

## Isparta ve civarında tüketilen suların içerik ve sağlık açısından değerlendirilmesi

Emin Şavik\*, Selma Demer\*\*, Ümit Memiş\*\*, Duygu Kumbul Doğuç\*\*\*, Tuğba Arife Çalışkan\*\*, Mehmet Tuğrul Sezer\*\*\*\*, Fatih Gültekin\*\*\*, Nevzat Özgür\*\*.

\*Şanlıurfa Çocuk Hastalıkları Hastanesi, Biyokimya Laboratuvarı

\*\*Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi

\*\*\*Süleyman Demirel Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı

\*\*\*\*Süleyman Demirel Üniversitesi, Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı, Nefroloji Bölümü

### Özet

Suların içme, sulama veya kullanma suyu olarak kullanılabilmesi için, suyun içinde bulunan maddelerin belirli limitler arasında olması istenir. Birçok ülkede içme, kullanma, sulama suları ile ilgili standartlar ve kabul edilebilir sınır değerler belirlenmiştir. İçme suyu amaçlı kullanılacak sular sağlığa zararlı etkenlerden arınmış olmalıdır. Bu çalışmada Süleyman Demirel Üniversitesi'ne ait içme ve kullanma suları ile Isparta piyasasında satışı yapılan şişelenmiş suların kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri sağlık açısından değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler ulusal ve uluslararası içme suyu standartları ile karşılaştırılmış ve suların standartlara uyumlu olduğu belirlenmiştir. Ancak Süleyman Demirel Üniversitesi Doğu Kampüs deposunda Flor (F) düzeyi standart değerlerin üzerinde ölçülmüştür. F değerinin 1,5 mg/l düzeyinin altına düşürülmesi ve gerekli kontrollerinin sık yapılması durumunda Isparta ve çevresinde kullanılan şişelenmiş sulara göre sağlık açısından daha yararlı olacağı düşünülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** İçme suyu, şişelenmiş su, Isparta

### Abstract

#### Evaluation of drinking water consumed in and around Isparta in terms of content and health

It is preferred that water should contain certain limits of substances to be used as potable/drinkable, irrigation and daily use. In many countries, standards and acceptable ultimate values about potable/drinkable, irrigation and daily use have been determined. Potable water, which is used for drinking, must be purified from factors that are injurious to health. In this study, chemical and microbiological properties of bottled water sold at Isparta Market comparing with drinking and daily use water belonging to Suleyman Demirel University have been assessed at healthwise. The results obtained have been compared with national and international potable water standards and it has been observed that they are in accordance with standards. However, it has been measured that Fluoride (F) level at Suleyman Demirel University East Campus water reservoir is over standart levels. It is thought that in case of lowering F level to 1,5 mg/l and implementing needed controls, it will be healthier than bottled water in and around Isparta.

**Key Words:** Drinking water, Bottled water, Isparta

### Giriş

Her birey için “temiz içme suyuna ulaşım” temel bir konudur ve insan haklarının en önemli olgusudur. İçme suyu dar anlamıyla, herhangi bir kurum ya da kişi tarafından insan tüketimi, yiyecek veya içecek hazırlanması, bu hazırlık ve tüketim aşamasında kullanılan her tür malzemenin temizliğinde

kullanılması amacıyla tedarik edilen su olarak tanımlanabilir (1). Yeryüzünde ilk canlıların oluşumundan bugüne canlıların kesinlikle vazgeçemediği şeylerden en önemlisi şüphesiz sudur. Dünyanın üçte ikisi su olduğu gibi erişkin insan vücudunun da % 60-70'i sudur. İnsan gıda olmadan yalnız su içerek yaklaşık 5-10 hafta hayatını sürdürebildiği halde, susuzluğa ancak 4-10 gün dayanır (2,3,4,5). İnsandaki sistemlerin, organların, dokuların ve hücrelerin normal işlevlerini yerine getirebilmeleri için bir insanın günde ortalama 1,5-

**Yazışma Adresi:** Uz. Dr. Emin ŞAVİK  
Atatürk Mah. Meteoroloji Cad. Çocuk Hastalıkları Hastanesi  
Biyokimya Laboratuvarı 63100 Şanlıurfa  
Tel: 0 414 316 30 30 / 512  
E-posta: eminsavik@hotmail.com

Müracaat tarihi: 05.03.2012  
Kabul tarihi: 26.03.2012

2 lt. suya gereksinimi vardır. İçilecek su hijyenik olmalıdır. Hijyenik demek suyun sağlığa uygun olması anlamına gelmektedir. Su hijyeni, yalnız içme suyu için değil aynı zamanda kullanılacak su için de (yemek yapmak, temizlik ve benzeri) gereklidir. Ülkelerin gelişmişlik ölçütlerinden biri de kişi başına günlük tüketilen su miktarıdır. Bu miktarın geri kalmış ülkelerde ve afet durumlarında kişi başına en az 20 l/gün olması istenir. Ülkemiz gibi gelişmekte olan bir ülkede ortalama kişi başı günlük su tüketimi 150 l/gündür. Gelişmiş ülkelerde ise bu miktar kişi başı 250-1000 l/gün’e kadar çıkmaktadır (19). Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı tarafından çıkarılan İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik (İTASHY) (8)’te Kaynak Suyu “Jeolojik koşulları uygun jeolojik birimlerin içinde doğal olarak oluşan, bir veya daha fazla çıkış noktasından yer yüzüne kendiliğinden çıkan veya teknik usullerle çıkartılan ve bu Yönetmeliğin 36’ncı maddesinde izin verilenler dışında her hangi bir işleme tabi tutulmaksızın belli nitelikleri taşıyan, etiketleme gerekliliklerini karşılayan ve satış amacı ile ambalajlanarak piyasaya arz edilen yer altı suları” olarak, İçme-Kullanma Suyu ise “içme, yemek yapma, temizlik ve diğer evsel amaçlar ile, gıda maddelerinin ve diğer insani tüketim amaçlı ürünlerin hazırlanması, işlenmesi, saklanması ve pazarlanması amacıyla kullanılan, orijinine bakılmaksızın, orijinal haliyle ya da artırılmış olarak ister kaynağından isterse dağıtım ağından temin edilen ve istenen parametre değerlerini sağlayan ve ticari amaçlı satışa arz edilmeyen sular” olarak tanımlanmıştır.

Tüketilen suyun kalitesi sağlığı direkt olarak etkilemektedir. İnsan vücudunun ihtiyacı olan minerallerin bir kısmı da içme suyu ile karşılanmaktadır. Bu çalışmada Isparta bölgesinde çıkan sulardan Süleyman Demirel Üniversitesine ait olanlarla Isparta piyasasında satışı yapılan şişelenmiş suların kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin sağlık açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

### **Gereç ve Yöntem**

Hidrojeokimyasal çalışmalar, yeraltı sularının kimyasal özelliklerinin ve kalitelerinin belirlenmesi ve kökenlerinin araştırılmasında kullanılmaktadır. Bu çalışmalar için arazide örnek alımı, örneğin laboratuvara getirilmesi ve korunması belirli standartlara uygun olarak yapılmalıdır. Ortamı temsil edecek doğru örneğin alınması büyük önem taşımaktadır. Hidrojeokimyasal analizler için örnek alımında polipropilen örnek şişeleri kullanılmıştır.

