



## Kayseri’de Tüketilen Sularda Kalsiyum, Magnezyum ve ÇKM Düzeylerinin Belirlenmesi

Gözde YILDIRIM<sup>1</sup>, Yeliz YILDIRIM<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Erciyes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Kayseri/TÜRKİYE

◆Geliş Tarihi/Received:10.10.2020

◆Kabul Tarihi/Accepted: 08.11.2020

◆Yayın Tarihi/Published: 25.12.2020

**Bu makaleye atıfta bulunmak için/Tocitethisarticle:**

Yıldırım G. Yıldırım Y. Kayseri’de Tüketilen Sularda Kalsiyum, Magnezyum ve ÇKM Düzeylerinin Belirlenmesi. Bozok VetSci (2020) 1, (1-2): 28-33.

**Özet:** Bu çalışmanın amacı Kayseri’de içme suyu olarak kullanılan şebeke, arıtma ve damacana sularının; Ca, Mg ve toplam çözünmüş katı madde (ÇKM) içeriklerini belirleyerek standartlara uygunluk açısından değerlendirmektir. Toplanan içme suyu örneklerinde maksimum ve minimum Ca miktarı sırasıyla; şebeke, damacana ve arıtma sularında 17-6.5 mg/l, 12-6.2 mg/l ve 20-0.2 mg/l; Mg miktarı; 76-5.4 mg/l, 29-7.5 mg/l; 37-0.3 mg/l; ÇKM miktarları ise 978-122 mg/l; 5044- 0.27 mg/l; 714-0.34 mg/l olarak bulunmuştur. Toplanan örneklerden hiçbirinin WHO (2011) tarafından içme suyu için belirlenen düzeyde Ca (75 mg/l) içermediği (%100), ilaveten toplam 59 örneğin (% 81.9; 15 şebeke, 20 arıtma ve 24 damacana) Mg standartlarına (30 mg/l), 63 (% 95.8; 22 şebeke, 20 damacana ve 21 arıtma) örneğin ise ÇKM standartlarına (500 mg/l) uygun olmadığı belirlenmiştir. Ortalama ÇKM değerleri incelendiğinde bütün şebeke sularında dengeli bir dağılım bulunduğu saptanmıştır. Genel olarak farklı arıtma sularındaki Ca, Mg ve ÇKM değerleri arasında çok büyük farklılıklar göze çarpmıştır. Farklı markalara ait arıtma ve damacana su örnekleri arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Sonuç olarak Ca, Mg ve ÇKM bulguları değerlendirildiğinde uluslararası içme suyu standartları açısından şebeke sularının daha uygun olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çözünmüş Katı Madde (ÇKM), Halk sağlığı, İçme suyu, Kalsiyum, Magnezyum

## Determination of Calcium, Magnesium and TDS Levels in Water Consumed in Kayseri

**Abstract:** The purpose of this study is to evaluate the Ca, Mg and total dissolved solids (TDS) content of the mains, purified and carboy waters used as drinking water in Kayseri for their compliance with the standards. The maximum and minimum Ca content of drinking water samples collected in mains, carboy and purified water samples were 17-6.5 mg/l, 12-6.2 mg/l, 20-0.2 mg/l; Mg levels were; 76-5.4 mg/l, 29-7.5 mg/l 37-0.3 mg/l and TDS values were 978-122 mg/l, 5044-2.27 mg/l and 714-0.34 mg/l respectively. None of the samples found to contain Ca (100%) levels as specified in the international drinking water standard set by WHO (2011). In addition Mg levels of 59 samples (81.9%; 15 mains, 20 purified and 24 carboy waters) were below the corresponding Mg standards (30 mg/l), while TDS levels of 63 samples (95.8%; 22 mains, 20 carboy and 21 purified waters), were found to be below the corresponding TDS standards (500 mg/l). When average TDS values were evaluated, it was determined that, there was a balanced distribution in all mains waters. In general, significant differences were observed between Ca, Mg and TDS values in purified water samples. The difference between purified and carboy water samples belonging to different brands was found to be quite high. Consequently, when all targeted compounds were evaluated, it was determined that mains water was the most suitable choice among the other alternatives when compared to international drinking water standards.

