



**NİKSAR (TOKAT) İLÇESİ İÇME SULARININ VE BAZI TİCARİ DOĞAL KAYNAK
SULARININ FİZİKSEL, KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Elif ÖZSOY

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

Doç. Dr. Mustafa BAYRAM

Ağustos - 2022

T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**NİKSAR (TOKAT) İLÇESİ İÇME SULARININ VE BAZI TİCARİ DOĞAL KAYNAK
SULARININ FİZİKSEL, KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

ELİF ÖZSOY

TOKAT
Ağustos - 2022

JÜRİ KABUL ve ONAY

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü'ne,
Elif ÖZSOY'un NİKSAR (TOKAT) İLÇESİ İÇME SULARININ VE BAZI TİCARİ DOĞAL KAYNAK SULARININ FİZİKSEL, KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ adlı çalışması 24 Ağustos 2022 tarihinde jürimiz tarafından Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Danışman

Doç. Dr. Mustafa BAYRAM

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

İmza

Üye

Prof. Dr. Cemal KAYA

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Üye

Prof. Dr. Osman KOLA

Adana Alparslan Türkeş Bilim ve
Teknoloji Üniversitesi

ETİK SÖZLEŞME

Bu belge ile bu tezdeki bütün bilgi toplama ve raporlaştırma sürecinin Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'ne, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna, genel akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak gerçekleştirildiğini; bu tez çalışmasının “intihal engelleme” programı ile tarandığını, bana ait olmayan tüm bilgi, düşünce ve bulgulara atıf yaptığımı ve kaynağını gösterdiğimi beyan eder, sorumluluğun tarafıma ait olduğunu kabul ederim.



24.08.2022

ELİF ÖZSOY

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NİKSAR (TOKAT) İLÇESİ İÇME SULARININ VE BAZI TİCARİ DOĞAL KAYNAK SULARININ FİZİKSEL, KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

ELİF ÖZSOY

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. MUSTAFA BAYRAM)

Ağustos 2022, 61 sayfa

Bu çalışmada, Niksar (Tokat) ilçesinin farklı noktalarında bulunan 8 su deposundaki içme suyu ve bu içme sularının gittiği mahallelerde ev tipi arıtıcıya sahip evlerde, arıtıcıya girmeden ve arıtıcıdan çıktıktan sonra alınan içme ve kullanma suları, 10 farklı markaya ait ambalajlı Pet şişe doğal kaynak suyu ve 5 farklı markaya ait geri dönüşümlü 19 L'lik polikarbonat damacana içme sularının bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Fizikokimyasal analizler standart analiz metotlarına, mikrobiyolojik analizler membran filtrasyon ve dökme plak metotlarına göre gerçekleştirilmiştir. Bütün su örnekleri İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliğin 17.02.2005 tarihli ve 25730 sayılı numune alma esaslarına göre alınmıştır. Elde edilen sonuçlar İTASHY, TS266 ve WHO (2011) verilerine göre değerlendirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre; ambalajlı Pet şişe ve 19 L dönüşümlü damacana sularda herhangi bir uygunsuzluk tespit edilmemiştir. Depo sularından alınan örneklerde bir depoda *E. coli* ve koliform, bir depoda *E.coli* tespit edilmiştir. Hanelerden arıtım öncesi alınan musluk sularının 3'ünde *E.coli* ve koliform, bir tanesinde *E.coli* ve bir tanesinde koliform tespit edilmiştir. Arıtım sonrası alınan numunelerin hiçbirinde mikrobiyal kirlilik görülmemiştir. Arıtım cihazlarının mikrobiyal kirliliğin giderilmesinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Fakat arıtım sonrası suların fizikokimyasal özelliklerinde ciddi farklılıklar gözlenmiş bir numunenin pH değerinin standartlara uygun olmadığı tespit edilmiştir. 22 °C'de toplam koloni sayısı yönünden bütün su örneklerinin standartlara uygun olduğu görülmüştür. İlçede halen çalışmaları devam eden Entegre Su Projesi ile musluk ve depo sularındaki kirliliğinin geçici olduğu, proje tamamlanması ile isale hattı borularındaki yıpranma ve kaçaklardan kaynaklı kirliliğin önüne geçileceği sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Su, Mikrobiyolojik, Fizikokimyasal

ABSTRACT

MASTER THESIS DETERMINATION OF PHYSICAL, CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PROPERTIES OF NIKSAR (TOKAT) DRINKING WATER AND SOME COMMERCIAL NATURAL SPRING WATER

ELİF ÖZSOY

**TOKAT GAZİOSMANPAŞA UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES**

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. MUSTAFA BAYRAM)

August 2022, 61 pages

This study was carried out in order to determine some physicochemical and microbiological properties of 8 drinking and usage water in water tanks located at different points of Niksar (Tokat) district and drinking and usage water taken after entering and leaving the purifier in houses with home type purifiers in the neighborhoods where these waters go, packaged Pet bottle Natural Spring Water belonging to 10 different brands and recycled 19 L polycarbonate carboy drinking water belonging to 5 different brands. Physicochemical analyzes were carried out according to standard analysis methods, microbiological analyzes were carried out according to membrane filtration and pour plate methods. All water samples were taken according to the sampling principles of the Regulation on Water Intended for Human Consumption dated 17.02.2005 and numbered 25730. Obtained results were evaluated according to ITASHY, TS266 and WHO (2011) data. According to the analysis results; no physicochemical and microbiological incompatibility has been detected in packaged PET bottles and 19 L recycled water bottles. *E.coli* and coliform were detected in one tank and *E.coli* was detected in one tanks in the samples taken from the tank waters. *E.coli* and coliform were detected in 3 of the tap waters taken from the households before treatment, *E.coli* in one and coliform in one. No microbial contamination was observed in any of the samples taken after treatment. It was concluded that treatment devices are effective in removing microbiological pollution. However, after treatment, serious differences were observed in the physicochemical properties of the waters, and it was determined that the pH value of a sample was not in accordance with the standards. All water samples were found to be in compliance with the standards in terms of the total number of colonies at 22 °C. With the Integrated Water Project, which is still in progress in the district, it has been concluded that the pollution in tap and storage water is temporary, and that the pollution caused by wear and water leaks in the transmission line pipes will be prevented with the completion of the Project.

KEYWORDS: Water, Microbiological, Physicochemical

ÖNSÖZ

Tez çalışmam sırasında değerli bilgi ve tecrübesiyle beni yönlendiren, akademik süreçte yardımını esirgemeyen, sabır ve anlayış ile bana destek olan danışman hocam Doç. Dr. Mustafa BAYRAM'a teşekkürlerimi sunarım.

Lisansüstü eğitim boyunca her zaman maddi manevi desteklerini gördüğüm Niksar Belediye Başkanı Özdilek ÖZCAN'a, laboratuvar çalışmamda malzeme temini ve laboratuvar alanını kullanmamda yardımcı olan Niksar Belediyesi Ayvaz İşletmesi Müdürü Hikmet SUBAŞI ve desteklerini eksik etmeyen kıymetli çalışanlarına çok teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmam sırasında gerekli yöntem ve analizleri gerçekleştirmemde bilgi ve tecrübelerini eksik etmeyen, beni hiçbir zaman geri çevirmeyen Tokat Halk Sağlığı Çevre Sağlığı Birimi Laboratuvar çalışanları Yüksek Gıda Mühendisi Feyza UĞURLU, Uzman Biyolog Meryem DUMANLI ve Yüksek Biyolog Mete KOYUNCU'ya çok teşekkür ederim.

Çalışmam sırasında bilgi ve tecrübeleri ile yanımda olan Kimyager Devran YILMAZ ve Niksar Toplum Sağlığı çalışanları Çevre Sağlığı Teknisyenleri İsmail ÖZBEK ve Mehmet YAYLACI'ya çok teşekkür ederim.

Su örneklerinin toplanması sırasında yanımda ve yardımcı olan İlker YILDIZ'a, Ercan YILMAZ'a ve Ramazan YILDIRIMER'e çok teşekkür ederim.

Tez çalışma sürecinde manevi destekleri ile her daim yanımda olan arkadaşlarım Gıda Mühendisi Ebru ÖZKAVRA'ya ve Öğretim Görevlisi Gürsel İŞÇİ'ye, bu günlere gelmemde büyük emekleri olan aileme, özellikle analizlerin istatistiksel verilerinde yardımcı olan kardeşim Eyma ÖZSOY'a teşekkür ederim.

ELİF ÖZSOY

Ağustos-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	5
2.1. Suların Sınıflandırılması	5
2.2. İçme Suyu Tercihleri.....	6
2.2.1 Ambalajlı sular	6
2.2.2. Şebeke suları	9
2.2.3. Ev tipi su arıtma cihazı suları	11
2.3. Su Kirliliği	13
2.4. Su ile Bulaşan Hastalıklar	14
2.5. Su Kalitesi.....	15
2.6. Su Kalitesini Etkileyen Fizikokimyasal Parametreler	16
2.6.1. Renk.....	16
2.6.2. Koku ve tat.....	17
2.6.3. Bulanıklık.....	17
2.6.4. pH	18
2.6.5. Elektriksel iletkenlik (EC).....	19
2.6.6. Çözünmüş oksijen	19
2.6.7. Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI).....	19
2.6.8. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI)	20
2.6.9. Toplam organik karbon (TOK)	20
2.6.10. Toplam katı madde.....	20
2.6.11. Ağır metaller	21
2.6.12. Pestisitler.....	21
2.6.13. Petrol ve türevleri	22
2.7. Su Kalitesini Etkileyen Mikrobiyolojik Parametreler.....	22
2.7.1. Koliform bakteri.....	23
2.7.2. <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>).....	23
2.7.3. Fekal koliformlar.....	24
2.7.4. Enterokoklar.....	24

2.7.5. <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (<i>P. aeruginosa</i>)	24
2.7.6. Anaerob, sporlu sülfid redükte eden bakteriler.....	25
2.7.7. Funguslar (küfler)	25
2.7.8. Toplam canlı koloni sayımı (22-37 °C’ de)	25
3. YAPILAN ÇALIŞMALAR	26
4. MATERYAL ve YÖNTEM.....	31
4.1. Materyal.....	31
4.1.1. Depolardan alınan su numuneleri.....	32
4.1.2. Ambalajlı sulardan alınan su numuneleri	33
4.1.3. Şebeke sularının ulaştığı hanelerin ev tipi arıtma cihazlarından alınan numuneler	34
4.1.4. Kullanılan alet ve ekipmanlar.....	35
4.2. Yöntem	35
4.2.1. Renk, koku ve tat tayini.....	35
4.2.2. Elektriksel iletkenlik (EC) ve pH tayini	36
4.2.3. Nitrat tayini	36
4.2.4. Nitrit tayini	37
4.2.5. Amonyak tayini	37
4.2.6. Bor tayini.....	37
4.2.7. Florür tayini.....	38
4.2.8. Arsenik tayini	39
4.2.9. Kullanılan besiyerleri	40
4.2.10. Besiyerlerinin hazırlanması	40
4.2.11. Membran filtrasyon yöntemi	40
4.2.12. Dökme plak yöntemi	41
5. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	43
5.1. Depo Sularının Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri	44
5.2. Ambalajlı Suların Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri	46
5.3. Ev Tipi Su Arıtma Cihazlarının Giriş ve Çıkışından Alınan Su Örneklerinin Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri	50
6. SONUÇ	55
7. KAYNAKLAR	57
8. ÖZGEÇMİŞ	61

SİMGELER VE KISALTMALAR

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
‘	Dakika
“	Saniye
°	Derece
±	Artı veya Eksi
°C	Derece Santigrat
%	Yüzde
Al	Alüminyum
As	Arsenik
B	Bor
Cd	Kadmiyum
Cr	Krom
H ⁺	Hidrojen
Fe	Demir
Hg	Civa
Mn	Mangan
Mo	Molibden
Ni	Nikel
OH ⁻	Hidroksil
Pb	Kurşun
Sr	Stronsiyum
V	Vanadyum