Örnek alınan şişeler en az 3 kez örnek suyu ile çalkalanmış daha sonra içinde hava kabarcığı kalmamasına dikkat edilerek kapakları kapatılmıştır. Laboratuvar ortamına getirilinceye kadar geçen sürede kation örneklerinin korunması amacıyla derişik HNO<sub>3</sub> ilave edilerek pH<2 olması sağlanmıştır (29). Mikrobiyolojik örnekler için cam örnek şişeleri kullanılmıştır. Mikrobiyolojik analiz yapılacak örnek şişelerinin steril olması gerekir. Bu nedenle örnek alınacak şişeler 121°C’de 15 dakika otoklavda steril edilmiş ve örnek alımı sırasında bu şişenin ağzına ve kapağına kesinlikle dokunulmadan şişe doldurulmuştur (29). Örnek alınmadan önce, steril edilmiş şişenin ağzının açılmamasına ve hava ile temas etmemesine özen gösterilmiştir. Örnekler şişelendikten ve etiketlendikten sonra +4°C’de muhafaza edilerek laboratuvara getirilmiştir (29). Alınan örneklerin mikrobiyolojik analizleri, laboratuvara getirildikleri anda yapılmıştır. Suların mikrobiyolojik analizleri için membran filtrasyon yöntemi kullanılmıştır. Membran filtrasyon yöntemi; genel olarak içme sularında ve diğer sıvı örneklerde mikrobiyolojik yükün belirlenmesi için kullanılmaktadır. Yüksek hacimli örneklerle çalışmaya ve sayım yapmaya elverişli olmasının yanı sıra klasik prosedürlere göre daha hızlı ve güvenilir sonuçlar vermektedir. Bu yöntemde örnek mikroorganizmaları tutabilecek por çapına sahip bir membran filtreden vakum kullanılarak süzülür ve steril bir emici pad üzerine emdirilmiş aranan mikroorganizma türüne göre seçici veya genel bir besiyeri üzerine yerleştirilir. İnkübasyon sonrası membran filtre üzerindeki kareler yardımı ile sayım yapılır (29). Arazi çalışmalarında sıcaklık (T), hidrojen iyonu aktivitesi (pH), elektriksel iletkenlik (EC), çözülmüş oksijen miktarı (O<sub>2</sub>), redoks potansiyeli (Eh) taşınabilir cihazlarla ölçülmüş, alkalinite titrimetrik yöntemle belirlenmiştir. Alınan örneklerin in-situ ve hidrojeokimyasal analizleri Süleyman Demirel Üniversitesi Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Mineral Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezinde bulunan in-situ cihazları (Çizelge 1) ve hidrojeokimyasal analiz cihazları (Çizelge 2) kullanılarak standart metotlarla (29) gerçekleştirilmiştir. Hidrojeokimyasal analiz sonuçları AquaChem v.3.7 (30) bilgisayar programı kullanılarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmalarda kullanılan in-situ ölçüm cihazları

In-situ parametresi	Ölçüm birimi	Cihazın adı ve markası
Sıcaklık	°C	Termometre-Testo-95-1
pH		pH metre-WTW 330i
Redoks potansiyeli (Eh)	mV	pH metre-WTW pH95
Elektriksel iletkenlik (EC)	µS/cm	Elektriksel iletkenlik ölçer-WTW cond 330i ve 340i
Çözünmüş oksijen içeriği (O <sub>2</sub> )	mg/l	Oksimetre-WTW Oxi 340
Alkalinite	mmol/l	Alkalinite test kiti-Merck Aquamerck 11109
Toplam sertlik	°f	Toplam sertlik test kiti-Merck Aquamerck 11104

Çizelge 2. Hidrojeokimyasal analizlerde kullanılan ölçüm cihazları

Analiz parametresi	Cihazın adı
Ca, Mg, Na, K, Fe, Pb, Cu, Al, Mn, Sb, As, Cd, Cr, Hg, Ni	Perkin Elmer ICP-OES 2100 DV – Optik emisyon spektrometresi
F <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Dionex ICS-3000 - İyon kromatografisi
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Merck-Aquamerck test kitleri - Titrimetrik
Otoklav	Nüve OT-032
İnkübatör	Enolab MB-80
Toplam koliform	Membran filtrasyon seti – Sartorius Tergitol TTC (14056) besiyeri
Fekal koliform	Membran filtrasyon seti – Sartorius mFC (14068) besiyeri

miktarları olan suların ise lezzetsiz olduğunu belirtmektedir (7).

Na (sodyum) düzeyleri 7.13-54.34 mg/l arasında değişmiş olup en yüksek değere SDÜ Araştırma Uygulama Hastanesi arıtmasında 54.34 mg/l ile ulaşmış ortalama düzey ise 25.146 mg/l olmuştur. SAR (Sodium Adsorption Rates) düzeyleri bütün kuyularda 0.17-1.96 arasındadır. K (Potasyum) düzeyleri 1.91-10.88 mg/l arasında değişmiş olup en yüksek değere SDÜ Araştırma Uygulama Hastanesi-giriş (SDÜAUH-g)'inde 10.88 mg/l ile ulaşmış olup ortalama düzey ise 8.238 mg/l olmuştur.

## Bulgular

Süleyman Demirel Üniversitesinde içme-kullanma suyu kuyularından 21.10.2011'de alınan örneklerin in-situ ve hidrojeokimyasal analizleri yapılmıştır (Tablo 1 ve 2). SDÜ içme ve kullanma suyu kuyuları 36. Enlem ile 41. Boylam arasında yer almakta olup, kuyuların yükseklik kodu 999-1094 m arasındadır ve ortalama 1033.6 m.dir. Kuyu suyu sıcaklıkları 13.3-19.8 °C arasında olup ortalama 16.19 °C dir. Kuyu suyu asiditesine bakıldığı zaman pH'sı 7.29-8.09 arasında olup ortalama 7.613 tür. Sağlık Bakanlığı İTASHY'ye göre (pH değeri:6.5-9.5) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'ya göre (pH değeri:6.5-8.5) uygun aralıklarda olduğu için gerekliliği karşılamıştır. Oksidasyon-reduksiyon potansiyeli (Eh) değerleri 266-795 mV arasında olup ortalama 362.2 mV'tur. Suların elektriksel iletkenliği (EC) 524-704 µS/cm arasında olup ortalama 583.3 µS/cm'dir. Oksitlenebilirlik durumuna baktığımız zaman ise 5.5-7.8 mg/l O<sub>2</sub> arasında olup ortalama 6.7 mg/l O<sub>2</sub>'dir. Kuyu sularının TDS (Total Dissolved Solid: Toplam çözünmüş katı) miktarları 263-353 mg/l arasında olup ortalama 292.6 mg/l dir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 'ya göre 600 mg/l ye kadar olan TDS değerlerinin suyun lezzetinde herhangi bir değişiklik yapmadığını ancak 1000 mg/l den fazla TDS

Mg<sup>2+</sup> düzeyleri 4.25-28.24 mg/l arasında değişmiş olup en yüksek değere Üniversite Depo-Batı kampüsü deposu (ÜD-Bkd)'nda 28.24 mg/l ile ulaşmış ortalama düzey ise 10.05 mg/l olmuştur.

Ca<sup>2+</sup> düzeyleri 51.24-92.15 mg/l arasında değişmiş olup en yüksek değere Üniversite Depo-Batı kampüsü deposu (ÜD-Bkd) 92.15 mg/l ile ulaşmış ortalama düzey ise 72.318 mg/l olmuştur.

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (nitrat) düzeyleri 4.80-8.42 mg/l arasında değişmiş olup en yüksek değere Üniversite kuyusu-3 (Doğu kampüsü) 8.42 mg/l ile ulaşmış ortalama düzey ise 6.939 mg/l olmuştur. NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (nitrit) düzeyleri bütün lokasyonlarda 0.1 mg/l 'in altında bulunmuştur. HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> düzeyleri 268.4-439.2 mg/l arasında değişmiş olup en yüksek değere Üniversite Depo-Batı kampüsü deposu (ÜD-Bkd) 439.2 mg/l ile ulaşmış ortalama düzey ise 305.01 mg/l olmuştur. CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> düzeyleri bütün lokasyonlarda 0 mg/l olarak bulunmuştur. Cl<sup>-</sup> (klor) düzeyleri 3.66-5.99 mg/l arasında değişmiş olup en yüksek değere SDÜ Araş.Uyg. Hastanesinde (arıtma) 5,99 mg/l ile ulaşmış ortalama düzey ise 4.496 mg/l olmuştur.