**Keywords:** Total Dissolved Solids (TDS), Public health, Drinking water, Calcium, Magnesium

### 1. Giriş

Su, yaşam için elzemdir. Yiyecek hazırlama ve pişirme, sanitasyon, hijyen ve diğer çeşitli kullanımlar için de önem arz etmektedir. Yaklaşık 884 milyon insanın güvenli su kaynaklarına erişememesi, dünyada kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, üreme sorunları, sinir hastalıkları ve böbrek fonksiyon bozukluğu gibi birçok hastalığın kaynağını oluşturan önemli bir etiyolojik faktör olarak kabul edilmektedir (1). Günümüzde evlerde ve iş yerlerinde içme suyu olarak şebeke suyu kullanımına ilişkin mikrobiyel endişeler sonucu damacana sular kullanılmaya başlanmış öte yandan damacana sularında da plastikle temas kaynaklı

çeşitli kimyasalların varlığı diğer bir endişe konusu olmuştur. Bu durumda yeni bir alternatif olarak şebeke sularını arıtma cihazından geçirmek suretiyle içme suyu olarak tüketmek şeklinde bir çözüm üretilmeye çalışılmıştır. Ancak ticari arıtma cihazları ortak bir rehberle uyum veya son üründe herhangi bir kalite kontrol parametresi gözetilmeksizin üretim yapmaktadır. Dolayısıyla içme suyu olarak direkt şebeke suyu, damacana ve arıtmadan geçirilmiş şebeke suyu alternatifleri tüketicilerde hangisinin daha sağlıklı olduğuna ilişkin soru işaretleri yaratmaktadır. Diyetteki mineraller biyolojik ve metabolik fonksiyonlar için hayati bir rol oynamaktadır. Öte yandan su yoluyla alınamayan mineral içeriğinin, gıda yoluyla hiçbir şekilde

telafi edilemeyeceği bildirilmektedir (2). Ca ve Mg'un uzun süreli olarak yeterli düzeylerde alınmadığı durumlarda sağlık açısından kolay kolay telafi edilemeyecek sonuçlar doğurabileceği ifade edilmektedir (3). Ca ve Mg gibi elzem elementlerin su yoluyla uygun miktarlarda alınmasının bağırsak ortamında toksik metallerin emilimini azalttığı ve dolayısıyla bu toksik metallerden kaynaklanan sağlık risklerini de azalttığı bildirilmektedir (4).

Tüketim için piyasaya sunulan değişik markalardaki paketlenmiş içme sularının mikrobiyolojik kalitesi, saklandıkları kaplar, suların pompa ile teması, kullanım süresi ve kullanım koşullarına bağlı olarak kontamine olabilmekte ve halk sağlığı açısından potansiyel bir risk oluşturabilmektedir (5). Ters ozmoz (Reverse osmosis, RO) membranları, deniz suyu ve acı suların tuzdan arındırılması ile içme suyu sağlamak amacıyla tasarlanmıştır (6). Tuzdan arındırma (demineralizasyon) teknolojileri kullanıldığından, artıldıktan sonra, içeriğindeki Na, K, Mg ve Ca miktarlarının genellikle çok düşük seviyelere ulaştığı, bu şekilde elde edilen şebeke sularının uzun süreli olarak tüketilmesinin, toplumda sıkça rastlanılan hiponatremi, hipokalemi, hipomagnezemi ve hipokalsemi gibi telafi edilemeyecek sağlık sorunlarına yol açtığı belirtilmektedir (3). Mg eksikliği; vazokonstriksiyon, hipertansiyon, kardiyak aritmi, aterosklerotik vasküler hastalık, akut miyokard infarktüsü, hamilelerde eklampsi gibi çeşitli rahatsızlıklara yol açabilmektedir. Yetişkinler için önerilen günlük Mg alımının yaklaşık 300-400 mg/l olduğu belirtilmektedir (7). İçme suyunun, Ca ve Mg alımına ana kaynak teşkil ettiği, besinlerden alınan Ca ve Mg'un, içme suyundaki eksikliği telafi edemeyeceği belirtilmektedir (4). Yapılan bir çalışmada sudaki Mg konsantrasyonu ile IHD (İskemik Kalp Hastalığı) riski arasında ters bir ilişki olduğu bildirilmektedir (8). Durlach'ın; Mg emiliminin en iyi şekilde gerçekleşmesi için toplam Mg/Ca alım oranının 1/2 olması gerektiği yönündeki görüşü günümüzde hala geçerliliğini korumaktadır (9). Toplam çözünmüş katı madde, suda çözünmüş inorganik maddelerin toplamı olarak kabul edilmektedir. Çeşitli mineral bileşimindeki su tüketen topluluklarda 1992 yılında yapılan bir çalışmada; düşük ÇKM ve bikarbonat içeriğine sahip içme suyu tüketiminin olumsuz sağlık etkilerine yol açtığı, bölgedeki popülasyonda, çocuklarda fiziksel gelişim geriliği ve kadınlarda üreme bozuklukları gözlemlendiği belirtilmiştir (10).

