures and delirium in a trekker: the consequences of excessive water drinking? Wilderness Environ. Med. 11, 69-70.

Bernardi, D., Dini, F.L., Azzarelli, A., Giaconi, A., Volterrani, C. and Lunardi, M. (1995) Sudden cardiac death rate in an area characterized by high incidence of coronary artery disease and low hardness of drinking water. Angiology 46, 145-149.

Bragg, P.C. and Bragg, P. (1993) The Shocking Truth about Water. 27th ed. Health Science, Santa Barbara, CA. CDC (1994) Hyponatremic seizures among infants fed with commercial bottled drinking water – Wisconsin, 1993. MMWR 43, 641-643. Dgfe (Deutsche Gesellschaft für Ernährung) (1993) Drink distilled water? (In German.) Med. Mo. Pharm. 16, 146.

Donato, F., Monarca, S., Premi, S., and Gelatti, U (2003) Drinking water hardness and chronic degenerative diseases. Part III. Tumors, urolithiasis, fetal malformations, deterioration of the cognitive function in the aged and atopic eczema. (In Italian.) Ann. Ig. 15, 57-70.

Durlach, J. (1988) The importance of magnesium in water. In Magnesium in Clinical Practice (ed. J.Durlach), pp 221-222, John Libbey & Co Ltd, London.

Durlach, J., Bara, M. and Guet-Bara, A. (1989) Magnesium level in drinking water: its importance in cardiovascular risk. In Magnesium in Health and Disease (ed. Y.Itokawa and J.Durlach), pp. 173-182, J.Libbey & Co Ltd, London.

Eisenberg, M.J. (1992) Magnesium deficiency and sudden death. Am. Heart J. 124, 544-549.

European Union (1980) Council Directive 80/778/EEC of 15 July 1980 relating to the quality of water intended for human consumption. Off. J. Eur. Commun. L229, 11-29.

European Union (1998) Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. Off. J. Eur. Commun. L330, 32-54.

Garzon, P. and Eisenberg, M.J. (1998) Variation in the mineral content of commercially available bottled waters: implication for health and disease. *Am. J. Med.* 105, 125-130.

Geldreich, E.E., Taylor, R.H., Blannon, J.C. and Reasoner, D.J. (1985) Bacterial colonization of point-of-use water treatment devices. *Journal AWWA* 77, 72-80.

Golubev, I.M. and Zimin, V.P. (1994) On the standard of total hardness in drinking water. (In Russian.) *Gig. Sanit.* No. 3/1994 (volume not given), 22-23.

Haring, B.S.A. and Van Delft, W. (1981) Changes in the mineral composition of food as a result of cooking in "hard" and "soft" waters. *Arch. Environ. Health* 36, 33-35.

Hopps, H.C. and Feder, G.L. (1986) Chemical qualities of water that contribute to human health in a positive way. *Sci. Total Environ.* 54, 207-216.

Iwami, O., Watanabe, T., Moon, Ch.S., Nakatsuka, H. and Ikeda, M. (1994) Motor neuron disease on the Kii Peninsula of Japan: excess manganese intake from food coupled with low magnesium in drinking water as a risk factor. *Sci. Total Environ.* 149, 121-135.

Jacqmin, H., Commenges, D., Letenneur, L., Barberger-Gateau, P. and Dartigues, J.F. (1994) Components of drinking water and risk of cognitive impairment in the elderly. *Am. J. Epidemiol.* 139, 48-57.

Kondratyuk, V.A. (1989) On the health significance of microelements in low-mineral water. (In Russian.) *Gig. Sanit.* No.2/1989 (volume not given), 81-82.

Kozisek, F. (1992) Biogenic value of drinking water. (In Czech.) PhD thesis. National Institute of Public Health, Praha.

Kramer, M.H., Herwaldt, B.L., Craun, G.F., Calderon, R.L. and Juranek, D.D. (1996) Surveillance for Waterborne-Disease Outbreaks – United States, 1993-1994. In: *CDC Surveillance Summaries*, April 12, 1996. *MMWR* 45 (No. SS-1), 1-33.

Levander, O.A. (1977). Nutritional factors in relation to heavy metal toxicants. *Fed. Proc.* 36, 1683-1687.

Levin, A.I., Novikov, J.V., Plitman, S.I., Noarov, J.A. and Lastochkina, K.O. (1981) Effect of water of varying degrees of hardness on the cardiovascular system. (In Russian.) *Gig. Sanit.* No. 10/1981 (volume not given), 16-19.