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (Sülfat) düzeyleri 16.60-51.07 mg/l arasında değişmiş olup en yüksek değere Üniversite kuyusu-4 (Doğu kampüsü) 51.07 mg/l ile ulaşmış ortalama düzey ise 40.420 mg/l olmuştur.

Tablo 1. SDÜ içme ve kullanma suyu kuyularından alınan örneklerin in-situ analizleri

Sıra no	Örnek	Lokasyon	T (°C)	pH	Eh (mV)	EC (µS/cm)	O2 (mg/l)	TDS (mg/l)
1	TMY-1	Üniversite kuyusu-1 (Doğu kampüsü)	13,3	7,65	297	524	7,2	263
2	TMY-2	Üniversite kuyusu-2 (Doğu kampüsü)	14,3	7,62	320	551	7,8	276
3	TMY-3	Üniversite kuyusu-3 (Doğu kampüsü)	14,5	7,61	292	569	7,1	285
4	TMY-4	Üniversite kuyusu-4 (Doğu kampüsü)	14,0	7,63	287	560	5,9	281
5	TMY-5	Üniversite kuyusu-5 (Doğu kampüsü)	15,6	7,48	266	607	6,6	304
6	ÜK-1	Üniversite kuyusu 1 (Batı kampüsü)	19,8	7,29	281	662	5,5	332
7	ÜK-2	Üniversite depo (Batı kampüsü deposu)	19,1	7,55	795	704	6,3	353
8	ÜD-8	Üniversite depo (Doğu kampüsü deposu)	15,6	7,61	456	549	7,5	275
9	ÜH-9	SDÜ Araş.Uyg.Hastanesi (arıtma)	17,4	8,09	343	560	7,2	282
10	ÜH-10	SDÜ Araş.Uyg.Hastanesi (giriş)	18,3	7,60	285	547	5,9	275

Tablo 2. Süleyman Demirel Üniversitesi içme ve kullanma suyu kuyularından alınan örneklerin hidrojeokimyasal analizleri

Sıra no	Örnek	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	Fe <sup>2+</sup> (mg/l)	Zn <sup>2+</sup> (mg/l)	Cu <sup>2+</sup> (mg/l)	Al <sup>3+</sup> (mg/l)	Pb <sup>2+</sup> (mg/l)
1	TMY-1	25,45	10,10	4,94	67,88	7,57	<0,1	268,4	0	3,66	45,44	<0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
2	TMY-2	24,80	10,21	5,73	69,20	7,99	<0,1	274,5	0	4,10	44,73	<0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
3	TMY-3	25,59	10,34	6,51	71,93	8,42	<0,1	274,5	0	4,44	45,09	<0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
4	TMY-4	27,34	9,76	5,57	68,69	6,70	<0,1	274,5	0	4,16	51,07	<0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
5	TMY-5	24,74	8,68	5,24	73,96	7,63	<0,1	274,5	0	4,51	45,90	<0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
6	ÜK-1	7,13	1,91	28,00	85,49	4,96	<0,1	433,2	0	5,10	16,95	<0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
7	ÜK-2	8,35	1,97	28,24	92,15	4,80	<0,1	439,2	0	5,13	16,60	n.d.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
8	ÜD-8	26,40	10,39	5,84	69,97	7,75	<0,1	274,5	0	4,02	47,17	n.d.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
9	ÜH-9	54,34	8,14	4,25	51,24	8,19	<0,1	268,4	0	5,99	47,48	n.d.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
10	ÜH-10	27,32	10,88	6,18	72,67	5,38	<0,1	268,4	0	3,85	43,77	n.d.	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Sıra no	Örnek	SAR	%Na	Sulama suyu sınıfı	Su Tipleri	Toplam Sertlik (°f)	TOC (mg/l)	Toplam koliform (CFU/100 ml)	Fekal koliform (CFU/100 ml)
1	TMY-1	0,80	26,41	C2S1	Ca-HCO <sub>3</sub>	19,8 (orta sertlikte su)	0,61	Gözlenmemiştir.	Gözlenmemiştir.
2	TMY-2	0,77	25,39	C2S1	Ca-HCO <sub>3</sub>	21,6 (orta sertlikte su)	0,55	Gözlenmemiştir.	Gözlenmemiştir.
3	TMY-3	0,77	24,97	C2S1	Ca-HCO <sub>3</sub>	19,8 (orta sertlikte su)	0,65	Gözlenmemiştir.	Gözlenmemiştir.
4	TMY-4	0,85	26,96	C2S1	Ca-HCO <sub>3</sub>	19,8 (orta sertlikte su)	0,64	Gözlenmemiştir.	Gözlenmemiştir.
5	TMY-5	0,75	23,90	C2S1	Ca-HCO <sub>3</sub>	21,6 (orta sertlikte su)	0,63	Gözlenmemiştir.	Gözlenmemiştir.
6	ÜK-1	0,17	5,15	C2S1	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	34,2 (sert su)	0,72	Gözlenmemiştir.	Gözlenmemiştir.
7	ÜK-2	0,19	5,61	C2S1	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>	34,2 (sert su)	0,89	Gözlenmemiştir.	Gözlenmemiştir.
8	ÜD-8	0,81	26,19	C2S1	Ca-HCO <sub>3</sub>	21,6 (orta sertlikte su)	0,67	Gözlenmemiştir.	Gözlenmemiştir.
9	ÜH-9	1,96	46,86	C2S1	Na-HCO <sub>3</sub>	16,2 (orta sertlikte su)	0,91	Gözlenmemiştir.	Gözlenmemiştir.
10	ÜH-10	0,82	26,12	C2S1	Ca-HCO <sub>3</sub>	19,8 (orta sertlikte su)	0,68	Gözlenmemiştir.	Gözlenmemiştir.

PO<sub>4</sub><sup>-2</sup> (fosfat) düzeyleri bütün lokasyonlarda <0.2 mg/l olarak bulunmuştur. PO<sub>4</sub>'ün yüksek miktarlarda bulunması mikrobiyal çoğalmanın bir göstergesi olabilir.

Üniversite kuyu suları sulama suyu açısından incelendiğinde orta tuzlu, tuzluluk tehlikesi içermeden ve sodyum tehlikesi oluşturmadan tüm bitkiler için kullanılabilen C2S1 sınıfına girmektedir. ÜK-1 (Üniversite Kuyusu-1:Batı Kampüsü) ve ÜK-2 (Üniversite Depo:Batı Kampüsü deposu) örnekleri Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>, ÜH-9 (SDÜ. Araştırma Uyg.

Hastanesi:arıtma) Na-HCO<sub>3</sub> ve tüm diğer örnek suları Ca-HCO<sub>3</sub> tipli sulardır. ÜK-1 (Üniversite Kuyusu-1: Batı Kampüsü) ve ÜK-2 (Üniversite Depo: Batı Kampüsü deposu) örnekleri sert su kategorisinde diğer örneklerimiz de orta sertlikte su olarak bulunmuştur.

SDÜ içme ve kullanma sularının bakteriyolojik analizleri incelendiğinde tüm lokasyonlarda total koliform (CFU/100) ve fekal koliform (CFU/100) gözlenmemiştir (Tablo 2). Bu bakanlığın belirlemiş olduğu 0/250 ml standardına uygundur (8).



Süleyman Demirel Üniversitesi içme ve kullanma suyu kuyularından alınan örneklerin incelenmesinden ÜK-1 ve ÜK-2 sularını diğerlerinden farklı olduğu Na, K, NO<sub>3</sub> ve SO<sub>4</sub> seviyelerinin az, Mg, Ca, HCO<sub>3</sub>, TDS, Cl ve Sertlik (FSD) seviyelerinin diğer lokasyonlara göre yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum ÜK-1 ve ÜK-2 lokasyonlarının bulunduğu jeolojik formasyon ile ilişkilidir.