Su sertliğine genelde magnezyum (Mg) ve kalsiyum (Ca) sebep olmaktadır. Bununla birlikte suda bulunan ve sertlik oluşturan Ca ve Mg iyonlarının sağlık üzerinde sayısız olumlu etkilerinin olduğu belirtilmektedir (11). Düşük sertlikli içme suyu ile insanlarda gözlenen kalp damar hastalıkları (Cardiovascular diseases; CVD) ve diğer bazı kronik dejeneratif hastalıklar arasında sıkı bir ilişki olduğu vurgulanmaktadır (12). Yapılan bir çalışmada içme suyundan alınan Ca'un kolon kanserine karşı önemli bir koruyucu etkisi olduğu belirtilmiştir (13). Düşük mineralli içme suyu tüketen bireylerde; hipertansiyon, koroner kalp

hastalığı, mide ve duodenum ülseri, kronik gastrit, guatr, sarılık dahil yenidoğan ve bebeklerde çeşitli komplikasyonlar, anemi, kırıklar, büyüme ve üreme bozuklukları gibi çeşitli rahatsızlıklara daha yüksek oranda rastlandığı ifade edilmektedir (7). Yemek pişirmek amacıyla kullanılan yumuşak suyun, sebze, et, tahıl gibi yiyeceklerde önemli mineral kayıplarına neden olduğu belirtilmiştir. Ca ve Mg'un antitoksik olduğu ve dolayısıyla kurşun ve kadmiyum gibi bir takım toksik elementlerin (direkt tepkime veya bağlanma alanları için rekabet yoluyla) bağırsaktan kana geçişini engellemeye yardımcı olabileceği ifade edilmektedir. Suyun, boru sisteminde mikrobiyel açıdan kontaminasyona meyilli olduğu ve tuzdan arındırılmış suda, tekrar eden mikrobiyel üremelerin gerçekleşebileceği bildirilmektedir (4). Genel olarak Türkiye'de içme sularının kimyasal içeriğinin ulusal ve uluslararası standartlara uygun olup olmadığını belirlemeye yönelik sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. İçme suyu alternatiflerinin güvenilirliği açısından oluşan endişelerin açıklığa kavuşması ve gereken önlemlerin alınması açısından bu çalışmada, Kayseri'de tüketilen sularda (şebeke, damacana ve arıtma suları) Ca, Mg ve ÇKM düzeylerinin belirlenmesi ve halk sağlığı açısından olası etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada üç ayrı ilçeden (Talas, Melikgazi ve Kocasinan) 24'er (8 şebeke, 8 damacana ve 8 arıtma suyu) olmak üzere toplam 72 su örneği 10.11.2019 ile 20.11.2019 tarihleri arasında alınmıştır. Çalışmada şebeke, damacana ve arıtma suyu örneklerinden her biri; numune kapları en az iki kez örneklenecek olan suyla çalkalandıktan sonra alınmıştır. Örnekler en kısa sürede Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (TAUM) laboratuvarına taşınarak örneklerde Ca, Mg ve ÇKM analizleri gerçekleştirilmiştir. Örneklerde Ca, Mg ve ÇKM analizleri indüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) ile yapılmıştır. Endüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometrisi, örneklerin yüksek sıcaklıktaki bir plazmaya, genellikle argon gönderilerek moleküler bağların kırıldığı ve atomların iyonlaştırıldığı bir analitik tekniktir. İyonlar örnekleme ve ikinci aşama süzme (skimmer) konileri ara yüzeyinden geçerek vakuma alınır ve burada birleştirilmiş mercekleme sistemi iyonları quadropol kütle spektrometresine odaklar. Burada iyonlar kütlelerine ayrılıp taramalı elektron çoğaltıcısı ile analizlenir. ICP-MS; İndüktif Eşleşmiş Plazma ve Kütle Spektrometresi olmak üzere iki ünitenin bileşiminden oluşmuştur. Numunedeki elementler ICP'de iyonlaştırıldıktan sonra kütle spektroskopisine gönderilip burada kütle/yük (m/z) oranlarına göre ayrılıp ölçülmüştür.