Lutai, G.F. (1992) Chemical composition of drinking water and the health of population. (In Russian.) *Gig. Sanit.* No. 1/1992 (volume not given), 13-15.

Melles, Z. and Kiss, S.A. (1992) Influence of the magnesium content of drinking water and of magnesium therapy on the occurrence of preeclampsia. *Magnes. Res.* 5, 277-279.

Monarca, S., Zerbini, I., Simonati, C. and Gelatti, U. (2003) Drinking water hardness and chronic degenerative diseases. Part II. Cardiovascular diseases. (In Italian.) Ann. Ig. 15, 41-56.

Mudryi, I.V. (1999) Effects of the mineral composition of drinking water on the population's health (review). (In Russian.) Gig. Sanit. No.1/1999 (volume not given), 15-18.

Muzalevskaya, L.S., Lobkovskii, A.G. and Kukarina, N.I. (1993) Incidence of chole- and nephrolithiasis, osteoarthrosis, and salt arthropathies and drinking water hardness. (In Russian.) Gig. Sanit. No. 12/1993 (volume not given), 17-20.

Nadeenko, V.G., Lenchenko, V.G. and Krasovskii, G.N. (1987) Combined effect of metals during their intake with drinking water. (In Russian.) Gig. Sanit. No.12 /1987 (volume not given), 9-12.

Nardi, G., Donato, F., Monarca, S., and Gelatti, U. (2003) Drinking water hardness and chronic degenerative diseases. Part I. Analysis of epidemiological research. (In Italian.) Annali di igiene - medicina preventiva e di comunita 15, 35-40.

NIPH (National Institute of Public Health) (2003) Internal data. Prague

Novikov, J.V., Plitman, S.I., Levin, A.I. and Noarov, J.A. (1983) Hygienic regulation for the minimum magnesium level in drinking water. (In Russian.) Gig. Sanit. No. 9/1983 (volume not given), 7-11.

Oehme, F.W. (ed.) (1979). Toxicity of heavy metals in the environment. Part 1. M.Dekker, New York.

Oh, C.K., Lücker, P.W., Wetzelsberger, N. and Kuhlmann, F. (1986) The determination of magnesium, calcium, sodium and potassium in assorted foods with special attention to the loss of electrolytes after various forms of food preparations. Mag.- Bull. 8, 297-302.

Payment, P. (1989) Bacterial colonization of reverse-osmosis water filtration units. Can. J. Microbiol. 35, 1065-1067.

Payment, P., Franco, E., Richardson, L. and Siemiatycki, J. (1991) Gastrointestinal health effects associated with the consumption of drinking water produced by point-of-use domestic reverse-osmosis filtration units. Appl. Environ. Microbiol. 57, 945-948.

Plitman, S.I., Novikov, Yu.V., Tulakina, N.V., Metelskaya, G.N., Kochetkova, T.A. and Khvastunov, R.M. (1989) On the issue of correction of hygienic standards with account of drinking water hardness. (In Russian.) Gig. Sanit. No. 7/1989 (volume not given), 7-10.

Pribytkov Yu N. (1972)(In Russian.) Gig. Sanit. No...., 103-105.

Rakhmanin Yu A., Lyncnikova, T.D., ., Michailova, R.I. (1973) Coll.: Water Hygiene and the Public Health Protection of Water Bodies (In Russian.), Moscow, Acad. Med. Sci. USSR, fasc. 3, 44-51.

Rakhmanin, Yu A., Bonasevskaya, T.I., Lestrovoy, A.P., Michailova, R.I., Guscina, L.M. (1976) Coll.: Public Health Aspects of Environmental Protection (In Russian.), Moscow, Acad. Med. Sci. USSR, fasc. 3, 68-71.

Rakhmanin, Yu.A., Mikhailova, R.I., Filippova, A.V., Feldt, E.G., Belyaeva, N.N., Lamentova, T.G. and Kumpan, N.B., (1989) On some aspects of biological effects of distilled water. (In Russian.) Gig. Sanit. No. 3/1989 (volume not given), 92-93.

Rachmanin, Yu.A., Filippova, A.V., Michailova, R.I., Belyaeva, N.N., Lamentova, T.G., Kumpan, N.B. and Feldt, E.G. 1990 Hygienic assessment of mineralizing lime materials used for the correction of mineral composition of low-mineralized water. (In Russian.) Gig. Sanit. No. 8/1990 (volume not given), 4-8.