Isparta ve çevresinde satılan ambalajlı sulara bakıldığı zaman kimyasal göstergeleri Tablo 3 ve 4'de gösterilmiştir. 1'den 9'a kadar olan sular ile 10'dan 19'a kadar olan suların ortalamaları geneli itibariyle birbirinden farklıdır. Ayrıca bu suların kıyaslaması ÜD-8 ve ÜK-2 ile yapılmıştır. 1-9'a kadar olan sular A grubu, 10-19'a kadar olan sular B grubu olarak ifade edilecektir.

Tablo 3. Isparta ve çevresinde satılan ambalajlı suların in-situ analizleri

Sıra No	Marka	pH	EC (µS/cm)	TDS (mg/l)	Toplam sertlik (°f)	Eh (mV)
1	Erikli (Bursa)	7,35	57,0	29	3,6 (yumuşak su)	294
2	Nestle (Bursa)	7,39	83,6	42	3,6 (yumuşak su)	267
3	Duru su (Sakarya)	6,96	83,4	42	3,6 (yumuşak su)	302
4	Yıldız (Afyonkarahisar)	7,29	100,5	50	3,6 (yumuşak su)	275
5	Kipa (Kocaeli)	7,30	46,4	23	1,8 (yumuşak su)	274
6	Gürpınar (Kocaeli)	7,20	25,3	13	3,6 (yumuşak su)	308
7	Aquafina (Tekirdağ)	6,67	9,9	5	sınır değerinin altında	278
8	Kızılıçık Madran	7,16	82,3	41	3,6 (yumuşak su)	273
9	Pir su (Aydın)	6,95	57,5	29	3,6 (yumuşak su)	293
10	Aysu (Isparta)	7,87	274,0	139	7,2 (yumuşak su)	239
11	Damla (Sakarya)	7,59	143,0	77	5,4 (yumuşak su)	258
12	Sırma (Burdur)	7,48	133,3	67	5,4 (yumuşak su)	277
13	Diñ su (Kütahya)	7,86	150,2	75	5,4 (yumuşak su)	257
14	Pınar Toros (Isparta)	7,90	343,0	171	12,6 (yumuşak su)	268
15	Saka (Sakarya)	7,86	193,6	97	7,2 (yumuşak su)	251
16	Aytaç (Sakarya)	7,94	158,3	79	7,2 (yumuşak su)	263
17	Hayat Şekerpınarı (Adana)	7,84	163,2	82	7,2 (yumuşak su)	260
18	Ceysu (Antalya)	7,92	198,9	100	9,0 (yumuşak su)	269
19	Aroma (Bursa)	7,93	158,7	79	7,2 (yumuşak su)	285
20	ÜD-8 (SDÜ doğu kampüs su deposu)	7,61	549	275	21,6 (orta sertlikte su)	456
Standart değerler	TS 266 (2005)	6,5-9,5	-	-	-	-
	Sağ. Bak. İTASHY (2005)	6,5-9,5	2500	-	-	-
	WHO (2006)	6,5-8,5	-	1000	-	-
	EU (1998)	6,5-9,5	-	-	-	-

A grubu pH ortalaması 7.14, B grubunun pH ortalaması 7.82 olup A grubunun pH'nın daha asidik olduğu görülmektedir. A grubunda yer alan Aquifina (Tekirdağ) suyunun pH'sı 6.7 olup bakanlık sınır değeri olan 6.5'a yakındır. EC ve TDS değerinin ise yine B grubunda A grubuna göre yaklaşık 3 kat fazla olduğu görülmektedir. A grubundaki Aquifina (Tekirdağ) suyunun EC ve TDS olarak sırasıyla 9.9 iS/cm ve 5 mg/l olduğu, B grubundaki en yüksek değerlerin Aysu (Isparta) suyunun EC'nin 274 iS/cm,

TDS'nin 139 mg/l olduğu, Pınar Toros (Isparta) suyunun EC değerinin 343 iS/cm ve TDS değerinin ise 171 mg/l olduğu görülmüştür. FSD'ye göre değerlendirilen toplam sertlik ölçümünde B grubunun A grubundan yaklaşık 2 kat daha sert bir su olduğu, A grubunda en yumuşak suyun ölçülemeyen derecede FSD ile Aquifina (Tekirdağ) olduğu, B grubunda ise en sert suyun 12.6 FSD ile Pınar Toros (Isparta) olduğu görülmüştür. Eh değerlerinde ise A grubu ile B grubu arasında % 8 'lik farkın olduğu yani A grubu ile B grubunun birbirlerine yakın olduğu A grubunda en yüksek değer 308 mV ile Gürpınar (Kocaeli) suyunun olduğu, B grubunda en düşük değer ise 239 mV ile Aysu (Isparta) suyunun olduğu görülmüştür.

Ca ve Mg açısından bakıldığı zaman B grubunun A grubuna göre miktarlarının yaklaşık 4 kat daha fazla olduğu, Ca ve Mg un en düşük değerlerinin sırasıyla 0.2 mg/l ve 0.02 mg/l olarak Aquifina (Tekirdağ) suyunun olduğu, en yüksek değerlerinin ise 52.8 mg/l ve 8.93 mg/l ile Pınar Toros (Isparta) suyunun olduğu görülmüştür. Na düzeyleri incelendiği zaman en düşük değerinin B grubunda Hayat Şekerpınarı (Adana) suyunun olduğu (0.53 mg/l), en yüksek değerlerinin ise yine B grubunda 21.98 mg/l ile Aysu (Isparta) suyunun olduğu görülmüştür. K düzeyleri incelendiği zaman en düşük değerinin A grubunda Aquifina (Tekirdağ) suyunun olduğu (<0.01 mg/l), en yüksek değerlerinin ise yine A

grubunda 1.96 mg/l ile Yıldız (Afyonkarahisar) suyunun olduğu görülmüştür. Eğer A grubundaki Aquifina (Tekirdağ) suyu K için değerlendirme dışı bırakılırsa, A grubunun B grubuna göre miktarlarının yaklaşık 2.5 kat daha fazla olduğu görülmüştür. Cl düzeyleri açısından incelendiği zaman en düşük değerinin 0.37 mg/l ile Aroma (Bursa) suyunun olduğu, en yüksek değerlerinin ise 3.57 mg/l ile Yıldız (Afyonkarahisar) ve Kızılıçık Madran suyunun olduğu görülmüştür. SO<sub>4</sub> düzeyleri açısından

incelendiği zaman en düşük değerinin 0.15 mg/l ile Aquifina (Tekirdağ) suyunda olduğu, en yüksek değerlerinin ise 9.11 mg/l ile Kızılcık Madran (Aydın) suyunda olduğu görülmüştür. Flor düzeyleri açısından incelendiği zaman en düşük değerinin Aquifina (Tekirdağ) suyunda olduğu (<0.01 mg/l), en yüksek değerlerinin ise 0.07 mg/l ile Yıldız (Afyonkarahisar) suyunda olduğu görülmüştür. NO<sub>2</sub> ve PO<sub>4</sub> düzeyleri tüm şişelenmiş sularda sırasıyla 0.05 mg/l ve 0.1 mg/l'nin altında ölçülmüştür. NO<sub>3</sub> düzeyleri açısından incelendiği zaman en düşük değerinin 0.07 mg/l ile Aquifina (Tekirdağ) suyunda olduğu, en yüksek değerlerinin ise 6.16 mg/l ile Kızılcık Madran (Aydın) suyunda olduğu görülmüştür. HCO<sub>3</sub> açısından bakıldığında zaman B grubunun A grubuna göre miktarlarının yaklaşık 4.8 kat daha fazla olduğu, HCO<sub>3</sub> ün en düşük değerlerinin 4.9 mg/l olarak A grubunda Aquifina (Tekirdağ) suyunda olduğu, en yüksek değerlerinin ise 176.9 mg/l ile Pınar Toros (Isparta) suyunda olduğu görülmüştür. TOC açısından bakıldığında zaman A grubu ile B grubu arasında bir fark olmadığı ortalamalarının eşit olduğu, en düşük değerlerinin 0.12 mg/l olarak Gürpınar (Kocaeli) suyunda olduğu, en yüksek değerlerinin ise 0.36 mg/l ile Nestle (Bursa) suyunda olduğu görülmüştür.