## 3. Bulgular

Toplanan içme suyu örneklerinde, Ca miktarı açısından maksimum- minimum değerler şebeke suyunda 17-6,5 mg/l bulunurken, damacana 12-6,2 mg/l, arıtma sularında 20-0,2 mg/l aralığında bulunmuştur. Toplanan örneklerde Mg

içeriği açısından maksimum-minimum değerler şebeke suyunda, 76-5,4mg/l, damacana sularında 29-7,5 mg/l; arıtma sularında ise 37-0,3 mg/l olarak tespit edilmiştir. Örneklerdeki ÇKM değerleri açısından bakıldığında maksimum-minimum değerler şebeke suyunda 978-122 mg/l; damacana 5044-0,27 mg/l; arıtma sularında 714-0,34 mg/l olarak bulunmuştur. Toplanan örneklerden hiçbirinin WHO (2011) tarafından belirlenen uluslararası içme suyu kalsiyum standardı olan 75 mg/l düzeyinde Ca

içermediği ortaya konmuştur. Ulusal ölçekte içme sularına ilişkin standartlarda Ca, Mg ve ÇKM değerleri yer almamaktadır. Ayrıca toplamda 59 örneğin (% 81,9; 15 şebeke, 24 damacana ve 20 arıtma) Mg standartlarına (30 mg/l), 63 (% 95,8; 22 şebeke, 20 damacana ve 21 arıtma) örneğin ise ÇKM standartlarına (500 mg/l) uygun olmadığı belirlenmiştir. Tablo 1'de şebeke, damacana ve arıtma sularında Ca, Mg ve ÇKM değerleri gösterilmiştir.

**Tablo 1:** Şebeke, damacana ve arıtma sularında min-max Ca, Mg ve ÇKM değerleri

	Örnek sayısı	Ca			Mg			ÇKM		
		Min değer(mg/l)	Max değer(mg/l)	SUO içme suları (%)	Min değer(mg/l)	Max değer(mg/l)	SUO içme suları (%)	Min değer(mg/l)	Max değer(mg/l)	SUO içme suları (%)
<b>Şebeke Suyu</b>	24	6,5	17	24 (100)	5,4	76	15 (62,5)	122	978	22 (91,6)
<b>Damacana Suyu</b>	24	6,2	12	24 (100)	7,5	29	24 (100)	0,27	5044	20 (83,3)
<b>Arıtma Suyu</b>	24	0,2	20	24 (100)	0,3	37	20 (83,3)	0,34	714	21 (87,5)
<b>Genel Toplam</b>	72			72(100)			59(81,9)			63(95,8)

SUO: standartlara uygun olmayan

Ortalama ÇKM değerleri incelendiğinde başta Kocasinan şebeke suları olmak üzere bütün şebeke sularında dengeli bir dağılım bulunduğu saptanmıştır. Damacana ve arıtma sularındaki ÇKM varlığının büyük farklılıklar göstermesi dolayısıyla bu çalışma bulgularına ait ortalama değerler çok anlam ifade etmemektedir. Genel olarak arıtma sularındaki Ca, Mg ve ÇKM değerleri arasındaki fark önemli bulunmuştur. İlaveten farklı markalara ait arıtma ve damacana su örnekleri arasındaki fark da önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Tablo 2'de ilçelere göre ortalama Ca, Mg ve ÇKM değerleri gösterilmiştir.

**Tablo 2:** İçme sularında ortalama Ca, Mg ve ÇKM değerlerinin ilçelere göre dağılımı

		Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	ÇKM (mg/l)
		<b>Talas</b>	<b>Şebeke suyu</b>	10,08
	<b>Damacana suyu</b>	9,6	12,31	160,8
	<b>Arıtma suyu</b>	6,9	18,6	321,2
<b>Kocasinan</b>	<b>Şebeke suyu</b>	15,12	68,6	588
	<b>Damacana suyu</b>	9,4	15,6	1168
	<b>Arıtma suyu</b>	10,5	23,3	177,8
<b>Melikgazi</b>	<b>Şebeke suyu</b>	8,35	19,7	253
	<b>Damacana suyu</b>	7,9	12,4	291
	<b>Arıtma suyu</b>	3,3	8,7	180,8

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Çalışma kapsamında içme suyu olarak incelenen su örneklerindeki Ca miktarının 20 ila 0,2 mg/l arasında değişiklik gösterdiği, ortalama 9,02 mg/l olduğu ortaya konmuştur. Toplanan şebeke, damacana ve arıtma sularından Ca için elde edilen bu değerler, Türkiye’de daha önce Isparta (51,24 mg/l) (14), Van (58,40 mg/l) (15), Bitlis (18,38 mg/l) (16) ve Araklı (84,9 mg/l) (17) bölgelerinden elde edilen içme suyu Ca değerleri ile karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. Benzer şekilde Ca açısından elde edilen bu değerler dünyanın çeşitli bölgelerinden (Avusturya, İspanya, Almanya, Polonya, Rusya) bildirilen değerler ile karşılaştırıldığında oldukça düşük kalmaktadır (18-21). Tablo 3’te içme suyu kalite standartlarının karşılaştırılması (22), Tablo 4’te Türkiye’nin değişik bölgelerindeki içme sularına ait Ca, Mg ve ÇKM düzeyleri, Tablo 5’te ise bazı ülkelerde içme sularındaki Ca, Mg ve ÇKM değerleri gösterilmiştir.