Robbins, D.J. and Sly, M.R. (1981) Serum zinc and demineralized water. Am. J. Clin. Nutr. 34, 962-963.

Rubenowitz, E., Molin, I., Axelsson, G. and Rylander, R. (2000) Magnesium in drinking water in relation to morbidity and mortality from acute myocardial infarction. Epidemiology 11, 416-421.

Sadgir, P. and Vamanrao, A. (2003) Water in Vedic Literature. In Abstract Proceedings of the 3rd International Water History Association Conference, Alexandria 2003, (http://www.iwha.net/a_abstract.htm).

Sauvant, M-P. and Pepin, D. (2002) Drinking water and cardiovascular disease. Food Chem. Toxicol. 40, 1311-1325.

Schumann, K., Elsenhans, B., Reichl, F.X., Pfob, H. and Wurster, K.H. (1993) Does intake of highly demineralized water damage the rat gastrointestinal tract? Vet. Hum. Toxicol. 35, 28-31.

Sklyar, E.F., Amiragov, M.S., Berezkin, S.V., Kurochkin, M.G. and Skuratov, V.M. (2001) Recovered water mineralization technique. (In Russian.) Aviakosm. Ekolog. Med. 35(5), 55-59.

Thompson, D.J. (1970) Trace element in animal nutrition. 3rd ed. Int. Minerals and Chem. Corp., Illinois.

Verd Vallespir, S., Domingues Sanches, J., Gonzales Quintial, M., Vidal Mas, M., Mariano Soler, A.C., de Roque Company, C. and Sevilla Marcos, J.M. (1992) Association between calcium content of drinking water and fractures in children (in Spanish). An. Esp. Pediatr. 37, 461-465.

WHO (1978) How trace elements in water contribute to health. WHO Chronicle 32, 382-385.

WHO (1979) Health effects of the removal of substances occurring naturally in drinking water, with special reference to demineralized and desalinated water. Report on a working group (Brussels, 20-23 March 1978). EURO Reports and Studies 16. World Health Organization, Copenhagen.

WHO (1980) Guidelines on health aspects of water desalination. ETS/80.4. World Health Organization, Geneva.

WHO (1996) Guidelines for Drinking-water Quality. 2nd edn, vol. 2, Health Criteria and Other Supporting Information. pp 237-240. World Health Organization, Geneva.

Williams, A.W. (1963) Electron microscopic changes associated with water absorption in the jejunum. Gut 4, 1-7.

Yang, Ch.Y., Chiu, H.F., Chiu, J.F., Tsai, S.S. and Cheng, M.F. (1997) Calcium and magnesium in drinking water and risk of death from colon cancer. Jpn. J. Cancer Res. 88, 928-933.

Yang, Ch.Y., Cheng, M.F., Tsai, S.S. and Hsieh, Y.L. (1998) Calcium, magnesium, and nitrate in drinking water and gastric cancer mortality. Jpn. J. Cancer Res. 89, 124-130.

Yang, Ch.Y., Chiu, H.F., Cheng, M.F., Tsai, S.S., Hung, Ch.F. and Lin, M.Ch. (1999a) Esophageal cancer mortality and total hardness levels in Taiwan's drinking water. Environ. Research, Section A 81, 302-308.

Yang, Ch.Y., Chiu, H.F., Cheng, M.F., Tsai, S.S., Hung, Ch.F. and Tseng, Y.T. (1999b) Pancreatic cancer mortality and total hardness levels in Taiwan's drinking water. J. Toxicol. Environ. Health A 56, 361-369.

Yang, Ch.Y., Tsai, S.S., Lai, T.Ch., Hung, Ch.F. and Chiu, H.F. (1999c) Rectal cancer mortality and total hardness levels in Taiwan's drinking water. Environ. Research, Section A 80, 311-316.

Yang, Ch.Y., Chiu, H.F., Cheng, M.F., Hsu, T.Y., Cheng, M.F. and Wu, T.N. (2000) Calcium and magnesium in drinking water and the risk of death from breast cancer. J. Toxicol. Environ. Health, Part A 60, 231-241.

Yang, Ch.Y., Chiu, H.F., Chang, Ch. Ch., Wu, T.N. and Sung, F.Ch. (2002) Association of very low birth weight with calcium levels in drinking water. Environ. Research, Section A 89, 189-194.