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
BOI	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
Cm	Santimetre
E	Doğu
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
EC	Elektriksel İletkenlik
EPA	ABD Çevre Koruma Ajansı
HPC	Heterotrofik Bakteri Plaka Sayımı
İTASHY	İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik
km ²	Kilometrekare
kob	Koloni oluşturan birim
KOI	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
L	Litre
M	Metre
Mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
m ³	Metreküp
N	Kuzey
NTU	Nefelometrik Bulanıklık Birimi
PET	Polietilen Tereftalat
TOK	Toplam Organik Karbon
TS	Türk Standartları
TSA	Triptik Soy Agar
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UV	Ultraviyole
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
µS/cm	Mikrosiemens Bölü Santimetre

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil

Sayfa

Şekil 1. Yeryüzündeki su kaynakları dağılımı.....	2
Şekil 2. Ev tipi ters osmoz su arıtma cihaz şeması.....	12
Şekil 4. 1. Niksar haritası.....	31
Şekil 4. 2. Ambalajlı Pet şişe ve Polikarbonat damacana su numuneleri.....	34
Şekil 4. 3. pH ve İletkenlik ölçümünde kullanılan cihaz.....	36
Şekil 4. 4. Amonyak ölçümünde kullanılan alkol ve reaktifler.....	37
Şekil 4. 5. Nitrat, nitrit, amonyak, bor ve florür ölçümlerinde kullanılan spektrofotometre cihazı.....	38
Şekil 4. 6. Bor (a), nitrit (b), nitrat (c) ölçümünde kullanılan kitler.....	38
Şekil 4. 7. Arsenik analiz malzemeleri (a) ve analiz sonucu ölçüm çubukları (b).....	39
Şekil 4. 8. Mikrobiyolojik analizlerde kullanılan besiyerleri CCA (a) TSA (b).....	40
Şekil 4. 9. Membran filtrasyon yöntemi ile analiz.....	41
Şekil 4. 10. Dökme plak yöntemi ile mikrobiyolojik analiz.....	42

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge

Sayfa

Çizelge 1. 1. Dünyada kullanılan suyun durumu	3
Çizelge 1. 2. Türkiye’de su kullanımı.....	4
Çizelge 2. 1. Ambalaj türleri ve numaraları.....	7
Çizelge 2. 2. Ambalajlı su sektörünün yıllara göre değişimi.....	8
Çizelge 2. 3. 2020 yılı kaynağına göre çekilen su miktarı.....	10
Çizelge 2. 4. İçme suyu yoluyla bulaşan başlıca bakteriyel hastalıklar.....	14
Çizelge 5. 1. Analizi yapılan sular için incelenen parametreler ve bu parametreler için kalite standartlarının belirlediği değerler	43
Çizelge 5. 2. Depo sularının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri.....	44
Çizelge 5. 3. Ambalajlı pet şişe içme sularının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri.....	46
Çizelge 5. 4. Ambalajlı 19 L polikarbonat damacana içme sularının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri.....	49
Çizelge 5. 5. Arıtım öncesi ve sonrası suların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri.....	51

1.GİRİŞ

Tüm canlılar yaşamsal aktivitelerini sağlamak ve devam ettirmek için suya ihtiyaç duymaktadır. Canlılar için yaşamın ana unsuru tadı olmayan inorganik bileşik olan su, tabiatta katı, sıvı ve gaz olmak üzere üç halde var olmaktadır. Normal sıcaklık ve basınç altında sıvı halde bulunan suyun H_2O yapısı iki hidrojen ve bir oksijen atomundan oluşmaktadır ve saf suyu temsil etmektedir. Merkezinde bir tane O atomu olan su molekülünün, her köşesinde bir H atomu ve diğer iki köşesinde paylaşılmamış elektron çiftleri bulunan düzensiz bir tetrahedron şeklindedir (Anonim,2022a). Su kendine özgü molekül yapısı açısından hiçbir maddeye benzememektedir.

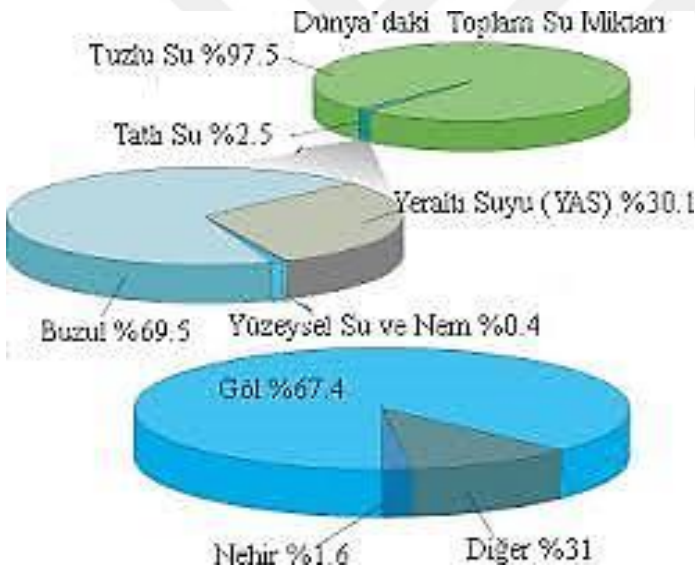
İnsanlar tarafından tüketilen gıdaların sindirilmesi, vücuttaki dokular arasındaki oksijen ve karbondioksit geçişine kadar birçok etkiye sahip olan su, canlıların metabolik faaliyetlerinde önemli rol oynar (Güler, 1997). Yeryüzünde yaşayan insan başta olmak üzere bütün canlıların bünyesinde yaklaşık %50-%80'inin su olduğu düşünüldüğünde; suyun canlı yaşamının bizzat kendisi olduğu sonucuna varmak gayet doğaldır (Kılıç, 2008). Eski çağlardan beri insanların yerleşim yerlerini erişilebilir su kaynaklarının etrafına kurmaları suyun hayattaki yerini ve gücünü gözler önüne sermektedir. Uzun yıllardır suyun sadece tüketim için değil enerji kaynağı olarak da kullanılması ülkelerin gelişiminde de etkili olmaktadır. Yenilenebilir bir kaynak olması suyu daha da cazip hale getirmektedir. Nitekim evlerde veya endüstriyel amaçlı kullanıldıktan sonra ortaya çıkan atık sular; fiziksel, kimyasal veya biyolojik yollarla arıtılarak tekrardan çeşitli alanlarda yeniden yer alacak kadar kıymetlidir.

Su özellikleri söz konusu olduğunda sadece yaşam ortamında değil, cansız çevrede de etkili bir maddedir. Toprak, kayaların fiziksel olarak parçalanmasıyla oluşur, maddeyi çözerek bitki ortaya çıkar, kökler verimli hale gelir. Fotosentez ve gerekli yapı taşlarının dallardan yapraklara taşınması gibi doğa olayları suyun sayesinde meydana gelmektedir (Özsoy, 2009).

Gerek temizlik ve hijyen için olsun, gerekse hammadde olarak kullanılmak için olsun suyun bulunmadığı hiçbir sektör yoktur. Eski tıbbın var olduğu zamanlarda su-sağlık

ilişkisi ‘şıfalı su’ inancı ile var olmaktadır. Günümüzde ise bu inanış dünya ve kendi ülkemizde kaplıca suları ile yerini korumaktadır.

Dünyadaki yerkürenin dörtte üçünü kaplayan suyun %97.5’i tuzlu su olarak deniz ve okyanuslarda olup geri kalan %2.5’lik kısmı tatlı su olarak bulunmaktadır. Toplam su miktarının az bir kısmını oluşturan tatlı sular kutuplar, göller, akarsular ve yeraltı suları halinde yeryüzünü oluşturmaktadır. Dünyada kapladığı alan itibari ile su çok olarak görünse de, %2.4’lük çok az bir oranla dünyadaki su içme ve kullanma amaçlı tüketilebilmektedir. Tatlı sularda diğer bir oransal dağılım %70 tarım alanında, %20 sanayii ve kalan %10’luk pay ise hanelerde karşımıza çıkmaktadır. Söz edilen toplam tatlı su tüketimi içinde sadece %0.18’lik bir pay gıda ve içecek sanayii alanında yer bulmaktadır (Varer Kutanis, 2010).



Şekil 1.Yeryüzündeki su kaynakları dağılımı (Şahin, 2010)

Su kaynakları bakımından dünyada ülkeler arasında eşit bir dağılım yoktur. Amerika kıtası, Asya’nın kuzey tarafı, Avustralya ve Orta Avrupa ilk sıralarda yer alırken; Kuzey Afrika, Ortadoğu ve Güneydoğu Asya’da su kaynak problemleri dikkat çekmektedir (Şahin, 2010).

Dünyada kullanım açısından su; enerji, içme ve kullanma, tarım, sanayi ve biyolojik çeşitlilik içindir. Dünyada su tüketimindeki artış nüfus artışı ile paralellik

göstermektedir. Türkiye'nin de içinde bulunduğu dünyada kullanılan suyun durumu Çizelge 1.1'de verilmiştir.

Çizelge 1. 1. Dünyada kullanılan suyun durumu (Urgan, 2020)

Ülke	Toplam Tatlısu Çekimi (km ³ /yıl)	Kişi Başı Tatlısu Çekimi (m ³ /kişi/ yıl)	Evsel Kullanı m (%)	Sanayi Kullanı mı (%)	Tarım al Kullanı m (%)	2010 Nüfusu (milyo n)
Angola	0.4	18	23	17	60	19
Mısır	68.3	809	8	6	86	84
Somali	3.3	352	0	0	99	9
Kanada	45.1	1330	20	69	12	34
ABD	482.2	1518	13	46	41	318
Brezilya	58.1	297	28	17	55	195
Çin	578.9	425	12	23	63	1362
Hindist an	761	627	7	2	90	1214
İsrail	2	268	36	6	58	7
Japonya	88.4	696	20	18	62	127
Türkiye	40.1	530	15	11	74	76
Fransa	33.2	529	16	74	10	63
Rusya	76.7	546	19	63	18	140
İngilter e	11.8	190	22	75	3	62
Avustra lya	59.8	2782	15	10	75	22

Türkiye bulunduğu iklim olarak yarı kurak bir ülke olması sebebiyle “su stresli” ülke olarak bilinmektedir ve kişi başına düşen su miktarı 1.519 m³ civarındadır. 2015 yılında kişi başına düşen su miktarı 1.422 m³ olarak hesaplanırken, 2017 yılı itibariyle bu miktar 1.386 m³ olarak hesaplanmaktadır. “Su stresli” Türkiye'nin, 2023 yılında 100 milyon nüfusa sahip olması beklenmekte ve nüfusa bağlı olarak 2023 yılındaki kişi başına düşen su potansiyeli 1.120 m³ seviyesine kadar düşmesi öngörülmektedir. Bir ülkeyi “su zengini” ülke olarak adlandırmak için kişi başına 5.000 m³'ten fazla kullanılabilir su düşmelidir (Hakyemez, 2019; Urgan, 2020).

Ülkede su kaynakları doğal göller, ırmaklar, rezervuarlar ve yeraltı sularından oluşmakla birlikte büyük bir çoğunluğunu havzalar oluşturmaktadır. “DSİ Genel Müdürlüğü’ne göre” “sahip olunan teknik ve ekonomik şartlar altında tüketilebilecek yüzey suyu potansiyeli 98 milyar m³ şeklinde hesaplanmaktadır. Bu veride 95 milyar m³ yurtiçi nehirlerden, 3 milyar m³ komşu ülkelerden doğan nehirlerden karşılamaktadır.” (Hakyemez, 2019).

Türkiye’de su kullanımı dünyaya paralel olarak, çoğunlukla tarımda sulama için tüketilmektedir. Tarımda kullanılan suyun büyük çoğunluğu da geleneksel yöntemler ile verimli tüketimin önüne geçmektedir. En çok su kaybı ise geleneksel olan yüzey sulama yöntemlerinden kaynaklanmaktadır. Türkiye’de su kullanımı Çizelge 1.2’de verilmiştir.