**Tablo 3:** İçme suyu kalite standartları (3, 4, 22- 26)

Parametreler (mg/l)	TS E 1997	TS 266	Avrupa Birliği	WHO 1993	WHO 2004	WHO 2011	WHO 2014	OLASI ETKİLER
Ca	100	75	100	75	75	75	75	Su borularında kireç oluşumu
Mg	30-50	50	50	30	50	30	50	Su borularında kabuklar
pH	6,5-8,5	6,5-9,2	-	6,5-9,2	6,5	-	7,0-8,5	Tat değişikliği, su borularında aşınma
ÇKM	-	-	-	1000	500	500	500	Gastrointestinal tahriş
TH	-	500	-	-	500	-	100	Su borularında kireç oluşumu

Toplam çözünmüş katı madde (ÇKM); toplam sertlik (TH); kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg)

**Tablo 4:** Türkiye’nin değişik bölgelerindeki içme sularına ait Ca, Mg ve ÇKM Düzeyleri (14-17)

Parametreler	Isparta arıtma suyu (mg/l) (14)	Araklı suyu(mg/l) (17)	Van kaynak suyu(mg/l) (15)	Bitlis içme suyu(mg/l) (16)
Ca	51,24	84,9	58,40	18,38
Mg	4,25	8,82	6,66	6,45
ÇKM	282	259	-	-
pH	8,09	5,58	7,45	7,45

**Tablo 5:** Çeşitli ülkelerde içme sularındaki Ca, Mg ve ÇKM değerleri

Ülke	Bölge	Ca	Mg	ÇKM	Kaynak
Avusturya	Montes	8157µg/l	4056µg/l		20
	Romerquelle	146mg/l	65mg/l		19
	Voslauer	57 mg/l	37 mg/l		19
İspanya	Salus Vidago	78 mg/l	10mg/l		19
	San Narciso	33-53mg/l	8-9 mg/l		19
	Apollinaris	2,7-89mg/l	5,9-104mg/l		19, 21
Almanya	Azur	177mg/l	29,9 mg/l		19, 21
Polonya	Krystynka	176mg/l	60 mg/l		19
Rusya	Ust-lim	30-90 mg/l	17-35 mg/l	400 mg/l	18
	Ust-lim	18,7 +	4,9 +	133,5+1,2	18
	Bölge I	0,5mg/l	0,3mg/l	mg/l	
İtalya	Ust-lim	28,5 +	8,3+	385,2+11,	18
	Bölge II	2,4mg/l	0,5mg/l	9mg/l	
İtalya		1,10-517 mg/l	0,30-151mg/l	13,9-2914 mg/l	27, 28
İtalya				200-500 mg/l	29

Bu çalışma kapsamında içme suyu olarak incelenen su örneklerindeki Mg miktarının 76 ila 0,3 mg/l arasında değişiklik gösterdiği, ortalama 22,72 mg/l olduğu ortaya konmuştur. Mg içeriği açısından elde edilen bu veriler Türkiye’nin farklı bölgelerinden (Isparta, Van, Bitlis) bildirilen (14-16) verilerden yüksek, dünyanın çeşitli bölgelerinden (Avusturya-Montes, İspanya) bildirilen (19, 20) içme suyu Mg verilerinden düşük görülmektedir.