A grubu ve B grubu ile ÜD-8'de Fe, Mn, Al, Sb, As, Cd, Cr, Pb, Hg ve Ni açısından değerlendirildiği zaman hepsi için <10 µg/l sonucu bulunmuş olup Cu düzeyleri de <0.01 mg/l olarak ölçülmüştür. Ayrıca Süleyman Demirel Üniversitesi içme ve kullanma suyu kuyuları ve depolarında yapılan analizlerde Fe, Zn, Cu ve Pb düzeyleri <0.01 mg/l olarak ölçülmüştür.

### Tartışma

Şişelenmiş sular ile Üniversite kuyu sularında tespit edilen pH'nın SB İTASHY (8) ve WHO (7) standartlarını sağladığı görülmüştür. pH asiditeyi ve alkaliniteyi belirler. SB İTASHY'de pH aralıkları 6.5-9.5 arasında, WHO'ya göre ise 6.5-8.5 arasında olabileceği belirtilmiştir. pH klorun etkinliğini belirleyen bir faktör olup içme ve kullanma suyu olarak kullanılan sularda pH düzeyi 8'in altında ise klor (Cl) daha etkindir. Ama Cl'un etkinliğini daha da arttırmak için pH'nin 7'nin altına düştüğü durumlarda su aktarım yerlerinde korozyona neden olabilir. Sudaki Ca miktarı ve alkalinite korozyonu engelleyebilir. Suyun asiditesi suda bulunan karbonik, fumik ve fulvik asitlerle sağlanabilir. Alkalinitesi ise özellikle karbonat ve bikarbonatla sağlanır. Sularda CaCO<sub>3</sub> düzeyi tamponlayıcı olarak bulunur (14, 7).

Tablo 4. Isparta ve çevresinde satılan ambalajlı suların hidrojeokimyasal analizleri

Sıra No	Marka	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Cl (mg/l)	SO <sub>4</sub> (mg/l)	F (mg/l)	NO <sub>2</sub> (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	TOC (mg/l)
1	Erikli (Bursa)	7,34	1,02	1,04	0,60	0,44	0,88	0,01	<0,05	0,65	<0,1	24,4	0,22
2	Nestle (Bursa)	9,83	1,73	1,46	0,86	0,57	6,07	0,03	<0,05	0,46	<0,1	30,5	0,36
3	Duru su (Sakarya)	10,48	1,15	3,42	0,39	2,55	2,44	0,01	<0,05	2,37	<0,1	30,5	0,19
4	Yıldız (Afyonkarahisar)	10,02	1,28	5,73	1,96	3,57	3,61	0,07	<0,05	2,23	<0,1	36,6	0,19
5	Kıpa (Kocaeli)	4,26	0,41	2,76	0,52	0,54	0,72	0,01	<0,05	0,49	<0,1	18,3	0,18
6	Gürpınar (Kocaeli)	3,69	0,12	1,09	0,14	0,26	0,32	0,01	<0,05	0,09	<0,1	12,2	0,12
7	Aquafina (Tekirdağ)	0,20	0,02	1,83	<0,01	0,40	0,15	<0,01	<0,05	0,07	<0,1	4,9	0,15
8	Kızılcık Madran (Aydın)	5,67	2,11	5,5	0,96	3,57	9,11	0,05	<0,05	6,16	<0,1	18,3	0,18
9	Pir su (Aydın)	4,62	1,48	3,59	0,81	1,89	3,88	0,03	<0,05	3,45	<0,1	18,3	0,30
10	Aysu (Isparta)	28,62	4,09	21,98	0,16	3,02	4,41	0,03	<0,05	0,82	<0,1	146,4	0,18
11	Damla (Sakarya)	22,34	2,73	2,14	0,43	1,57	6,63	0,02	<0,05	1,41	<0,1	71,5	0,21
12	Sırma (Burdur)	21,18	1,67	1,01	0,35	0,68	1,62	0,04	<0,05	2,17	<0,1	67,1	0,22
13	Diç su (Kütahya)	21,45	2,74	2,65	0,56	1,06	5,89	0,06	<0,05	1,16	<0,1	67,1	0,29
14	Pınar Toros (Isparta)	52,76	8,93	1,98	0,44	2,41	4,47	0,04	<0,05	2,29	<0,1	176,9	0,21
15	Saka (Sakarya)	28,46	3,64	5,07	0,19	0,97	8,18	0,02	<0,05	1,26	<0,1	97,6	0,25
16	Aytaç (Sakarya)	22,31	2,55	6,87	0,15	0,99	4,62	0,02	<0,05	1,71	<0,1	97,6	0,21
17	Hayat Şekerpınarı (Adana)	23,51	5,72	0,53	0,15	0,79	3,25	0,03	<0,05	1,46	<0,1	97,6	0,26
18	Ceysu (Antalya)	32,43	4,31	1,33	0,19	1,49	4,15	0,02	<0,05	2,26	<0,1	115,9	0,23
19	Aroma (Bursa)	20,04	7,81	0,95	0,29	0,37	2,61	0,01	<0,05	0,82	<0,1	97,6	0,19
20	ÜD-8 (SDÜ doğu kampüs su deposu)	69,97	5,84	26,4	10,39	4,02	47,17	1,66	<0,05	7,75	<0,1	274,5	0,69
Standart değerler	TS 266 (2005)	-	-	200	-	250	250	1,5	0,50	50	-	-	-
	Sağ. Bak. İTASHY	-	-	200	-	250	250	1,5	0,50	50	-	-	-
	EU (1998)	-	-	200	-	250	250	1,5	0,20	50	-	-	-
	WHO (2006)	-	-	200	-	250	250	1,5	0,50	50	-	-	-

Tablo 4. Isparta ve çevresinde satılan ambalajlı suların hidrojeokimyasal analizleri (devamı)

Sıra No	Marka	Fe (µg/l)	Mn (µg/l)	Al (µg/l)	Sb (µg/l)	As (µg/l)	Cd (µg/l)	Cr (µg/l)	Cu (mg/l)	Pb (µg/l)	Hg (µg/l)	Ni (µg/l)
1	Erikli (Bursa)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<0,01	<10	<10	<10
2	Nestle (Bursa)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<0,01	<10	<10	<10
3	Duru su (Sakarya)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<0,01	<10	<10	<10
4	Yıldız (Afyonkarahisar)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<0,01	<10	<10	<10
5	Kipa (Kocaeli)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<0,01	<10	<10	<10
6	Gürpınar (Kocaeli)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<0,01	<10	<10	<10
7	Aquafina (Tekirdağ)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<0,01	<10	<10	<10
8	Kızılıcak Madran (Aydın)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<0,01	<10	<10	<10
9	Pir su (Aydın)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<0,01	<10	<10	<10
10	Aysu (Isparta)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<0,01	<10	<10	<10
11	Damla (Sakarya)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<0,01	<10	<10	<10
12	Sırma (Burdur)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<0,01	<10	<10	<10
13	Diñç su (Kütahya)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<0,01	<10	<10	<10
14	Pınar Toros (Isparta)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<0,01	<10	<10	<10
15	Saka (Sakarya)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<0,01	<10	<10	<10
16	Aytaç (Sakarya)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<0,01	<10	<10	<10
17	Hayat Şekerpınarı (Adana)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<0,01	<10	<10	<10
18	Ceysu (Antalya)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<0,01	<10	<10	<10
19	Aroma (Bursa)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<0,01	<10	<10	<10
20	ÜD-8 (SDÜ doğu kampüs su deposu)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<0,01	<10	<10	<10
Standart değerler	TS 266 (2005)	200	50	200	5	10	5	50	2	10	1	20
	Sağ. Bak. İTASHY	200	50	200	5	10	5	50	2	10	1	20
	EU (1998)	-	400	200	5	10	3	50	2	10	6	70
	WHO (2006)	200	50	200	5	10	5	50	2	10	1	20

Ambalajlanmış sularda HCO<sub>3</sub> düzeylerinin B grubunda A grubundakilere göre daha yüksek olması ve buna paralel olarak pH'nın artması bu bilgiyi doğrulamaktadır. Ayrıca Üniversite suları içerisinde yukarıdaki gibi bir paralellik doğu grubu ve batı grubu arasında görülmektedir.