Çizelge 1. 2. Türkiye’de su kullanımı (Hakyemez, 2019)

<u>Yıl</u>	<u>Sulama</u> (milyar m ³)	<u>Hanehalkı</u> (milyar m ³)	<u>Sanayi</u> (milyar m ³)	<u>Toplam</u> (milyar m ³)
1990	22.0	5.1	3.4	30.5
2004	29.6	6.2	4.3	40.1
2008	33.8	5.8	6.0	45.6
2010	38.2	5.8	6.0	49.9
2012	41.6	6.0	8.4	56.0
2014	35.9	5.7	9.1	50.7
2016	43.1	6.2	11.1	60.4
2023	72.0	18.0	22.0	112.0

İnsanların içme suyu tercihleri ekonomik, jeoloji ve su hijyenine bağlı çeşitlilik göstermektedir. Hanelerde insanlar yeme-içme ve temizlik için içme ve kullanma sularını tercih etmekte iken, su tüketimi için ambalajlı veya damacana sularını daha çok kullandığı görülmektedir. Şebeke suyu olarak adlandırdığımız içme ve kullanma sularına tüketim olarak güven olmadığı için birçok hanede insanlar evlerine ev tipi arıtma cihazları kurup bazen bu cihazı sadece yeme-içme için kullanmaktadır.

Bu çalışma Tokat ili Niksar ilçesinin farklı noktalarında bulunan merkez su depolarındaki 8 içme suyu ve bu içme sularının gittiği mahallelerde ev tipi arıtıcıya sahip evlerde arıtıcıya girmeden ve arıtıcıdan çıktıktan sonra alınan içme sularının, 10 farklı markaya ait ambalajlı Pet şişe Doğal Kaynak Sularının ve 5 farklı markaya ait geri dönüşümlü 19 L'lik polikarbonat damacana Doğal Kaynak Sularının bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Suların Sınıflandırılması

İnsanların tükettiği suyun standardizasyonu, sağlıklı ve hijyenik suya ulaşmalarını sağlamak için belirli kanun ve yönetmeliklerde içme sularıyla ilgili tanımlamalar bulunmaktadır. Bu husus kapsamında İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelikte sularla ilgili birkaç tanım aşağıda yer almaktadır (Ögenler ve Okuyaz, 2017).

İnsani Tüketim Amaçlı Su: “Orijinal haliyle ya da işlendikten sonra, dağıtım ağı, tanker, şişe veya kaplar ile tüketime sunulan içme, pişirme, gıda hazırlama ya da diğer evsel amaçlar için kullanılan bütün sular ile suyun kalitesinin, gıda maddesinin nihai halinin sağlığa uygunluğunu etkilemeyeceği durumlar haricinde insani tüketim amaçlı ürünlerin veya gıda maddelerinin imalatında, işlenmesinde, saklanması veya pazarlanmasında kullanılan bütün suları” ifade etmektedir.

Kaynak Suyu: “Jeolojik koşulları uygun jeolojik birimlerin içinde doğal olarak oluşan, bir veya daha fazla çıkış noktasından yeryüzüne kendiliğinden çıkan veya teknik usullerle çıkartılan ve bu Yönetmeliğin gerekli maddelerinde izin verilenler dışında herhangi bir işleme tabi tutulmaksızın yönetmelik ekindeki nitelikleri taşıyan, etiketleme gerekliliklerini karşılayan ve satış amacı ile ambalajlanarak piyasaya arz edilen yer altı sularını” ifade etmektedir.

İçme Suyu: “Jeolojik koşulları uygun jeolojik birimlerin içinde doğal olarak oluşan, bir çıkış noktasından sürekli akan veya teknik usullerle çıkarılan ve yönetmelikte uygun görülen dezenfeksiyon, filtrasyon, çöktürme, saflaştırma ve benzeri işlemler uygulanabilen ve parametre değerlerinin eksiltilmesi veya artırılması suretiyle yönetmeliğin ilgili ekindeki parametre değerleri elde edilen, etiketleme gerekliliklerini

karşılaman ve satış amacı ile ambalajlanarak piyasaya arz edilen yer altı sularını” ifade etmektedir.

İçme-Kullanma Suyu: “Genel olarak 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 arıtılmış olarak ister kaynağından isterse dağıtım ağından temin edilen ve aşağıdaki parametre değerlerini sağlayan ve ticari amaçlı satışa arz edilmeyen sular” dır (Anonim, 2005).

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliğe ek olarak doğal mineralli sular için Doğal Mineralli Sular Hakkındaki Yönetmelik bulunmaktadır. Doğal Mineralli Sular Hakkındaki Yönetmeliğe göre;

Doğal Mineralli Su: “Yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde uygun jeolojik şartlarda doğal olarak oluşan, bir veya daha fazla kaynaktan yeryüzüne kendiliğinden çıkan veya teknik usullerle çıkartılan, mineral içeriği, kalıntı elementleri ve diğer bileşenleri ile tanımlanan, her türlü kirlenme riskine karşı korunmuş, mikrobiyolojik yönden uygun ve bu Yönetmeliğin belirlenmiş maddelerinde belirtilen özellikleri haiz olup onaylanan suları” ifade etmektedir (Anonim, 2004).

2.2. İçme Suyu Tercihleri

2.2.1 Ambalajlı sular

“İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliğe” tabii olan içme ve kaynak sularında amaç “suların teknik ve hijyenik şartlara uygunluğu ile suların kalite standartlarının sağlanması, kaynak suları ve içme sularının istihsalı, ambalajlanması, etiketlenmesi, satışı, denetlenmesi ile ilgili usul ve esasları düzenlemektir” şeklinde belirtilmiştir. Ambalajlı içme ve kaynak suları arasında gerek işlenmesi gerekse ambalajlanması sırasında yönetmelikte belirtilen çeşitli farklılıklar vardır. Yönetmelikte içme ve kaynak sularında sular ambalajlı olması gerektiği halde aynı yönetmelikte adı geçen içme kullanma suları ambalajlı değildir (Anonim, 2005).

Türkiye’de altyapı eksikliklerinden kaynaklanan su problemlerinden dolayı insanlar temiz suya ulaşmakta zorlanmaktadır. Nüfus yoğunluğunun fazla olduğu büyükşehirlerde plansız şehirleşmeden kaynaklanan durumlarda yakın bölgelerin su havzalarından su temini sağlanmıştır. İçme sularındaki bu aksaklıklar insanları ambalajlı

su tüketimine yönlendirmiş ve sektör giderek büyüyen bir pazar haline gelmiştir (Karakuş, 2014).

Ambalajlı kaynak sularında pet ambalajlı sularla birlikte daha çok ekonomik olması amacıyla tüketici tarafından tercih edilen genellikle polikarbonat malzemeden üretilen damacanalara da mevcuttur. “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelikte” damacanalara geri dönüşlü kap olarak; “kaynak suyu ve içme suyu dolumunda bir defadan fazla kullanılan ve su ile etkileşim yapmayan cam, metal, krom-nikel, polikarbonat ve benzeri kapları” şeklinde açıklanmaktadır (Anonim, 2005).

Gıda sektöründe yiyecek ve içecek sanayinde kullanılmakta olan pet ambalajların altında üçgen oluşturacak şekilde oklardan oluşan sembolün içinde 1’den 7’ye kadar numaralar görülmektedir. Bu numaralar ambalajda hangi hammadde kullanılarak kap haline getirildiğini göstermektedir. Eğer numara yoksa üçgen şeklin etrafında hammadde cinsi açıkça yazmaktadır. Bu numaralar ve anlamları Çizelge 2.1’de aşağıdaki gibidir (Anonim, 2022b).

Çizelge 2. 1. Ambalaj türleri ve numaraları (Anonim, 2022b)

Numara	Plastiğin kısa adı	Plastiğin türü
<u>1</u>	PET ve PETE	Polietilen Tereftalat
<u>2</u>	HDPE	Yüksek Yoğunluklu Polietilen
<u>3</u>	PVC	Polivinil Klorür
<u>4</u>	LDPE	Düşük Yoğunluklu Polietilen
<u>5</u>	PP	Polipropilen
<u>6</u>	PS	Polistiren
<u>7</u>	Diğer	1-6 numaralandırmaya dahil olmayan diğer plastik türleri

Diğer taraftan üründe herhangi bir numara belirtilmemişse ürün numarasının 7 rakamı olduğu varsayılır. Ambalaj üzerinde 7 rakamı bulunan veya numara belirtilmeyen üründe akrilik, polikarbonat veya daha değişik malzemeler kullanıma olasılığı olduğu gibi birden fazla malzeme karıştırılıp üretilme ihtimali de bulunmaktadır (Anonim, 2022b).

Türkiye’de ambalajlı su tüketim sürecine baktığımızda ilk olarak 1900’lü yılların başına gitmek gerekir. Türkiye’de özellikle büyük şehirlerde hızlı gelişen nüfus artışı, plansız kentleşme gibi etkenlerden dolayı insanların içme suyu ihtiyacını şebekelerden temin etmesini imkânsız hale getirmiştir. Buna bağlı olarak içme suyu için yeni su pazarları doğmuştur. Başlarda semtlerde bulunan sucular olarak tabir edilen insanlar tarafından cam damacanalarla canlanan ticaret ilerde tankerlerle taşınarak su istasyonları meydana gelmiştir. Ancak bu yöntem beraberinde denetimsiz, hijyenden uzak bir sektör haline gelmiştir. Bakıldığında sektörde yüksek miktarda nitrat içeren, bulaşıcı hastalık yayan, ağır metal içerikli sular satılması baş göstermiştir (Tosun, 2005; Karakuş, 2014). Türkiye’de ambalajlı su sektörünün yıllara göre değişimi Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2. 2. Ambalajlı su sektörünün yıllara göre değişimi (Anonim, 2022c)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022 (tahmini)
Toplam Üretim (Milyar Litre)	10.9	11.3	11.7	12.1	11.6	10.5	11.1	11.7
Damacana (Milyar Litre)	6.4	6.4	6.4	6.5	6.4	5.9	6.1	6.4
PET ve Cam Üretimi (Milyar Litre)	4.5	4.9	5.3	5.6	5.3	4.6	4.9	5.3
Pazar Büyüklüğü (Milyar TL)	4.9	5.4	5.7	7.1	7.7	7.4	9.3	12.7
Kişi Başı Üretim/Yıl	144	148	149	150	140	126	131	139
Büyüme (%)	%2.5	%4.0	%3.1	%3.7	-%4.0	-%9.4	%5.6	%5.7
Toplam İhracat (Ton)	264.813	407.571	424.988	417.023	440.038	369.790	385.453	404.726

Su ihtiyacı ile ilgili bu çözümler tam olarak insanlara cevap vermemiştir. Oteller restoranlar gibi hane dışı mekânlarda ciddi boyutta şişe suyu talebi doğmuştur. Bu ihtiyaç boşluğunu gören sektörün önde gelen isimlerden olan büyük firmalar kuruluş aşamasına geçmiştir. Üretim aşamaları bu şekildeyken yaşanan sıkıntılara bağlı olarak yönetmelikler ve maddeleri de zaman içerisinde değişkenlik göstermiştir (Tosun, 2005). Günümüzde sular Sağlık Bakanlığı'na bağlı olan “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik” başlığında, doğal mineralli sular ise “Doğal Mineralli Sular Hakkında Yönetmelik” adı altında ve yönetmelik hükümlerine göre incelenmektedir.

2.2.2. Şebeke suları

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelikte adı geçen bir diğer su grubu içme-kullanma sularıdır. Gün geçtikçe insanların değişkenlik gösteren yaşam şartları, kültürel ve geleneksel yapıları, sosyal ve ekonomik koşulları, yaşadıkları bölgelerin iklim tipi, suya erişim olanakları gibi birçok etkene bağlı olarak hanelerde ve işletmelerde içme-kullanma suyu tüketim ihtiyaç ve miktarları değişmektedir. İnsanların hanelerde su kullanımını başlıca yemek yapmak, içmek, kişisel hijyen ve ev temizliği oluşturmaktadır. Sağlık açısından insanın bir günde içme suyu olarak tüketmesi gereken su miktarı 1.5 ile 2 L arasında olurken, ev içinde kullanım için ihtiyaç duyulan su 50 ile 100 L arasında belirlenmiştir (Özsoy, 2009).