Bu çalışmada analiz edilen içme sularındaki ortalama 387,7 mg/l olan ÇKM değerleri (5044-0,27 mg/l) WHO tarafından belirlenen referans değerler (500 mg/l) ile karşılaştırıldığında; %95,8’inin (22 şebeke, 20 damacana ve 21 arıtma su örneği) uygun olmadığı belirlenmiştir. ÇKM’ye ilişkin elde edilen bu veriler (ortalama 387,7 mg/l) yurt içi (Isparta, Araklı) değerlerinden (14,17) kısmen yüksek gibi görünmekle beraber diğer ülkelerde (Rusya, İtalya) kaydedilen değerler ile benzerlik göstermektedir (18, 29). Günümüzde şebeke suyunun içme suyu olarak kullanımına ilişkin kimyasal ve mikrobiyal endişelerin yaygınlaşması sonucu damacana sular kullanılmaya başlanmış öte yandan damacana suların plastik materyalinden kaynaklanan kimyasal bulaşlar da diğer bir endişe konusu olmuştur. Yeni bir alternatif olarak şebeke sularının arıtma cihazlarıyla güvenli hale getirilmesi kolay ve ucuz bir çözüm olarak gündeme gelmiştir. İçme suyu kalitesinde su imkanlarının kısıtlı olması ve artan ihtiyaçlar doğrultusunda suyun artırılarak tüketilmesi yaygınlaşmıştır. Suyun artırılması amacıyla son teknoloji uygulamalarından ters ozmoz sistemi çok yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Tüm minerallerinden arındırıldıktan sonra yeterince mineral takviyesi yapılmadan tüketime sunulan yumuşak suların uzun süreli kullanılması ciddi halk sağlığı sorunlarını beraberinde getirebilmektedir (3). Tuzdan arındırılan ticari içme suları bazı mineraller açısından takviye edilerek dengelenmeye çalışılmakla birlikte, sıklıkla bu suların nihai

bileşimi sağlık yararları sağlamak için yeterli olmamakta, özellikle de evlerde arıtma cihazı ile demineralize edilen sulara belli bir yöntem ve standart uygulanmadığı vurgulanmaktadır (7). Arındırılmış suların esas olarak Ca veya diğer karbonatlarla desteklenmiş olsa da; sıklıkla Mg, F ve K gibi diğer mikro elementler açısından eksik kalabileceği belirtilmektedir (30). Bununla birlikte, takviye edilen Ca miktarı sağlıkla ilgili kaygılardan ziyade çoğunlukla teknik ve damak tadı gibi hususlara dayanmaktadır. Hiçbir remineralizasyon işlemi optimum kabul edilmemekte, mineralizasyon yoluyla suya tüm yararlı bileşenlerini kazandırmanın mümkün olmayacağı belirtilmektedir (7). Halihazırda kullanılan stabilizasyon yöntemleriyle öncelikle demineralize suyun aşındırıcı etkilerini azaltmak amaçlanmaktadır (31). Dünya Sağlık Örgütü, içme suyunun sahip olması gereken kalite niteliklerini ve ilgili rehberleri güncelleyerek yayınlamaktadır (3). Ticari arıtma cihazları sıklıkla ortak bir rehber uyum veya son üründe herhangi bir kalite kontrol parametresi gözetmeksizin üretim yapmaktadır (3). İlâveten farklı cihazlarla arıtılmış olan suların mineral içeriği birbirinden oldukça farklı olabilmektedir (3). Mineral içeriği yoğun olan sular genel olarak tüketici damak zevkine uygun olmadığından sıklıkla demineralize edilip yumuşatılmak suretiyle tadı kabul edilebilir sınırlara çekildikten sonra tüketime sunulmaktadır. Öte yandan içme suyunun gereksiz nedenlerle değil sadece sağlık nedenleriyle yumuşatılması gerektiği, membran teknolojilerinin gelişmesi ve bu teknolojilerin içme sularına uygulanabilmesi ile daha uygun standartlarda su üretilebileceği vurgulanmaktadır (7). Arıtılan suların korozif etkisini azaltmak için sıklıkla kalsiyum karbonat filtreleri kullanılmakta veya belli kalsiyum bileşenleri direkt olarak suya katılmaktadır ki bu yöntemler Mg düzeylerinde bir iyileşme sağlamamakta, Mg ve diğer iz element içerikleri standartlara uygun düzeye gelememektedir. Bununla birlikte bu prosedürler sudaki Mg:Ca oranını 1:2 dengesinde tutmak koşuluyla;  $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$  veya  $\text{CaCO}_3 + \text{MgO}$  gibi yüksek Mg içerikli filtrasyon materyali kullanmak şeklindeki çeşitli düzenlemelerle kısmen optimize edilebilir.

İçme sularında minimum Ca ve Mg seviyelerine ilişkin belli standartlara uyulması için yasal önlemlerin alınması halk sağlığı açısından önemli bir gelişmedir. Bu yasal uygulamalar; söz konusu mineralleri suya yapay olarak eklemekten ziyade, içme sularında var olan Ca ve Mg seviyelerini koruma temeline odaklanmalıdır ki, bu çok daha basit ve etkili görülmektedir. Dolayısıyla; Ca ve Mg'un sudan uzaklaşmasına yol açan teknolojilerin yasaklanması veya katı kurullarla sıkı denetim altına alınması gerektiği, suların tamamen arıtılmasından ziyade belirli miktarlarda Ca ve Mg varlığını muhafaza eden düzenlemeler getirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (7).