SDÜ sularının oksitlenebilirlik durumuna bakıldığı zaman ise 5.5-7.8 mg/l O<sub>2</sub> arasında olduğu, bu değerinde Sağlık Bakanlığı hedef değerinin üzerinde olduğu görülmüştür. Suyun çözünmüş oksijen içeriği kaynak dağıtım sistemi, suyun sıcaklığı ile kimyasal ya da biyolojik süreçler tarafından etkilenir. Oksitlenebilirlik suyun kirlenme derecesini, sudaki organik madde konsantrasyonunu ve suyun kendi kendini ne derece temizleyebileceğini ifade eder (9). Çözünmüş oksijen azalması su kaynaklarında nitratın nitrite ve sülfatın sülfite indirgenmesine, aynı zamanda çözünmüş oksijen miktarının artması sudaki demirin oksitlenmiş miktarının artmasına neden olur. Bundan dolayı da çok yüksek düzeyde çözünmüş oksijen suyun aktarım için kullanıldığı metal parçalarda korozyonu şiddetlendirebilir (7). Yüksek olan oksitlenebilirlik değerleri SDÜ suyunun taşınma ve aktarım yerlerinde korozyonun ortaya çıkmasına ve bu da suda bulunan diğer kimyasal parametrelerde değişikliklere neden olabilir.

Yeraltı sularının özgül elektriksel iletkenliği bir santimetre küp suyun 25°C'de iletkenliği olarak tanımlanır ve sıcaklıkta her 1°C'lik artış elektriksel iletkenliği % 2 arttırır. Elektriksel iletkenlik suyun çözünmüş tuz içeriğine bağlı olarak artar. Spesifik iletkenlik (EC) microsiemens/cm (iS/cm) olarak ifade edilmektedir (21). Dünya Sağlık Örgütü 0 – 800 µS/cm arasındaki elektriksel iletkenlik değerini hiçbir organik kirlilik ve askıda çok kil malzeme olmaması koşuluyla insanlar için iyi içme suyu olarak tanımlamıştır (7). ÜK1 ve ÜK2'nin sıcaklıklarının diğer üniversite su sıcaklıklarının ortalamasından yaklaşık 4 derece daha sıcak olduğu, bu sıcaklık farkının da daha fazla çözünmüş maddenin oluşmasını sağlayarak EC değerinde fark oluşturduğu görülmektedir. Suların EC değerleri suda çözünmüş olan mineralleri (TDS) özellikle de mineral tuzları gösterir. İçme suları açısından TDS'nin yüksek olması suyun bulanıklığını arttırır ve ışık geçirgenliğini azaltır. Özellikle kalsiyum, magnezyum, potasyum, sodyum, bikarbonatlar, kloridler ve sülfatlar gibi inorganik tuzlar ile az bir miktarda da suda çözünmüş olan organik madde tuzları TDS'yi oluşturur. Sulardaki TDS doğal kaynaklı olabileceği gibi, kanalizasyon, yağmur suyu, endüstriyel atıksu ve su arıtımında kullanılan kimyasallardan ya da şebeke

sisteminde kullanılan boruların kalitesi ve yapısından kaynaklanabilmektedir (1, 2, 9). Ayrıca ambalajlı sularda coğrafi olarak farklı bölgelerden üretildiği için TDS miktarları da ona göre değişebilir. Hem üniversite sularında hem de ambalajlı sularda TDS düzeyleri ile EC düzeyleri birbirine paraleldir. Ayrıca Ca iyon miktarlarının suyun sertliğine etki ettiği buna istinaden Ca, TDS ve EC miktarlarının birbirine paralel olarak değişim gösterdiği de görülmektedir. Suda bol miktarda bulunan Ca ve Mg iyonları mide ve barsak sistemi tarafından kolaylıkla emilebilmektedir. Diyet komisyonlarınca yapılan değerlendirmeler sonucunda 1 günde vücuda en az 800 mg Ca ve 350 mg Mg alınmasının zorunlu olduğu bildirilmektedir. (25). Ca kemik, kas, sinir sistemi, hücre yapısı gibi vücudun her yerinde etkindir (26). Üniversite batı bölgesinde günlük mesaisini geçiren ve 1 litrelik su ihtiyacını burada karşılayan birisi için günlük Ca ihtiyacının % 12'sini, Üniversite doğu bölgesi içme sularından beslenen bir kişi için ise günlük Ca ihtiyacının % 9'unu buradan sağlayabileceği görülmektedir. Ancak mesai saatleri içerisinde su ihtiyacını A grubu şişelenmiş sularla karşılayan bir kişi günlük Ca ihtiyacının % 1'ini, B Grubu sulardan karşılayan bir kişi ise günlük Ca ihtiyacının % 3'ünü bu sulardan sağlamış olacaktır. Bu da gösteriyor ki içme kullanma suyunu üniversite sularından karşılayan bir kişi şişelenmiş su kullanarak su ihtiyacını karşılayan bir kişiye göre ortalama 5 kat daha fazla Ca ihtiyacını sulardan sağlamış olacaktır. Mg hücre içerisinde çok bulunan bir katyon olup Mg alımı ile kalp hastalıkları arasında ters bir ilişki olduğu gösterilmiştir (27). Düşük Ca ve Mg içerikli suların olduğu yerlerde yaşayan kişilerin yüksek Ca ve Mg içerikli suların olduğu yerlerde yaşayan kişilere göre kalp damar hastalıklarından ölüm oranı %10-30 daha fazla olmaktadır (26). Sulardan alınan Mg yiyeceklerden alınan Mg'a göre yaklaşık % 30 daha hızlı emilebilmektedir (28). Çalışmamızda Üniversite batı bölgesinde günlük mesaisini geçiren ve 1 litrelik su ihtiyacını buradan karşılayan birisi için Mg ihtiyacının % 8'ini, Üniversite doğu bölgesi içme sularından su ihtiyacını karşılayan birisi için ise Mg ihtiyacının % 1,6'sını buradan sağladığı görülmektedir. Ancak mesai saatleri içerisinde su ihtiyacını A grubu şişelenmiş sularla karşılayan bir kişi Mg ihtiyacının % 0,3'ünü, B Grubu sulardan karşılayan bir kişi ise Mg ihtiyacının % 1,3'ünü bu sulardan sağlamış olacaktır. Bu da gösteriyor ki içme kullanma suyunu üniversite sularından karşılayan bir kişi şişelenmiş su kullanarak

su ihtiyacını karşılayan bir kişiye göre ortalama 3,7 kat daha fazla Mg ihtiyacını karşılamış olacaktır. Suyun sertliği; sudaki çok değerlikli metal iyonlarının sabunlarla (potasyum ve sodyumun yüksek yağ asitleriyle oluşturdukları organik tuzlar) çözünmeyen bileşikler meydana getirebilme özelliğidir. Sularda sertlik oluşturan en önemli tuzlar kalsiyum ve magnezyum iyonlarıdır. Sabun, özellikle suda bulunan kalsiyum ve magnezyum iyonları tarafından çökeltilir. Özellikle kalsiyum ve magnezyumun sülfat tuzları kalıcı sertlik nedenidir. Kalsiyum ve magnezyum bikarbonat tuzları ise geçici sertlik oluşturur (16). Sertlik, sabun köpüğü üretmek için çok daha fazla sabun gerektiren su ile reaksiyondur ve su kapasitesinin geleneksel ölçüsüdür (7). Su sertliği, aynı zamanda kirlenme indikatörü olarak da kullanılır (17). Suyun sertliği Fransız sertlik derecesi ile belirlenir. 1 Fransız sertlik derecesi (FSD) 10 mg/l CaCO<sub>3</sub> veya 8.4 mg/l MgCO<sub>3</sub>'a eşittir. 0-6 FSD tatlı sular, 7-13 FSD yumuşak sular, 14-28 FSD orta sert sular, 29 FSD üzerine sert sular denir. Sert sular doğrudan sağlığa zararlı olmasa bile yemek pişirmeye ve içmeye elverişli değildir. Borularda, kaplarda kireçlenmeye ve fazla sabun kullanımına neden olur (18). SDÜ içme ve kullanma kuyu sularının Fransız sertlik derecesine göre sınıflandırılmasına bakıldığı zaman Üniversite-Batı grubunun sularının Ca, Mg ve HCO<sub>3</sub> miktarlarının yüksekliğinden dolayı sert su sınıfına girdiği, Üniversite-Doğu grubunun ise Ca ve HCO<sub>3</sub> miktarlarının yüksekliğinden dolayı orta sertlikte su sınıfına girdiği görülmüştür. Özellikle Üniversite-Batı grubunun sularının daha sert su olması suyun tadında değişikliğe ve suyun taşınmasında kullanılan metal aksamalarda korozyona neden olabilir.