2020 yılında tatlı su kaynaklarından çekilerek elde edilen suyun %80.9'u belediyeler, %7.8'i imalat sanayi işyerleri, %5.2'si köyler, %4.7'si maden işletmeleri ile organize sanayi bölgeleri ve %1.4'ü termik santraller tarafından temin edilmiştir (Anonim, 2022d). Ayrıca 2020 yılında belediye nüfusunun %98.7'sine, köy nüfusunun ise %99.3'üne olmak üzere toplam nüfusun %98.8'ine içme ve kullanma suyu şebekesi ile hizmet verilmiştir (Anonim, 2018). 2020 yılında kaynağına göre çekilen su miktarı Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2. 3. 2020 yılı kaynağına göre çekilen su miktarı (Anonim, 2022d)

(1000 m ³)	Yüzey suyu	Yeraltı suyu	Deniz suyu	Toplam
Belediyeler	3574184	2916585	551	6491320
Köyler	3544	412097	0	415642
İmalat-sanayi işyerleri	175386	448051	1975576	2599013
Termik santraller	78852	33506	8165292	8277650
Organize sanayi bölgeleri	c	129704	c	182043
Maden işletmeleri	c	164811	c	272626
Toplam	3916376	4104754	10217163	18238294

c: gizli bilgi

Suda var olan çeşitli bakteriler, virüsler ve parazitler ciddi boyutta sağlık problemlerine neden olur (Anonim, 2018). Çıktığı kaynaktan kullanım veya tüketim aşamasına kadar en kolay kirlenen madde sudur. Özellikle kentsel bölgelerde yaşayan insanların evlerine şehirdeki su şebeke aracılığıyla hijyenik içme ve kullanma suyu ulaştırmak için çalışmalar artmaktadır.

Suların kirlenmesinde suyun kaynağı sebep olabileceği gibi tüketim sürecine gelene kadar da birçok sebep olabilir. İçme kullanma suyu ulaşan evlerde şebekedeki boruların yapısı ve özellikleri çok önemlidir. Borular sızdırmaz özellikte olmalıdır. Şebeke borularının kanalizasyona bağlanan borularla aynı hattan götürülmemesi gerekmektedir. Bu durum teknik açıdan mümkün olamıyorsa şebeke boruları kanalizasyon borularının üzerinden ve arada minimum 60 cm mesafe olacak biçimde geçirilmelidir. Kırsal bölgelerdeki hanelerde, şebeke sularının ulaşmadığı hanelerde kuyu suları ihtiyaçları karşılamak için kullanılabilir. Uygun şekilde yapılmayan kuyulardaki sular yağışlardan meydana gelen sular ve başka şekillerde oluşan akıntılarla birlikte kirlenebilmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

İçme kullanma sularında belediyeler tarafından şebeke sularında gerekli hallerde klorlama işlemi yapılmaktadır. “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelikte” klorlama işlemi; İçme-kullanma sularının dezenfeksiyonunda klor ve klorlu bileşikler kullanılır, su deposunda suyun debisine ve basıncına göre ayarlanabilen otomatik klorlama cihazları ile dezenfeksiyon işlemi yapılır ve uç noktada yapılacak ölçümlerde serbest klor düzeyinin 0.2-0.5 mg/L olması sağlanır. Klorlamada bu düzeyin

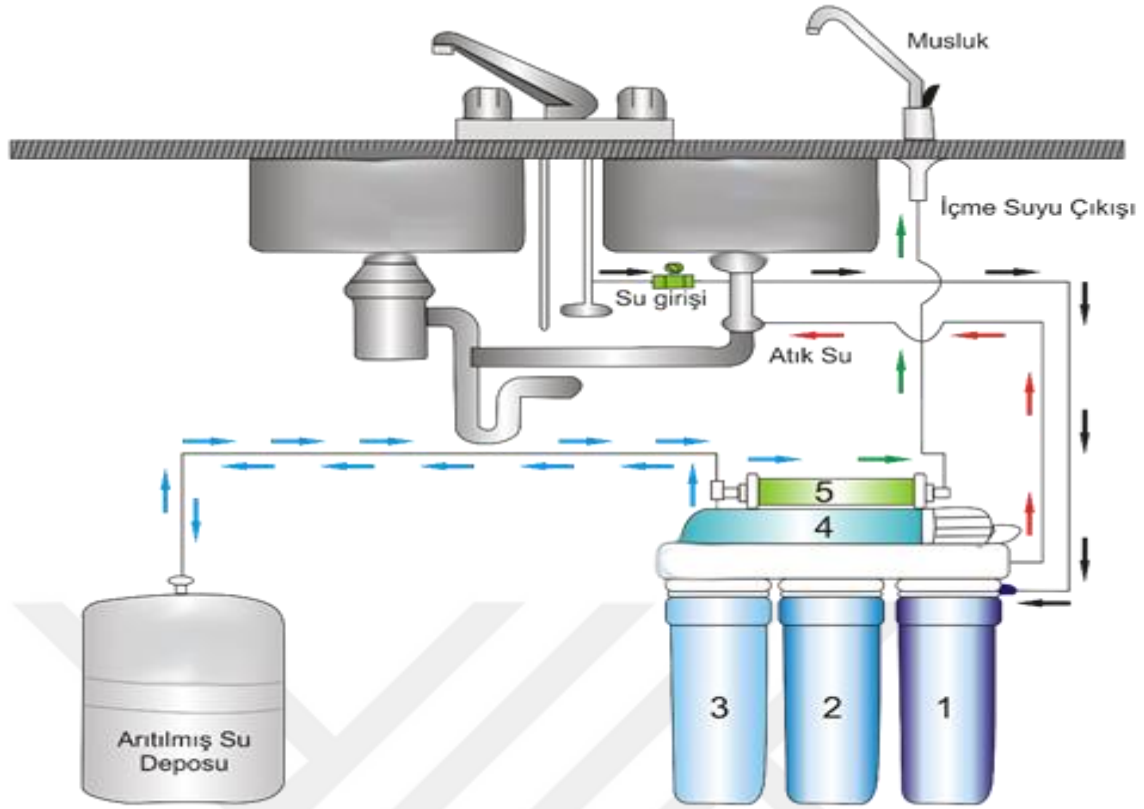
sağlanamaması durumunda mahalli idare tarafından ara klorlama ünitesi yaptırılır. Deprem ve sel gibi olağanüstü durumlar ile kaynak, depo ve şebeke sistemi gibi su yapılarında oluşan arızalanmalara bağlı olarak yapılan su kesintilerinde şebekenin en uç noktasında serbest klor düzeyi en fazla 1.0 mg/L olacak şekilde klorlama yapılabilir. İçme-kullanma suyunda dezenfeksiyon etkinliğinin denetlenmesi amacıyla, serbest klor ölçümleri suyun mahallinde her gün yapılır” şeklinde ifade edilmiştir (Anonim, 2005).

2.2.3. Ev tipi su arıtma cihazı suları

Türkiye’de özellikle İstanbul gibi büyük şehirlerde su problemleri yaşandığı zamanlarda üst gelire sahip kesim çeşitli arıtma sistemlerine talep göstermiş ve yurtdışından bu ihtiyacı karşılamıştır. Fakat o dönem arıtma cihazları da yeterli gelmemiştir (Karakuş, 2014).

Şebeke sularında hanelerde bulunan ev tipi su arıtma cihazları çeşitli yöntemler kullanılarak su arıtımı yapan cihazların genel adıdır. Ev tipi su arıtım cihazlarında kullanılan başlıca arıtım yöntemleri;

- Mekanik filtre sistemleri
- Ozonlama sistemleri
- Kimyasal sistemler
- Yumuşatma yapan cihazlar
- UV ışın kullanılanlar
- Ters osmoz sistemi kullanılanlar
- Anyon değiştiren sistemler
- Klorlama işlemi yapanlar şeklindedir (Tekbaş ve Oğur, 2009; Boyraz, 2017).



Şekil 2. Ev tipi ters osmoz su arıtma cihaz şeması (Anonim, 2022e)

Arıtım cihazları çalışma prensipleri genel olarak aynıdır. Öncelikle şebeke suyunun içindeki olması muhtemel tortu, kir ve büyük partiküllerden suyu arındırmak için su 5 mikron çapındaki sediment filtreden geçer. Sediment filtreden geçen su içerisinde koku ve kloru uzaklaştırmak için aktif karbon filtreden geçirilir. Su içerisindeki bazı bakterileri ve 1 mikrondan büyük partiküllerin uzaklaştırıldığı 1 mikron çapındaki sediment filtreden geçirilir. 3 filtreden geçen su yarı geçirgen zara sahip ve 2.5 atmosfer bar basınçla çalışan membran filtreye ulaşır. Membran filtreden geçirilen su arıtma tankına gelip depolanır. Tankta depolanan su çeşmeye ulaşmadan önce post karbon veya diğer adıyla tatlandırıcı filtreden geçirilir. Bahsedilen filtreden de geçirilen içme veya kullanmaya hazır olarak çeşmeye ulaşır (Anonim, 2022e).

Bu arıtım yöntemlerinin hepsi ev tipi su arıtma cihazları için tanımlanmıştır fakat cihazların birbirinden farklı etkileri, avantaj ve dezavantajları vardır (Gezer, 2017). Dönüşümlü damacanalarda sık kullanımdan kaynaklı mikroorganizma yükü zamanla artış gösterebilmekte iken böyle bir kullanım arıtma cihazlarında yoktur. Fakat arıtım cihazlarında belirli periyodik bakımların yapılmaması cihazın filtre, süzgeç, arıtım haznesi, pompa gibi bölümlerinde mikroorganizma artışı ve çeşitliliğine sebep

olmaktadır (Boyraz, 2017). Damacanaya göre sabit olması, taşıma problemi yaratmaması gibi sebepler de arıtma cihazlarının avantajı sayılabilir. Damacanalarda kullanım ömründen sonra bilinçsiz doğaya salınması gibi dezavantajlar su arıtım cihazlarında yoktur. Su arıtma cihazlarının mutfakta evye altında konumlanması da çocuklu ailelerde güvenlik unsuru sayılmaktadır (Gezer, 2017).

Ev tipi su arıtma cihazlarının belirli bir kullanım süreleri vardır. Sağlık açısından tehdit oluşturmaması için değişimlerinin yapılması gerekmekte ve belirli bir bakım ve garanti süreleri bulunmaktadır (Gezer, 2017).

2.3. Su Kirliliği

İnsan yaşamının bütün aşamalarında faaliyetlerini sürdürebilmesi için su ihtiyaç duyulan bir maddedir. İnsan tarafından tüketilen suyun temiz olması zorunludur. İnsan ve yaşam için bu kadar önemli olan suyun barındırdığı kirlilik dünyayı tehdit etmektedir. Türkiye’de su kirliliğini etkileyen en büyük etken hızlı kentleşme ve sanayileşmedir (Kılıç, 2008). Atık sularının içme sularına karışması, tarımdan suya bulaşan gübre ve ilaç, yanlış tarımsal uygulamalar gibi birçok sebep suların kirlenmesine sebep olmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) yüzeysel sularda kirlilik etkisi yaratabilecek etkenlerin sınıflandırmasını aşağıdaki gibi belirtmiştir.

- a) Organik madde kaynaklı kirlilikler
- b) Bakteriler, virüsler ve diğer hastalık etmeni canlılar
- c) Endüstriyel atıklar
- d) Yağ ve yağ benzeri maddeler
- e) Doğal olmayan deterjanlar
- f) Radyoaktif kontamineler
- g) Pestisitler
- h) Sentetik organik bulaşmalar
- i) İnorganik tuzlar
- j) Doğal ve yapay tarım kaynaklı gübreler
- k) Atık olarak meydana gelen ısı (Varer Kutanis, 2010)

Yukarıda belirtilen maddelerdeki unsurları içeren sular kirli sular olarak nitelendirilmiştir.

2.4. Su ile Bulaşan Hastalıklar

Su kaynaklı hastalıkların yayılma hızı son on yılda artmaya devam etmiştir ve bu da yaygın sağlık risklerine yol açmaktadır (Wang ve ark., 2019). Araştırmalar, gelişmekte olan ülkelerde her yıl beş milyondan fazla insanın maruz kaldığı tüm ölümlerin ve hastalıkların yaklaşık %80'inin çeşitli su kaynaklı hastalıklara bağlı olduğunu göstermiştir (Nag ve Das, 2014; Rahman ve ark., 2019). İçme suyu yoluyla bulaşan başlıca bakteriyel hastalıklar Çizelge 2.4'te verilmiştir.