Bu çalışma bulgularından ortalama ÇKM değerleri incelendiğinde bütün şebeke sularında dengeli bir dağılım bulunduğu saptanmıştır. Genel olarak farklı arıtma sularındaki Ca, Mg ve ÇKM değerleri arasında çok büyük

farklılıklar göze çarpmıştır. Farklı markalara ait arıtma ve damacana su örnekleri arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

Sonuç olarak Ca, Mg ve ÇKM bulguları değerlendirildiğinde uluslararası içme suyu standartları açısından şebeke sularının diğer içme suyu alternatiflerine nazaran daha uygun olduğu belirlenmiştir. İçme suyu olarak kullanılacak tüm su kaynaklarının sadece mikrobiyel ve belli kimyasal değerler açısından değil; Ca, Mg ve ÇKM standartlarına uygunluk açısından da değerlendirilmesi ve uygun standartlarda ve kalitede suya erişimin sağlanması halk sağlığı açısından kritik öneme sahiptir. Bu çalışma sonuçları Kayseri halkının içme suyu ile alması gereken Ca ve Mg'u yeteri kadar alamadığını ortaya koymaktadır. Söz konusu minerallerin su ile alınması; sudaki formunun biyoyararlılığının gıdalardakine oranla daha yüksek olmasından dolayı kritik öneme sahiptir. Öte yandan Kayseri ilinde aynı miktarda farklı içme suyu alternatiflerinden birini tüketen bireylerde Ca ve Mg alımının birbirinden oldukça farklı olduğu yorumu yapılabilir. Nitekim farklı bölge ve ticari markalara ait değerler arasında oldukça önemli farklar göze çarpmaktadır. Dolayısıyla tüketicilerin kendi ihtiyaçları doğrultusunda, içme sularını mineral içerik açısından tahlil ettirerek bireysel olarak önlem almaları gerekebilir. Yine genel olarak Kayseri içme sularında oldukça düşük olduğu görülen bu minerallerin telafi alımı için bölge halkına doğal maden suyu tüketimi önerilebilir.

Sudaki minerallerin önemi ve bu minerallerin bazı hastalıklara karşı koruma sağladığına dair toplum farkındalığı oluşturmak halk sağlığı açısından önemli bir eğitim faaliyetidir. Yetkililer, içme sularında mineral standartlarını belirlemek ve muhafaza etmek için konuyla ilgili daha fazla çalışma yapmalı, sudaki söz konusu içerikler rutin kontrollerle izlenmeli; uygun teknolojilerin kullanımı ve yeni yasal düzenlemelerle toplum sağlığı açısından gerekli önlemlerin alınması sağlanmalıdır. Yalnızca Mg ve Ca seviyelerini değil, aynı zamanda sudaki diğer elzem elementlerin mutlak seviyelerini değiştirmeyen manyetik arıtma veya fosfat dozajı gibi farklı mekanizmalarla çalışan modern su arıtma teknolojilerine ilişkin ileri düzeyde ve kapsamlı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

## Kaynaklar

1. Sengupta P. Potential health effects of hard water. *International Journal of Preventive Medicine* 2013; 866-875.
2. Oparaocha ET, Iroegbu OC, Obi RK. Assessment of the quality of drinking water sources. *Journal of Applied Biosciences* 2010; 1964-1976.
3. WHO. Hardness in Drinking-water. Background Document for Development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality 2011; p.1-10.
4. Kozisek F. Health risks from drinking demineralised water. *National Institute of Public Health Czech Republic* 2004; 148-163.