Na ve Cl sularda genelde beraber bulunurlar. Genel olarak ambalajlı suların A grubunda Na ve Cl iyonları birbirine paralellik arz etmekte olup, B grubunda ise bu paralellik fazla görülmemektedir. Ayrıca kısmen paralelliğin üniversite sularında da olduğu görülmüştür. Oda sıcaklığında Na için tat eşiği olarak sınır değeri Dünya Sağlık Örgütü ve Sağlık Bakanlığı tarafından 200 mg/l olarak belirlenmiştir (7, 8). Erişkin bir insanda sodyum ihtiyacı yaklaşık olarak günlük 2000 mg (10) olup günlük olarak tüketilen suyun yaklaşık 1 lt kadarı SDÜ'de tüketildiği düşünülürse Na ihtiyacının % 0.36-2.72 arasının karşılandığı görülecektir. Aysu (Isparta) hariç olmak üzere diğer ambalajlı sulardaki Na miktarı çok düşüktür. Üniversite miktarları limitin çok aşağısındadır. Isparta ve çevresinde üretilen ambalajlı



sular ile üniversite kuyu ve depo suları karşılaştırıldığında Aysu (Isparta)'nın Na içeriğinin üniversite batı bölgesine göre daha yüksek olduğu ancak Üniversite doğu bölgesine göre daha küçük olduğu görülmüştür. Klor iyonlarının miktarları ise sağlıklı su için bir göstergedir. Pek çok içme suyunda klorür miktarı 30 mg/l'yi geçmez. Deniz ve kaya tuzu yataklarına yakın yerlerden elde edilen sularda klorür konsantrasyonu yükselir (9). Klorür'ün suda fazla miktarda bulunması suyun tadını bozar. Bundan dolayı klorür konsantrasyonu 250 mg/l'den fazla olmamalıdır. Bu miktarın aşılması halinde sağlık tehlikesi olmasa bile tat bakımından su içilemez hale gelir (6). Klor düzeylerinin çok düşük olmasından dolayı zararlı bir durumu söz konusu değildir. Bu da suyun tadında değişikliğe gitmediğini gösterir. Ayrıca Cl düzeylerinin fazla olması tadı bozmasının yanında dağıtım sistemlerinde korozyona da neden olabilir (7).

Nitrit, amonyak azotunun gram negatif kemo-ototrofik aerobik bakteriler tarafından iki basamaklı oksidasyon olayı olan nitrifikasyon olayının orta ürünüdür. Nitrit, ortamda birikim yapmaz ve ara ürün olduğundan hemen nitrate dönüşür (11). Doğal sulardaki nitrat, inorganik bileşik azotun yaygın formudur ve kirlenmemiş yüzey sularında bulunan nitrat nitrifikasyonun son ürünüdür. Amonyak, hayvansal atıklardan oluşan en temel azotlu atık üründür. Amonyak aynı zamanda azotlu organik maddelerin ayrışması sonucu da açığa çıkar (12). Suda amonyak birikimi, sucul organizmalara toksik olduğundan istenmez ve toksik etkisi pH ve su sıcaklığı arttıkça artar (13). TOC ise sudaki organik karbonun okside olmasıyla ortaya çıkan karbondioksit (CO<sub>2</sub>)'in ölçümüdür. Organik madde miktarının artması suda kirliliğinin işaretidir. Organik maddeler, bakteri ve mantarların suda çoğalmalarına sebep olur (19). İçme suyunda TOC aralık değeri 0.1 - 25 mg/l arasında olmalıdır (20). Hem SDÜ sularında hem de şişelenmiş sulardaki nitrit, nitrat ve TOC değerlerinin uygun seviyelerde olduğu, organik bir kirlenmenin olmadığı görülmektedir.

Flor doğada, özellikle suda, yöreye ve ısıya bağlı olarak değişen düzeylerde bulunur (22). İnsanın yapısında bulunan florun esas kaynağı yiyecek ve içeceklerdir. Endüstriyel maruziyet altındaki toplumlarda solunum yoluyla da alınabilir. Yiyeceklerdeki miktarı düşüktür, dolayısıyla asıl kaynağı sudur. Flor hem yüzey hem de yeraltı sularında mevcuttur. Yeraltı sularındaki doğal flor konsantrasyonu suyun kaynaklandığı bölgenin

jeolojik, kimyasal ve fiziksel özellikleri, toprağın içeriği, pH'ı ve ısı gibi faktörlere bağlı olarak litrede 0 ile 25 mg gibi geniş limitler içinde değişir (7, 23). Sindirim ya da solunum yoluyla alınan florun hepsi absorbe edilemez. Absorbe edilenlerin yarısı idrarla, diğer bir kısmı ise ter, feces ve tükürük ile atılır. İçme suyu kaynaklarındaki düşük flor düzeyi ile diş çürükleri arasında, yüksek flor düzeyleriyle ise flor konsantrasyonundaki artışa paralel olarak fluorosis arasında pozitif bir ilişki mevcuttur (24). Çalışmamızda ÜD-8 (SDÜ doğu kampus su deposu) ile şişelenmiş şişe sularının flor düzeyi ölçümleri yapılmıştır. SB İTASHY, TS 266 (2005), EU (1998) ve WHO (2006)'e göre sınır değeri 1.5 mg/l olarak belirlenmiştir. ÜD-8 kuyusunda Flor düzeyleri 1,66 mg/l bulunmuştur. Diğer şişelenmiş içme sularında ise <0.01 mg/l ile 0.07 mg/l arasında bulunmuştur. İçme sularında olması istenen değeri 0,5-1,0 mg/l arasındadır. 0,5 mg/l'in altı diş çürüklerine daha kolay yakalanmayı, 1,5 mg/l in üzeri ise florozis denilen dişteki lekelenmelere yol açar (7). ÜD-8 suyu florozis açısından risk oluştururken, diğer şişelenmiş suların kullanımı ise daha kolay diş çürüklerine yakalanma ihtimalini arttırır. Florozisin oluşumunun engellenebilmesi için Üniversite ÜD-8 suyunun flor düzeyinin daha uygun bir seviyeye düşürülmesi gerekliliği vardır.

İçme sularında mikrobiyolojik kirlenme suyun kalitesi açısından önemli bir faktördür. Bu nedenle suyun bakteriyolojik incelemesinde kirlenme kriteri olarak koliform bakteriler ve özellikle kirlilik kaynağının nedenini anlamak için E. Coli (fekal koliform) araştırılır. İnsanlarda görülen önemli hastalıkların temel nedeni patojen mikroorganizmalarla suyun kontamine olmasıdır (15). İçme suyunda bulunan koliformlar dezenfeksiyon işlemi sonrası yok edilmelidir. Bu mikroorganizmaların varlığı yetersiz dezenfeksiyon işlemini gösterir (7). SDÜ içme ve kullanma sularının bakteriyolojik analizleri incelendiğinde tüm lokasyonlarda total koliform (CFU/100) ve fekal koliform (CFU/100) gözlenmemiştir. Bu da Sağlık Bakanlığı İTASHY'nde belirtilen standart değere (0/250 ml) uymaktadır (8). Mikrobiyolojik sonuçların TOC, Nitrit, Nitrat gibi sonuçlarla karşılaştırıldığı zaman uyumlu olduğu, ayrıca suların klorlanması işleminin uygun bir şekilde yapıldığını da bize göstermektedir.