Çizelge 2. 4. İçme suyu yoluyla bulaşan başlıca bakteriyel hastalıklar (Cabral, 2010)

Hastalık	Neden Olan Bakteri Ajanı
Kolera	<i>Vibrio cholerae</i> , O1 ve O139 sero varyiteler
Vibrioların neden olduğu gastroenterit	Esas olarak <i>Vibrio parahaemolyticus</i>
Tifo ateşi ve diğer ciddi salmonelloz	<i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>enterica</i> serovar Paratifi <i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>enterica</i> serovar Tiphii <i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>enterica</i> serovar <i>Typhimurium</i>
Basiller dizanteri veya şigelloz	<i>Shigella dizanteri</i> <i>Shigella flexneri</i> <i>Shigella boydii</i> <i>Shigella sonnei</i>
Akut ishal ve gastroenterit	<i>E. coli</i> , özellikle O148 gibi serotipler, O157 ve O124

Bu nedenle, farklı su kaynaklarının kirlilik durumlarını ve kalitesini düzenli olarak incelemek önemli bir araştırma odağıdır. Bu tür araştırmalar genellikle iyi su kaynaklarının korunmasını ve sürdürülebilirliğini sağlamayı hedefler. Pek çok hane için hala tek mevcut su kaynağı olan iyileştirilmemiş su kaynaklarının yoğun kullanımı nedeniyle, suyla ilgili hastalıklar gelişmekte olan ülkelerin çoğunda büyük bir endişe kaynağı olmaya devam etmektedir. Bu nedenle, insan ve hayvan dışkılarına dökülen *Salmonella* türleri, *Shigella* türleri, *V. cholera* ve *E. coli* gibi patojenler, evsel faaliyetler sırasında sızıntı, erozyon ve kötü hijyen uygulamaları yoluyla nihayetinde su kaynağına girme yolunu bulmaktadır. Böylece tifo, hepatit A gibi hastalıkların ve trahom, bağırsak solucanları ve şistozomiyaz (üriner) gibi hastalıkların ortaya çıkmasına neden olur (Anonim, 2019). Düşük kaliteli kaynak suyu, patojenler ve zararlı kimyasallar

içerebileceğinden sağlık risklerine yol açar. Bir yetişkin için kişi başına günlük su tüketiminin iki litre olduğu varsayıldığında, bu, güvenli olmayan su içerek sayısız tehlikeli kimyasal ve patojenin vücuda girebileceği ve bağışıklık sistemini zayıflatabileceği anlamına gelmektedir (Anonim, 2019).

Suyla ilgili hastalıkların yanı sıra kimyasalların türüne ve konsantrasyonuna bağlı olarak içme suyunda nitrat ve florür gibi önerilen izin verilen sınırların ötesinde kimyasalların bulunması kanser, karaciğer ve böbrek hasarı, sinir sistemi bozuklukları, düşük kilolu bebek gibi doğum kusurları gibi kronik sağlık etkilerine neden olabilmektedir (Prüss-Ustün ve ark., 2019). Arsenik endüstriyel, tarımsal, farmasötik ve farklı kullanımlar için yararlı olmasına karşın, insanlar dahil birçok organizma üzerinde hastalık yapıcı etkilere sahiptir ve kanserojendir (Çalışkan ve Pala, 2009). Bu nedenle, kaynak suyunun kimyasal kalitesinin, ister aktif arıtma teknolojilerinden, ister doğal bir kaynaktan temin edilsin, ambalajlı su olarak tüketicilere verilmeden önce, tüm içme sularında doğrulanması gerekmektedir. Kaynak suyunun fiziksel kalitesi, genellikle tüketicilerin sosyokültürel inançlarıyla birlikte gelen estetik değerini ve kabul edilebilirliğini etkilemektedir. Koku, renk, tat gibi parametreler aralık içinde değilse suyun lezzetini bozabilir (Prüss-Ustün ve ark., 2019).

2.5. Su Kalitesi

İçme suyu kalitesi yıllar içinde ele alındığı parametreler konusunda değişiklik göstermiştir. Yıllarca içinde değişkenlik gösteren parametreler sonunda mikrobiyolojik yaklaşımın yerini, içme suyu kalitesine fiziksel ve kimyasal özellikler de eklenerek daha kapsamlı bir yaklaşıma bırakmıştır. Günümüzde ise bu durum çevresel ve jeolojik birçok etkenden yola çıkarak kirleticilerin sayısının artışına bağlı olarak, insan sağlığı etkilerine ilişkin bilgi donanımının artması sebebiyle içme suyunda takip edilmesi gereken parametrelerin sayısında önemli ölçüde artış görülmektedir (Oğuz, 2015).

Suyun kalite kriterleri ile suyun kalite standartları arasında ayırım bulunmaktadır. Kriterler bilimsel olarak tanımlanan kararlardır, standartlar ise su kullanımlarında uyulması gereken kuralları kapsayan uygulanabilir nitelikteki açıklamalardır (Güler, 1997).

Belirlenen parametreler dikkate alınarak incelenen sular kalite sınıflarına göre;

- a) Yüksek kaliteli su (I. Sınıf)
- b) Az kirlenmiş su (II. Sınıf)
- c) Kirlenmiş su (III. Sınıf)
- d) Çok kirlenmiş sular (IV. Sınıf)

olarak sınıflandırılmaktadır.

Su temini ve kalitesi kapsamında Tarım ve Orman Bakanlığı Ulusal Su Planı (2019-2023) düzenlemiştir. Bu planda “su kaynaklarının kalitesi, değişen mevzuat ve şartlara uygun olarak sürekli izlenmelidir” konusu ele alınarak su kalitesi üzerinde durulmuştur. Ayrıca bu planda içme suyu şebekelerinde ve dağıtım sistemlerinde önemli ölçüde su kaybı olduğu konusu gibi birçok konu ele alınmıştır (Anonim, 2019).

2.6. Su Kalitesini Etkileyen Fizikokimyasal Parametreler

2.6.1. Renk

İçilebilir nitelikteki sularda ideal olan görünür düzeyde bir renk olmamasıdır. Sularda renk oluşması organik ve inorganik maddelerden, yaşayan bitkisel canlılardan (yapraklar, kozalaklı ağaç meyveleri gibi), bazı minerallerden, endüstriyel atıklardan ve korozyon ürünlerinden kaynaklanabilmektedir. İçme suyundaki renk, genellikle toprağın humus fraksiyonu ile ilişkili olup renkli organik maddelerin (öncelikle hümik ve fulvik asitler) mevcudiyetine bağlıdır (Anonim, 2011).

Sularda görülen bazı renkler içerisinde ne olduğu ya da ne kaynaklı renk oluştuğu hakkında bilgi vermektedir. Bünyesinde demir tuzları bulunan sular sarı renktedir ve oksijen ile temasında kırmızımsı renk çökelek vermektedir. Kaynağı granitli kaya olan sular hafif esmerimsi bir renkte olmaktadır. En çok görülen ve halk tarafından bilinen renk bozukluğu yeşilde ise kaynak yosunların ve mikroorganizmaların üremesidir (Karakuş, 2014). Ayrıca renk bozukluğu su kaynağının endüstriyel atıklarla kirlenmesinden de kaynaklanabilir ve tehlikeli bir durumun ilk göstergesi olabilir.

Özellikle önemli bir değişiklik meydana gelmişse, bir içme suyu kaynağındaki renk kaynağı araştırılmalıdır (Anonim, 2011).

Sulardaki fiziksel nitelikteki renk problemleri tüketime sunulmadan önce çözülmelidir. Renk gideriminde; ozonlama, klorlama, klordioksit gibi kimyasallarla oksidasyon yöntemleri kullanılırken, koagülasyon, flokülasyon ve filtrasyon da etkili bir giderim sağlamaktadır. Bunlara ilaveten diğer seçenekler; aktif karbon, UV, UF ve NF gibi yöntemler de kullanılmaktadır (Oğuz, 2015; Boyraz, 2017).

2.6.2. Koku ve tat

Sudaki koku ve tadın birçok sebebi olabilir. Koku ve tat, doğal inorganik ve organik kimyasal kirleticilerden ve biyolojik kaynaklardan veya işlemlerden (örneğin suda yaşayan mikroorganizmalar), sentetik kimyasallar tarafından kirlenmeden, korozyondan veya su arıtma işleminin bir sonucu olarak (örneğin, klorlama) kaynaklanabilir. Mikrobiyal aktivite nedeniyle depolama ve dağıtım sırasında da koku ve tat gelişebilir (Anonim, 2008).

Sular kokusuz kabul edilmektedir ve istenmeyen bir parametredir. Sularda balık kokusu hissi veren, küfe, baharata ve ota benzer kokular bulunabilmektedir. Bu tarz kokular sularda istenmez (Güler, 1997). İçme suyundaki tat ve koku, bir tür kirliliğin veya su arıtma veya dağıtımındaki bir arızanın göstergesi olabilir. Bu nedenle, potansiyel olarak zararlı maddelerin varlığının bir göstergesi olabilir. Özellikle ani veya önemli bir değişiklik olursa, nedeni araştırılmalı ve sorumlusu olan yetkililere danışılmalıdır (Anonim, 2008).

Genellikle sudaki kokudan meydana gelen etmenler sonucunda tat meydana gelmektedir. Suyun acı olarak algılanmasının sebebi; içindeki aşırı miktarda eriyik bulunan tuzun verdiği tuzlu tat ve bazı acı tuzlardır (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

2.6.3. Bulanıklık

Suların berrak olması istenir ve bu hijyen açısından önemlidir. Bulanıklık yaratan maddeler genellikle inorganiktir. Suyun bulanıklık sebebi içerisindeki bitki kaynaklı artıklar, çamur, sularda bulunan yosunlar ve küçük canlılara dayalı olabilir. Bazen fazla sayıda bakteri ve mikroorganizma üremesi, demir ve mangan gibi tuzların bulunmasına

paralel olarak bulanıklık meydana gelebilir (Güler ve Çobanoğlu, 1994). İçme suyundaki bulanıklığa, yetersiz filtrasyon veya dağıtım sistemindeki tortunun yeniden süspansiyonu sonucu kaynak suyunda bulunabilecek partikül maddeler neden olur (Anonim, 2008).

Bulanıklık değeri türbidite olarak adlandırılan bir değerle ölçülür. Suyun kendisine gelen ışığı dolaylı olarak bir kısmını da soğurarak geçirmesi özelliğidir. Bulanıklığın giderilmesinde durultma, çöktürme, pıhtılaştırma, filtre ile süzme yanında aktif karbon yöntemleri de kullanılmaktadır (Güler ve Çobanoğlu, 1994; Boyraz, 2017). 5 NTU'dan daha az bulanıklığa sahip suyun görünümü, yerel koşullara göre değişebilmesine rağmen, tüketiciler tarafından genellikle kabul edilebilir. WHO'ya göre; bulanıklık için sağlık temelli bir kılavuz değeri önerilmemektedir; ancak ideal olarak, etkili dezenfeksiyon için medyan bulanıklık 0.1 NTU'nun altında olmalıdır ve bulanıklıktaki değişiklikler önemli bir proses kontrol parametresidir (Anonim, 2008).

2.6.4. pH

pH'nın uzun yazılımı "Power of Hydrogen" olup Türkçe anlamı Hidrojenin Gücü'dür (Varer Kutanis, 2010). pH, H^+ ve OH^- konsantrasyonu iken pH dengesi H^+ ve OH^- arasındaki oransal ölçüyü vermektedir. pH'sı düşük olan sularda acı metalik bir tat ve hissedilir ve bu sular korozyona sebebiyet verir. Yüksek pH değerine sahip sularda kaygan bir hissiyat görülürken bu durum soda benzeri bir tat ve tortulara neden olur (Oğuz, 2015).

Sularda çok fazla yüksek ya da düşük pH istenmez. İçme sularında ve kullanma sularında 4-9 değer aralığı beklenirken genel olarak görülen değerler daha çok 5.5 ve 8.6 aralığındadır. "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik'te" belirlenen pH değeri; 6.5-9.5 arasındadır (Anonim, 2005).

pH genellikle tüketiciler üzerinde doğrudan bir etkisi olmamasına rağmen, işletmelerde en önemli su kalitesi parametrelerinden biridir. Fakat düşük asitli sularda pH'nın korozif etkisi ve dezenfeksiyonda verimlilik üzerinde etkili olması gibi sebeplerden dolayı insan sağlığını dolaylı olarak etkilediği düşünülmektedir (Anonim, 2007).