5. Borlu A, Balcı E, Öztürk A. Kayseri İl Merkezindeki Aile Sağlığı Merkezlerine Başvuranların Ambalajlı Su Kullanımına İlişkin Görüş ve Davranışları. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi. İkinci Uluslararası Su ve Sağlık Kongresi. 113-118, 2017; Türkiye.
6. Maden H, Çetinkaya K, Akgül Evlen H. Historical development of water treatment device and optimization according to sink bottom dimensions. Gazi Journal of Engineering Sciences 2019; 5: 77-90.
7. Kozisek F, MD, PhD. Health significance of drinking water calcium and magnesium. National Institute of Public Health 2003; 1-29.
8. Marx, A, Neutra, RR. Magnesium in drinking water and ischemic heart disease. Epidemiologic Reviews 1997; 19: 258-272.
9. Durlach, J. Recommended dietary amounts of magnesium: Mg Recommended Daily Allowance (RDA). Magnesium Research 1989; 2: 195-203.
10. Kozisek F. Health effects of long term consumption of water low in calcium, magnezyum or TDS: Studies from eastern Europe. Paper presented at the International Symposium on Health Aspects of Calcium and Magnesium in Drinking Water 2006; 1-11.
11. Boysan F, Şengörür B. The importance of water hardness for human health. Sakarya University Journal of Science 2009; 13: 7-10.
12. Donato F, Monarca S, Premi S, Gelatti U. 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) 2003; 15: 57-70.
13. Yang C, Fen Chlu H, Fen Chiu J, Shyue S, Fen Cheng M. On the health significance of microelements in low-mineral water. The Official Journal of the Japanese Cancer Association 1997; 88: 928-933.
14. Şavik E, Demer S, Memiş Ü, Doguç DK, Çalışkan TA, Sezer MT, Gültekin F, Özgür N. Isparta ve civarında tüketilen suların içerik ve sağlık açısından değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi. Tıp Fakültesi Dergisi 2012; 19: 92-102.
15. Alemdar S, Ağaoğlu S, Ekici K, Dede S. Investigations on microbiological, physical and chemical quality of spring and water of Van. Van Medical Journal 1999; 6: 30-33.
16. Ağaoğlu S, Alemdar S, Kahraman T, Alişarlı M. Some microbiological and physicochemical properties of drinking water in bitlis province. Ecology 2009; 19: 29-38.
17. Leoni V, Fabiani L, Ticchiarelli L. "Cardiovascular mortality rate in abruzzo, italy" archives of environmental health 1985; 40: 274-278.
18. Lutai GF. Chemical composition of the drinking water and the health of the population. (In Russian) Gig. Sanit., 1992; 57: 13-15.
19. Azoulay A, Garzon P, Eisenberg MJ. Comparison of the mineral content of mains water and bottled waters. Journal of General Internal Medicine 2001; 16: 168- 175.
20. Bong YS, Ryu J-S, Lee K-S. Characterizing the origins of bottled water on the south korean market using chemical and isotopic compositions. Analytica Chimica Acta 2009; 631: 189- 195.
21. Morr S, Cuartas E, Alwattar B, Lane JM. How much calcium is in your drinking water? a survey of calcium concentrations in bottled and mains water and their significance for medical treatment and drug administration. HSS Journal 2006; 2: 130-135.
22. Jasmin I, Mallikarjuna P. Physicochemical quality evaluation of groundwater and development of drinking water quality index for araniar river basin, tamil nadu, india. Environmental Monitoring Assessment 2014; 186: 935-948.
23. Kuppuraj RM, Selvaraj D, Govindaraj S, Rangaswamy M, Raj J. Assessment of groundwater quality in the flood plains of upper palar river, India. Chinese Journal of Geochemistry 2012; 31: 15-23.
24. Hınıs M. Aksaray İli İçme Suyu Kaynaklarının Arıtma Öncesi Organik Madde Miktarı Bakımından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniv Fen Bil Ens, Konya 2007; s.1-96.
25. WHO. Water sanitation and health programme. managing water in the home: accelerated health gains from improved water sources. World Health Organization 2004; 5-10.
26. Güler Ç. Su Kalitesi, Birinci Baskı, Ankara, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Serisi 1997; p.54.
27. Gibson RS, Vanderkooy PS, McLennan CE, Mercer NM. Contribution of mains water to the mineral intakes of canadianpre-school children. Environmental Health 1987; 42: 165-169.
28. Paksy L, Lengyel A, Banhidi O. The use of math-statistical methods, evaluation of data obtained from chemical analysis according to the state of the environmental. Microchemistry Journal 1998; 59: 258-268.
29. Riva M, Pascarelli R, Mannino S, Brazzarotto C. Hydrochemical balance of natural minerals. Characterization by Multivariate Statistical Analysis. Ind. Bevande 1989; 183: 53-361.
30. Coen G, Sardella D, Barbera G, Ferrannini M, Comegna C, Ferazzoli F, Dinnella A, D'Anello E, Simeoni P. Urinary composition and lithogenic risk in normal subjects following oligomineral versus bicarbonate-alkaline high calcium mineral water intake. Urol Int 2001; 67: 49-53.
31. Durlach J, Bara M, Guiet-Bara A. Magnesium level in drinking water and cardiovascular risk factor: a hypothesis. Magnesium 1985; 4: 5-15.