Esansiyel elementlerden Fe, Zn, Cu, Al, Pb'nin SDÜ sularında ölçümü yapılmıştır. ÜD-8 ve şişelenmiş sularda ise Fe, Mn, Al, Sb, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg ve Ni esansiyel elementlerinin ölçümü yapılmıştır.

Esansiyel elementlerden Sb, Cd ve Hg elementlerinin ölçüm seviyeleri  $<10 \mu\text{g/l}$  olarak ölçülmüş ve daha aşağıdaki değerler ölçülemediği için daha hassas cihazlarla ölçümlerin tekrar edilmesinin daha uygun olacağı düşünülmektedir. Diğer ölçümler ise TS 266 (2005), Sağ. Bak. İTASHY (2005), EU (1998) ve WHO (2006) standartlarından daha düşük değerler olup sağlık açısından sakınca bulunmamaktadır. Sonuç olarak çalışmamızda SDÜ suları ile içme ve kullanma sularının genel olarak SB İTASHY, WHO standartlarına uyumlu olduğu, SDÜ sularının Flor düzeyinin  $1,5 \text{ mg/l}$  düzeyinin altına düşürülmesi, suyun tadının önemsenmemesi ve kontrollerinin sık yapılması durumunda Isparta ve çevresinde kullanılan şişelenmiş sulara göre sağlık açısından daha yararlı olacağı kanaatine varılmıştır.

### Teşekkür

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı ile Sağlık, Kültür ve Spor Daire Başkanlığının parasal katkısıyla gerçekleşmiştir. Bu yüzden her iki Daire Başkanlığına teşekkürü borç biliriz.

### Kaynaklar

- Süphandağ, Ş. A., Uyguner, C.S., Bekbölet, M. İstanbul'da tüketilen ticari ve şebeke bazlı içme sularının kimyasal ve spektroskopik profilleri. İTÜ dergisi, 2007, Su kirlenmesi kontrolü Cilt:17, Sayı:2, 23-35.
- Dedeakayoğulları, H. ve Önal, A. E. Çevre ve insan sağlığı açısından su ve analizinin önemi. İst. Tıp Fak. Derg. 2009: 72: 65-70.
- Velicangil S. Hekimler, Sanayi (iş) Hekimleri, Diş Hekimleri, Eczacılar ve Sağlık (Çevre) Mühendisleri için Koruyucu ve Sosyal Tıp, Filiz Kitabevi, 1980: 126-150, 337,398.
- Fırat, M. İçme suyu ve sağlığımız. Çevre ve çocuk sağlığı sempozyumu, İstanbul, , 2002: 179-186,
- Sawka, M.N., Chevront, S.N., and Carter, R. Human Water Needs, MPH Nutrition Reviews, 2005: Vol. 63, No. 6, (II) S30-S3.
- Ağaoğlu, S., Ekici, K., Alemdar, S., Dede, S. Van ve Yöresi Kaynak Sularının Mikrobiyolojik, Fiziksel ve Kimyasal Kaliteleri Üzerine Araştırmalar. Van Tıp Dergisi: , 1999: 6 (2).
- WHO Library Cataloguing-in-Publication Data Guidelines for drinking-water quality. 2011: 4th ed.
- SB İTASHY, 2005. Sağlık Bakanlığı: İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik 17.02.2005, 25730 sayılı resmi gazete.
- Ünlü, A., Çoban, F. Ve Tunç, M.S. Hazar gölü su kalitesinin fiziksel inorganik-kimyasal parametreler açısından incelenmesi. J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ. 2008: Vol 23, No 1, 119-127.
- WHO, 2003. World Health Organization. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases . Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. Cenevre, Dünya Health Organization, (WHO Technical Report Series, No. 916).
- Boyd, C. E., Tucker, C. S. Pond Aquaculture Water Quality Management., 1998. Kluwer Academic Publishers. 700p.
- Tommaso, J. R. The toxicity of nitrogenous wastes to aquaculture animals. Reviews of Fisheries Science 1994. 2:291-314.
- Emerson, K., Russo, R. C., Lund, R. E., and Thurston, R. V. Aqueous ammonia equilibrium calculations: Effect of pH and temperature. Journal of the Fisheries Research Board of Canada. 1975. 32:2379-2388.
- Şengül, F., Müezzinoğlu, A. Çevre Kimyası. D.E.Ü. Çevre Mühendisliği Basım Ünitesi, 1993, İzmir.
- Ünlü, A. Yeraltı suyu kirliliği ve kontrolü, Elazığ Bölgesi ve Yakın Çevresinin Su Sorunları Paneli, Fırat Üniversitesi Yayınları, 1994: 39, 54, 68 s.
- Giritoğlu, T. İçme suyu kimyasal analiz metodları, İller Bankası Yayınları, 1975: 18, 343 s.
- Solak, C.N. Akçay (Muğla-Denizli)'ın fiziko-kimyasal ve epilitik alg florası yönünden incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003:32, 34 s.
- Sünter A.T. İçme ve Kullanma Sularının Arıtılması ve Dezenfeksiyonu. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi, Halk Sağlığı Anabilim Dalı, SAMSUN, 6. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi – 2009.
- Dayıoğlu, H., Özyurt, M.S., Bingöl, N. ve Yıldız, C., 2004. Kütahya İli İçme Sularının Bazı Fiziksel Kimyasal ve Bakteriyolojik Özellikleri. DPÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004: 7. Sayı
- Wallace, B., Lawson S. and Gates B., Recovery of TOC in the Presence of High Levels of Dissolved Inorganic Carbon: TOC Methods for Ground/Drinking Water Analysis, Application Note.
- Örgev C. ve İnanç İ. Doğal zeolit'in doğal kaynak sularında pH, iletkenlik ve sertlik özelliklerinin düzenleyicisi olarak kullanımı. BİYOMUT, 2004. 256-257.
- Shehata, A. M. and Ghandour, I. A. A map of natural fluorur in drinking water in Sudan. Odontostomatol-Trop, 1990. 13: 17-21.
- J.K. Fawell et al. Fluoride in drinking-water Published in 2006 by IWA Publishing on behalf of the World Health Organization Provides information on the occurrence of fluoride in drinking-water, its health effects, ways of reducing excess levels and methods for analysis of fluoride in water.
- Hapcıoğlu B., Disci R., Demir L., Basak E., Guray O., Ozer N. Türkiye içme sularında florürün bölgesel dağılımı. İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

- Dergisi, 1992, 26: 222-3.
25. Campese, V. M. Salt sensitivity in hypertension renal and cardiovascular implications. *Hypertension*, 1994, 23:531-550.
  26. Garzon, P. and Eisenberg, M.J. Variation in the mineral content of commercially available bottled waters: Implications for health and disease. *The American Journal of Medicine*, 1998, 105:125-130.
  27. Marx, A. and Neutra, R.R. Magnesium in drinking water and ischemic heart disease. *Epidemiol.*, 1999, 19:258-272.
  28. Durlach, J. Recommended dietary amounts of magnesium: Mg RDA. *Magnesium Res.*, 1989, 2:195-203.
  29. Standard Methods, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st edition, In: Eaton, A.D., Clesceri, L.S., Rice, E.W., Greenberg, A.E. (eds), American Public Health Association, Washington, D.C.
  30. Calmbach, L. AquaChem Computer Code-Version 3.7: Aqueous geochemical analyses, plotting and modelling. Waterloo Hydrogeologic, 1999, Waterloo, Ontario, Canada, 184 p.