2.6.5. Elektriksel iletkenlik (EC)

Elektriksel iletkenlik su kalitesini gösteren fiziksel bir parametredir. Su içerisinde bulunan toplam çözünmüş ya da çözünebilir nitelikte tuzun tespit edilmesiyle elektriksel iletkenlik ölçümü yapılır (Çullu, 2011).

Elektriksel iletkenlik sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir ve sıcaklık arttıkça elektriksel iletkenlik artmaktadır. İnorganik çözünmüş klorür gibi katıların bulunması, anyonlardan nitrat, sülfat ve fosfat katyonlardan ise magnezyum, kalsiyum, demir ve alüminyum sudaki elektriksel iletkenliği etkileyebilir (Spellman, 2003; Koçer, 2021).

Sulara endüstriyel atık sular karışması, mevsime bağlı yağmur suları karışması gibi sebeplerden elektriksel iletkenlik yıl içerisinde değişkenlik gösterebilmektedir. “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik’te” elektriksel iletkenlik üst sınırı 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ’dir.

2.6.6. Çözünmüş oksijen

Esas oksijen kaynağı atmosferdeki havadır ve sudaki çözünmüş oksijen sayısının artması havada bulunan oksijenin suda çözünmesine bağlıdır. Buna ilaveten, suyun yüzey akışı arttıkça, su kütlesine giren oksijen de artar (Urgan, 2020). Doğal sudaki oksijen miktarı sıcaklığa, tuzluluğa, türbülansa, su akışına, alglerin ve bitkilerin fotosentetik aktivitesine ve atmosfer basıncına bağlıdır. Artan sıcaklık ve tuzluluk ile oksijenin sudaki çözünürlüğü azalır. Sıcaklık düştükçe suyun çözünmüş oksijen kapasitesi artar (Varer Kutanis, 2010).

Suyun çözünmüş oksijen içeriği, dağıtım sisteminde yer alan kaynak, ham su sıcaklığı, arıtma ve kimyasal veya biyolojik işlemlerden etkilenir. Su kaynaklarında çözünmüş oksijenin tükenmesi, nitratın nitrite ve sülfatın sülfüre mikrobiyal indirgenmesini teşvik edebilir. Ayrıca, su havalandırıldığında muslukta daha sonra renk bozulmasıyla birlikte çözeltideki demir konsantrasyonunda bir artışa neden olabilir (Anonim, 2008).

2.6.7. Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ)

Aerobik mikroorganizmalar, organik maddeleri ayrıştırmak için suda çözünmüş oksijeni kullanır. Biyolojik oksijen ihtiyacı değeri de sudaki organik maddeyi göstermektedir. Su

içindeki organik maddenin miktarı arttıkça biyolojik oksijen ihtiyacı değeri de artmaktadır (Oğuz, 2015; Urgan, 2020).

2.6.8. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)

Biyolojik oksijen ihtiyacının belirlenmesinin uzun sürmesi ve organik madde miktarının tamamının ölçülememesi gibi sebeplerden dolayı kimyasal oksijen ihtiyacı ölçümüne ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yöntemle ölçümde tüm organik madde asidik şartlarda bikromat ile oksitlenmektedir (Urgan, 2020).

2.6.9. Toplam organik karbon (TOK)

Toplam organik karbon suda bulunan organik bileşen miktarı ölçülmesini açıklamaktadır. Suyun bir litresinde organik olarak bağlı bulunan karbonun mg cinsinden değeridir. Bir organik bileşen suya doğal olarak, insan kaynaklı prosesler yoluyla girebilir. Organik maddeler daima toksik olmasa da suda yüksek miktarda bulunduklarında ekosistemi ciddi derecede etkileyebilmekte, kontrol altına alınmadıklarında veya arıtılmadıklarında ekipmanlara zarar verebilmektedir. “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik’te” “Günde 10.000 m³’ten az su verilmesinde bu parametrenin (TOK) ölçülmesine gerek yoktur” ibaresi yer almaktadır (Anonim, 2022k).

2.6.10. Toplam katı madde

Toplam katı madde sularda askıda kalmış ya da çözünmüş halde bulunan maddeler olarak ifade edilir. Nitrat, kalsiyum, demir, sülfat, magnezyum, karbonat ve bikarbonat gibi iyonlar çözünmüş olarak bulunan başlıca iyonlardır (Urgan, 2020). Fazla miktarda katı madde içeren sular fiziksel olarak kirlenmeye sebebiyet verdiği için suları olumsuz etkilemektedir. Bundan dolayı yüksek yoğunlukta katı madde barındıran sular içme suyu, yüzme ve sanayi alanında su ihtiyacını karşılamak için kullanılmayacağı gibi su içindeki mevcut oksijen miktarını azalttığından dolayı sudaki canlılara dahi zarar vermektedir (Anonim, 2013).

2.6.11. Ağır metaller

Ağır metaller sanayi alanlarında kullanım sonrası meydana gelen atık sularda, maden alanlarından yağmur vb. ile sulara karışarak göllerde, nehirlerde, yeraltı sularında birleşebilmektedir (Urgan, 2020). Metallerin belli kısmını oluşturan ağır metallerin belirli miktarın üzerinde alımından sonrası insanlar için zehirleyici olmaktadır. Ağır metaller ayrıca ekosistemde tarımsal alanlarda, endüstriyel atıklarda, kentsel atıklarda ve yeraltı sularında bulunarak canlılara da zarar vermektedir. Ağır metaller yüksek toksisite içerdikleri ve kanserojen olduklarından dolayı içinde yoğun ağır metal bulunduran atık suların etrafa verilmeden önce arıtılarak bazı su standartlarında belirtilen bulunmasına izin verilen maksimum seviyelerinin altına düşürülmelidir (Filiz, 2007).

Az miktarı bile toksisiteye sebep olan ağır metallerin başlıcaları; bor (B), alüminyum (Al), krom (Cr), mangan (Mn), demir (Fe), nikel (Ni), arsenik (As), stronsiyum (Sr), molibden (Mo), kadmiyum (Cd), civa (Hg) ve kurşun (Pb), vanadyum (V) sayılabilmektedir. Toksik ve kanserojenik etkiye sahip olan ağır metallerin uzun süre boyunca içme amacıyla kullanılması insan sağlığını elbette olumsuz etkilemektedir (Yılmaz ve ark., 2017).

Ev tipi su arıtma cihazlarında dördüncü aşamada bulunan membran filtrede su içindeki var olabilecek mikroorganizmalar, nitrit gibi zararlı anyonlar ile birlikte arsenik, kurşun, civa gibi ağır metaller atılır (Gezer, 2017). Ağır metal gideriminde oksidasyon, indirgeme, çöktürme, membran filtrasyon, iyon değişimi, elektrokimyasal teknikler, biyolojik prosesler ve adsorpsiyon yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Filiz, 2007).

2.6.12. Pestisitler

Tarımsal ürünlerin üretiminde verimi artırmak için çoğunlukla kullanılan pestisitler, gıdaların tüketim ve depolama esnasında besin kalitesini bozan veya yok eden mikroorganizma ve minik haşerelere karşı savaşmak için kullanılan maddelerdir (Anonim, 2022f). Pestisitlerin sözü edilen zararlılara karşı kullanılırken kontrollü kullanımı önemlidir çünkü hava, su, toprak ve besin yoluyla yayılarak ekolojik sistemi kötü yönde etkilemektedir (Atasoy, 2019).

Üretimde artış için bitki koruma amacıyla kullanılan pestisitler toprak, yeraltı ve yüzeysel suların kirlenmesi gibi çevresel sorunlarla birlikte doğrudan zehirlenmeye, gıda ve içme sularında kalıntılara sebep olduğu için insan sağlığını tehlikeye atmaktadır (Atasoy, 2019). Yeraltı suları ile taşınan pestisitler içme sularına bulaşarak toksik etkileri ile akut ve kronik zehirlenmelere neden olmaktadır (Anonim, 2022f). Bulunduğu çevrede parçalanması zor, uzun süre kalıcı olan pestisitler insanlarda zehirlenmenin yanı sıra kalıtsal, kanserojenik etkiler ve sinirsel etkiler yaratabilmektedir.

Pestisit giderim yöntemi olarak granüler aktif karbon (GAC) ve ozonlama sistemi ile etkili bir arıtma sağlanabilir (Oğuz, 2015).

2.6.13. Petrol ve türevleri

Sularda kimyasal kirlilik sebeplerinden birisi de petrol ve türevlerinden kaynaklanmaktadır. Yağ ve yağ türevleri su ortamının yüzeyini kapladığından gaz değişimini engeller ve su kaynağından çözünmüş oksijenin geri kazanımı azalır. Aynı zamanda, ışık geçirgenliği azalır, suda yaşayan organizmalar olumsuz açıdan etkilenir (Urgan, 2020). Petrol yağları, içme suyunda düşük koku eşikleri olan bir dizi düşük moleküler ağırlıklı hidrokarbonların varlığına yol açabilir. Bununla birlikte, özellikle trimetilbenzen gibi alkilbenzenler, litre başına birkaç mikrogramlık konsantrasyonlarda bile çok hoş olmayan "dizel benzeri" bir kokuya neden olabilir (Anonim, 2011).

2.7. Su Kalitesini Etkileyen Mikrobiyolojik Parametreler

Su kalitesini ve tüketimini büyük ölçüde etkileyen mikrobiyolojik analizlerin amacı;

- Analiz sonucu kirlilik gösteren mikroorganizmalar aracılığıyla kirliliği tespit etme ve kontrol altında tutma,
- Su kaynaklı bulaşmaları önleme ve kontrol altında tutma,
- Mikrobiyal açıdan güvenilir ve temiz su tüketimini sağlamadır (Acehan, 2007).

Su kaynaklı hastalıklara en çok mikrobiyolojik kirlilikler sebep olmaktadır. Mikrobiyal kaynaklı hastalıkların başlıcaları; kolera, tifo, paratifo, dizanteri, ishal, hepatit, viral gastroenterittir. Bunlara ilave olarak mikrobiyolojik kalitede olumsuz etkilere sahip olan alg ve sporlar insanlarda birçok zehirlenme ve ishalleri neden olmaktadır (Çavdar, 2018).

2.7.1. Koliform bakteri

Koliform bakteriler çevre koşullarında, insan, memeli ve kanatlı hayvanların bağırsak sistemlerinde bulunan gram negatif, aerobik veya fakültatif anaerobik ve spor oluşturmeyen bakterilerdir. 35-37 °C’de 24-48 saatte laktoz fermantasyonu sonucunda laktozdan gaz ve asit oluşturan oksidaz negatif bakterilerdir. Koliform bakteriler *Enterobacteriaceae* ailesine dahildir. Koliform bakterilerin belirlenmiş 16 grubu ve 256 türü olmakla beraber başlıcaları; *E. coli*, *Citrobacter*, *Serratia* *Enterobacter* ve *Klebsiella*’dır. Koliform grubu bakterilerden sadece *E. coli* doğrudan bağırsak kökenli olup dışkı ile kirlenmeyi tespitite en güvenilir olan türdür (Varer Kutanis, 2010; Çavdar, 2018; Urgan, 2020).

Sularda koliform grubu bakterilerin var olması suyun genel bir bulaşmayla karşı karşıya kaldığını göstermekte olup suyun kirlendiğini işaret etmektedir (Alemdar ve ark., 2009). Su şebeke sistemlerinde yeterli ve etkili klorlama yapılsa dahi koliform bakteriler şebeke hattının herhangi bir yerinde meydana gelen biyofilm tabakalarında da üreme gösterebilirler (Çavdar, 2018).

2.7.2. *Escherichia coli* (*E. coli*)

Suda canlılığını uzun süre devam ettirdiği için, suyun dışkı kaynaklı bulaşmaya uğradığının en net belirtisi olduğundan *E. coli* indikatör bakteridir. İnsan ve hayvan dışkısında çok fazla bulunmaktadır. Bu yüzden *E. coli* bulunan suların çevresinde kanalizasyon varlığı aranmaktadır. *E. coli*, koliform bakteri gibi *Enterobacteriaceae* ailesi içinde bulunan, gram (-), fakültatif anaerob ve spor oluşturmeyen bir bakteridir. Ayrıca *E. coli* pH=7 ve pH<7 ortamlarda canlı kalabilmekte ve oksidaz negatif, katalaz pozitif özellik göstermektedir (Çavdar, 2018). *E. coli* 10-50 °C sıcaklık aralığında gelişirken en ideal sıcaklık 37 °C’dir ve gelişim göstermesi için su aktivitesi değeri en az 0.95 olmalıdır.

E. coli O157:H7 *E. coli*’nin özel bir alt türüdür ve gıda ve su kaynaklı bakteri olarak insanda ölüme sebebiyet verecek kadar ağır enfeksiyonlara yol açmaktadır. *E.coli* alt türü olan Diyarejenik *E. coli* bilhassa ishale neden olmaktadır.

2.7.3. Fekal koliformlar

Fekal koliform bakteriler koliform bakterilerin alt grubu olup toplam koliformların sahip olduğu tüm özellikleri içerir. Fekal koliformların en önemli özelliği 44-46 °C sıcaklık aralığında *Escherichia coli* broth besiyerinde laktozu fermente ederek gaz ve asit oluşturmalarıdır. *E. coli* gibi fekal koliform bakteriler de dışkı kökenlidir fakat kontaminasyonun dışkı kaynaklı olduğunu gösteren indikatör bakteri *E. coli* 'dir ve fekal koliformların çok büyük bir kısmını *E. coli* bakterileri oluşturmaktadır (Kankur, 2016). Fekal koliform bakteriler arıtım yetersizliğinden kaynaklı sanayi ve fabrika atıkları, kirlilik içeren sularda bulunabilirler.

2.7.4. Enterokoklar

Enterokok bakteriler fekal streptokok adı ile de bilinen gram pozitif, fakültatif anaerob bakterilerdir. Genellikle insan ve hayvanların dışkısında bulunmaktadır. Sularda fekal kirlilik belirtisi olan enterokoklar laktik asit bakterilerinde olduğu gibi probiyotik bakteriler arasında yer almaktadır. Enterokoklar içme ve kullanma sularında da analizine yer verilen bir bakteri cinsidir (Çavdar, 2018). Suda üremeyen bu bakteriler sularda diğer indikatör mikroorganizmalara göre daha uzun süre yaşarlar ve klorlu sularda indikatör mikroorganizmalara oranla daha dayanıklıdır (Çavdar, 2018). Antibiyotiklere karşı çoklu direnç gösterirler.

2.7.5. *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*)

Pseudomonadaceae ailesine dahil, gram (-), hareket edebilen, sporsuz, çubuk şeklinde görülen ve bazı gıdalarda olduğu gibi suda da çoğalan bakterilerdir. Bakterinin bazı türleri insan, hayvan, bitki patojeni olup, büyük bir kısmı toprak ve sularda fazlaca miktarda bulunmaktadır. *P. aeruginosa* kimyasal bazlı deterjanlara, çeşitli antibiyotiklere direnç göstermektedir. Bu bakteriler aerobik oldukları için gıdaların dış katmanında kısa sürede çoğaldıkları için okside ürünler oluştururlar (Halkman, 2006; Varer Kutanis, 2010).

P. aeruginosa özellikle süt, et, yumurta gibi soğuk ortamda muhafaza edilmesi gereken gıdalarda en temel mikrobiyal bozulma sebebidir. Antibiyotiklere direnç

gösterdiklerinden dolayı hastanelerde enfeksiyonlara sebep olmakta, anestezi cihazlarında, banyo duvarlarında gelişmekte, bu yüzeylerden de insanlara yayılmaktadır. Genelde insanlarda idrar ve solunum yolları enfeksiyonlarına, özellikle yüzme havuzlarında deride bulunan açık yaralardan geçerek yeşil iltihaplı yaralara sebep olmaktadır. *P. aeruginosa*'ın ozonlama işlemine karşı dirençli olduğu bilindiğine göre bu bakterinin ozonlama işlemi yapılmış ambalajlı sularda görülme ihtimali bulunmaktadır (Halkman, 2006; Varer Kutanis, 2010).

2.7.6. Anaerob, sporlu sülfid redükte eden bakteriler

C. perfringens sülfidi indirgeyen tek Clostridium türüdür. *C. perfringens* gram pozitif, anaerobik, spor oluşturan bir mikroorganizmadır. İnsan ve hayvan kökenli mikroorganizma olan *C. perfringens* fekal kirlenmeyi göstermektedir. Bu bakteri sporları klorlama ile yapılan dezenfeksiyona karşı fazla direnç göstermelerinden dolayı temizliği yapılan sularda dahi uzun süre canlı kalabilmektedir. Bundan dolayı şebeke sularında

C. perfringens tespit edilmesi, yeterli seviyede dezenfeksiyon işleminin yapılmadığını, arıtma işleminin yetersizliğini işaret etmektedir. Koliform bakterilerin tespit edilmediği hallerde var olmaları sudaki kirlenmenin önceden olduğunu göstermektedir (Oymak, 2011).

2.7.7. Funguslar (küfler)

Gıdalarda küf bulunması kalitenin ve hijyenin olumsuz yönde etkilendiğini göstermektedir. Daha çok karasal ortamda bulunan küf tatlı ve tuzlu sularda da canlı kalmaktadır. Tarımsal ürünlerde küfler hasadın tüm aşamalarında bulaşmaya neden olmaktadır.

2.7.8. Toplam canlı koloni sayımı (22-37 °C' de)

Belirtilen mikroorganizmalara ek olarak sularda analizi yapılan diğer bir grup toplam koloni (jerm)'dir. Belirlenen besiyerinde analizi yapılan koloni oluşturabilen tüm aerobik bakteriler, mayalar ve küflerdir. İnkübasyon sonrasında oluşan koloniler suyun bakteri içeriği hakkında bilgi vermektedir. Koloni sayımı sularda su kaynaklarının hijyen durumunu, arıtımda dezenfeksiyon ve filtrasyon etkinliği ve yeterliliğini

saptamak için bilgi vermektedir. Koloni sayımları sonucunda hızlı artış kirlilik hakkında uyarıcı rol oynamaktadır (Anonim, 2022g).

3. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Günlük yaşantımızda temizlik, tüketim, tarım, endüstriyel madde gibi alanlarda sürekli kullandığımız suya her zaman ihtiyaç duyarız. Birçok farklı formuyla ülkelerin ihtiyaç ve kaynak durumlarına göre dünya tarafından araştırılan suyun tüketiminde basit tanımı ile “temiz” olması çok önemlidir. Fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kriterler açısından sularda birçok kirlilik problem karşımıza çıkmaktadır.

Karakaş ve ark. (2003), Aralık 1995 ve Aralık 1996 tarihleri arasında 12 tanesi Eskişehir Büyükşehir Belediyesi Kalabak Suyu Damacana Dolum Tesisleri’nden damacanalara doldurulmadan önce, diğer örnekler ise farklı semtteki dağıtıcılardan temin edilen damacanalardan olmak üzere toplamda 63 su numunesini toplam bakteri ve koliform bakteri yönünden incelemişlerdir. Araştırma sonunda damacana sularda koliform bakteri bulmuşlar ve bu bakterilerin sularda uzun süre canlı kaldıklarını tespit etmişlerdir.

Dayıoğlu ve ark. (2004), Kütahya merkezde yapmış oldukları çalışma için şehir içme sularından 6 farklı mahalleden her ay olmak üzere bir sene boyunca su örnekleri toplamışlardır. Aldıkları örneklerin bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizini yapmışlardır. Sonuçları WHO, EPA ve TSE içme suyu standartlarına göre değerlendirmişler ve standartları aşan herhangi bir uygunsuzluk tespit etmemişlerdir.

Çalık (2005), Diyarbakır şehir merkezindeki deposu içinde 200 konutun hem deposu girişi hem de depo çıkışı deposu sularından birer su örneği olmak üzere 400 su numunesi topladıkları çalışma sonucunda depo girişindeki su örneklerinin %34’ünde, depo çıkış örneklerinin %52’sinde koliform bakteri tespit etmiştir.

Avcı ve ark. (2006), yapmış olduğu çalışmada 2005 yılında Tokat Halk Sağlığı Laboratuvarı’na analiz için gönderilen 2495 adet içme suyu örneğini aylara göre kategorize edip mikrobiyolojik yönden incelemiştir. Araştırma sonucunda içme sularının 2153’ü uygun bulunmuş geriye kalan 342 adet içme suyunu ise tüketime uygun bulmamışlardır. Su örneklerinin 119’unda *E. coli* (fokal koliform), 223’ünde koliform bakteri patojen etken olarak tespit etmişlerdir.

Demirci ve ark. (2007), yaptıkları çalışmada Tekirdağ ilinde satışa sunulan 5 markaya ait ve her bir markadan 4 farklı su örneği olmak üzere toplamda 20 adet damacana suyundan ilk olarak tüketiciye ulaştığı zaman, su pompası takıldıktan sonra ve en son su bitimine yakın 3 farklı aşamada numune almışlar ve bu suların mikrobiyolojik parametrelerini araştırmışlardır. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısının pompa takıldıktan sonra arttığını, başlangıçta hiçbir numunede görülmeyen koliform bakteri sayısının ise pompa takıldıktan sonra numunelerin %60'ında olduğunu tespit etmişlerdir.

Köksal ve Samastı (2007), bir yıl boyunca İstanbul'un değişik semtlerinde tüketime sunulan satışa uygun ambalaj görüntüsünde olan 47 farklı markaya ait 92 adet 19 L damacana içme suyu numunesi almışlar ve mikrobiyolojik açıdan analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Analiz sonuçlarında *E. coli* (EPEC), *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia*, *Campylobacter* spp., *Vibrio* ve *Plesiomonas* sp. bulgularına rastlamamışlar ancak numunelerin %54'ünde koliform bakteri, %3'ünde *E. coli*, %23'ünde *Aeromonas*, %38'inde *Pseudomonas* spp. tespit etmişlerdir. Bu veriler ışığında numunelerin %54'ünün TS 266'ya uygun olmadığı sonucuna varılırken; kirlilik sebebinin dönüşümlü damacanalardan olduğu ve bu yüzden tek kullanımlık kaplarının kullanımının daha uygun olacağı görüşüne varmışlardır.

Prasai ve ark. (2007), Nepal'in Katmandu şehrinde yapmış oldukları çalışmada şehrin farklı yerlerinden, Katmandu vadisinin farklı yerlerinden 49'u boru kuyulardan, 57'si kuyulardan, 17'si musluk sularından ve 9'u Katmandu, Lalitpur ve Bhaktapur ilçelerindeki taş musluklardan olmak üzere toplam 132 içme suyu örneği almışlardır. İçme suyu örneklerinin %82.6 ve %92.4'ünün toplam canlı ve koliform sayısı yönünden WHO içme suyu kılavuz değerini geçtiğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca çalışma sırasında 238 enterik bakteri izolatu tespit etmişlerdir.

Chaidez ve ark. (2008), Meksika'da Sinaloa eyaletinde başkent Culiacan şehri ve komşu şehir belediyesi olan Navolato şehirlerinde toplam 100 haneden su örnekleri toplamışlardır. Musluk suyu örneklerinin bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Analiz sonuçlarında *Aeromonas hydrophila* tespit edilmemişken %3'ünde *Escherichia coli*, %28'inde fekal koliform, %46'sında toplam koliform, örneklerin %15'inde *P. aeruginosa* ve bütün örneklerde heterotrofik bakteri saptamışlardır. Fizikokimyasal analizlerde manganez, toplam klor, pH, sıcaklık ve

bulanıklık için ortalama değerleri sırasıyla; 0.15 mg/L, 0.32 mg/L, 6.5, 28.78 °C ve 2.92 NTU olarak tespit etmişlerdir.

Alemdar ve ark. (2009), Bitlis ili merkez ve Adilcevaz, Ahlât, Güroymak, Hizan ve Tatvan ilçelerinde 164 içme suyu örneği almışlar, bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Su numunelerini ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde çeşitli depo ve musluk sularından temin etmişlerdir. Araştırma sonucunda fizikokimyasal parametreleri standartlara uygun bulmuşlardır. Mikrobiyal parametrelerde %30 enterokok, %8 *E. coli* %12 koliform, %24 sülfid indirgeyen anaerob bakteri içeren örnekleri standartlara uygun bulmamışlardır.

Raju ve ark. (2011), Hindistan Karnataka'nın Mysore şehrinin içme suyu temini için kullanılan çeşitli kaynaklardan numuneler (Sondaj kuyuları, tüketici noktalarının muslukları ve depolanmış evsel su numuneleri gibi farklı su kaynaklarından rastgele 277 adet içme suyu numunesi) olarak koliform kontaminasyonu açısından değerlendirmişlerdir. Numuneleri, heterotrofik plaka sayısı ve koliform bakteri gibi mikrobiyal parametreler açısından analiz etmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre tüketici noktalarından alınan 226 numuneden 80'inin enterik bakteri ile kontamine olduğunu tespit etmişler, 79 *E. coli*, 26 *Salmonella*, 92 *Klebsiella* ve 98 *Citrobacter* izolatı olmak üzere yaklaşık 325 koliform izolatı tanımlamışlardır.

Coşkun ve ark. (2012), Çanakkale'de yapmış oldukları çalışmada açıldıktan hemen sonra ve belirli süre akıtıldıktan sonra alınan 40'ar musluk suyu örneğinde arsenik, kadmiyum, bakır, çinko ve kurşun analizi gerçekleştirmişlerdir. Açıldıktan hemen sonra alınan 40 musluk suyu örneğinde ve belirli süre akıtılan musluk sularından alınan örneklerde kadmiyum ve kurşun değerleri limit altı bulunmuş, arsenik, bakır, çinko değerleri sırasıyla; 0.95-11.9 µg/L, 0.011-0.58 ve 0.04-5.29 mg/L olarak belirlenmiştir. Mikrobiyolojik analiz için alınan 40 adet örneğin 28'inde aerobik mezofilik bakteri, 1'inde *Escherichia coli* ve 18'inde koliform bakteri tespit etmişlerdir.

Nabeela ve ark. (2014), su kirliliğinin fazla olduğu Pakistan'da; içme suyu mikrobiyal kontaminasyonunu, kontaminasyondan sorumlu temel faktörleri ve buna bağlı olarak Pakistan'da sulardan kaynaklı sağlık problemleri hakkında araştırma yapmışlardır. Çalışmada 7000'den fazla su örneği incelenerek toplam koliform ve fekal koliform açısından örneklerin sırasıyla %58 ve %71 oranında kontamine olduğu belirlenmiştir. İçme suyu kirliliğinin ülkedeki tüm hastalıkların %20 ila 40'ını oluşturduğunu ve bunun

da yıllık 25-58 milyar Hindistan Rupisi (0.25-0.58 milyar ABD Doları, ülkenin GSYİH (gayri safi yurtiçi hasıla)'sının yaklaşık %0.6-1.44'ü) milli gelir kaybına neden olduğunu belirtmişlerdir. Endüstriyel ve belediye atıklarının uygun olmayan şekilde bertaraf edilmesi, kötü sıhhi ve içme suyu tedarik sistemleri, su filtreleme ve dezenfeksiyon uygulamalarının eksikliği, ülkedeki içme suyunun mikrobiyal kontaminasyonunun başlıca nedenleri olduğunu belirtmişlerdir.

Pant ve ark. (2016), Nepal şehri Dharan Belediyesinde yaptıkları çalışmada 76 musluk suyu, 24 şişe su olmak üzere toplamda 100 adet örneğin pH, toplam koliform, fekal koliform, fekal streptokok analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Musluk sularının tamamının, şişe suların %87.5'inin heterotrofik bakterilerle kirlendiğini tespit etmişlerdir. Musluk suyu örneklerinin; %55.3'ünde koliform bakteri, sırasıyla %21.2 ve %14.5'inde fekal koliform ve fekal streptokok kontaminasyonu olduğunu tespit etmişlerdir. Şişe sularda ise %25 oranında toplam koliform tespit etmelerine rağmen hiçbir suda fekal kaynaklı bakteri görmemişlerdir. Musluk suyu örneklerinin tamamı ve şişelenmiş su örneklerinin %54.2'sinin kabul edilebilir pH değeri aralığında olduğunu belirlemişlerdir.

Yıldız (2016), yaptığı çalışmada Giresun merkez depo ve musluk sularından Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında aldığı toplam 151 içme suyu örneğinin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizini gerçekleştirmiş, su örneklerinden izole edilen gram negatif bakterilerin antibiyotik dirençlilik düzeylerini araştırmış ve sonuçları TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliğe göre değerlendirmiştir. En fazla bulaşmanın Mayıs ayında, olduğunu, örneklerin %31'inde toplam koliform, %20'sinde fekal koliform sayısının standartların üzerinde olduğunu belirlemiştir. Eylül ayında herhangi bir bulaşma saptamazken diğer aylarda Mayıs ayına göre bulaşmanın daha az olduğunu belirlemiştir. Diğer taraftan aldığı örneklerden izole edilen Gram negatif bakterilerin ciddi seviyede antibiyotik dirençlilik taşıdığını ve ortamın dışkı kaynaklı atıklar ile kirletildiğini belirtmiştir.

Boyras (2017), Konya ili Meram ilçesinde yaptığı çalışmada 1 Nisan ile 1 Haziran 2016 tarihleri arasında %8.3'ünde ev tipi su arıtma cihazı kullanılan 810 haneye ulaşarak insanların içme suyu tercihlerini araştırmıştır. Çalışmada hanelerde kullanılan 39 su arıtma cihazından alınan su örneklerinin kimyasal ve mikrobiyolojik analizi gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda arıtma sonrası bir örnekte koliform bakteri

tespit edilmiş; pH, iletkenlik, serbest klor, florür, kalsiyum, magnezyum ve toplam sertlik değerlerinde şebeke suyuna göre önemli bir azalma belirlenmiştir.

Çavdar (2018), çalışmasında Sakarya Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde içme ve kullanma sularının sağlığı tehlikeye düşürecek durumlar yaratıp yaratmadığını tespit etmek için hastanede bulunan 40 farklı içme ve kullanma suyu ve musluk/duş başlıklarından numune toplamış ve mikrobiyolojik açıdan incelemiştir. Almış olduğu su ve sürüntü örneklerinde koliform grubu bakteri, *E. coli*, Enterokok ve Legionella spp. üremesi tespit edilmemiştir.

Demir (2019), İstanbul'da satılan içme sularının kalitesini belirlemek amacıyla aldığı 21 farklı marka şişe suyunun bazı fizikokimyasal parametrelerini belirlemiştir. Çalışma sonunda içme suları kalite standartları TS 266, WHO, EPA, Sağlık Bakanlığı'na ait İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliklerde belirlenen limitlere göre bazı şişe sularının limit aralıklarında olduğunu, bazılarının ise limit üstü olduğunu saptanmıştır.

Shams ve ark. (2019), İran'ın Gonabad şehrinde satışa sunulan 9 farklı marka suyun fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analiz sonuçlarını saklama koşulları etkisine göre değerlendirmişlerdir. İnceledikleri tüm sularda fiziksel ve kimyasal parametreler etiket bilgileri ile paralellik göstermiştir. Mikrobiyal çalışma için buzdolabında (4 °C), güneş ışığında (25 °C), dolaylı güneş ışığında (20 °C) ve karanlıkta (20 °C) depolama olmak üzere dört farklı saklama koşulu incelenmiştir. Çalışma sonunda buzdolabı şartlarında saklanan numunelerin en düşük heterotrofik ve patojenik bakteri sayısına sahip olduğu, en yüksek bakteri sayısının oda sıcaklığında güneşe maruz bırakıldığında olduğu tespit edilmiştir.

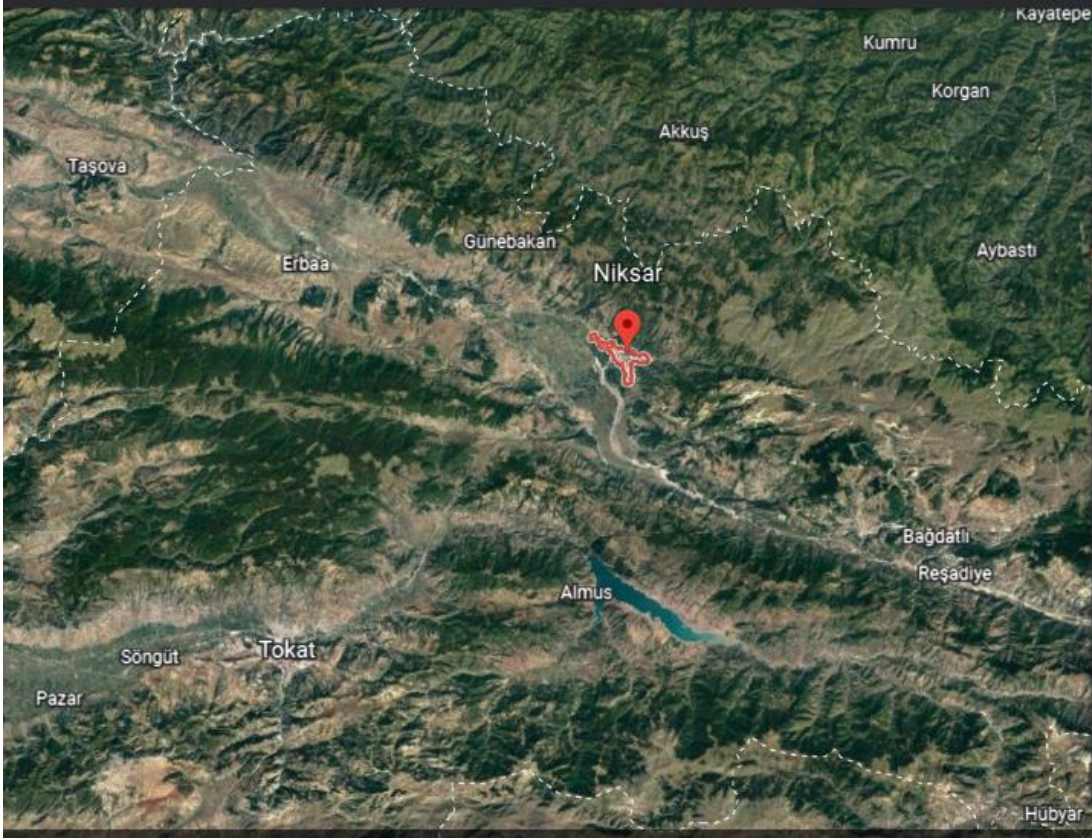
Semerjian ve ark. (2020), Birleşik Arap Emirlikleri'nde konut, ticari ve kurumsal alanlarda kullanılan içme suyuna alternatif olarak, şişelenmiş su ve şişelenmiş su sebillerini karşılaştırmak için Dubai ve Sharjah emirliklerindeki kamu ve özel şişe su sebillerinden toplanan 40 su numunesi üzerinde kesitsel bir çalışma yapmışlardır. Numuneleri, heterotrofik plaka sayısı bakterileri, fekal ve toplam koliform ve mantar büyümesi için analiz etmişlerdir. Numunelerin hiçbirinde toplam ve fekal koliform tespit etmemişlerdir. 0 ile 100 kob/100 mL arasında değişen heterotrofik plak sayıları (HPC), toplam ortalama 31 kob/100 ml ile kamu ve özel şişe su sebillerinin HPC bakteri seviyeleri arasında önemli bir fark olmadığını belirtmişlerdir.

Koçer (2021), Şanlıurfa ilinde satışa sunulan ambalajlı sulardan Şubat 2020 – Ağustos 2020 tarihlerinde 10 farklı markadan 20 su örneği toplamıştır. Alınan örneklerin bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda 4 örnekte (%20) nitrit, 7 örnekte (%35) nitrat uygun olmayan değerlerde tespit edilmiştir. Mikrobiyolojik açıdan herhangi bir uygunsuzluk görülmemiştir.

4. MATERYAL ve YÖNTEM

4.1. Materyal

Çalışma alanı, kuzeyinde Karadeniz’e paralel uzanan platolarla kaplı Canik Dağları, güneyinde Sakarat Dağı ve bu dağların arasında kalan ova şeklinde olan Tokat iline bağlı Niksar ilçesidir. Rakımı ortalama 350 metre olan Niksar 40° 33’- 40° 36’ kuzey enlemleri ile 36° 54’-36° 59’ doğu boylamları arasında yerleşmiş bir şehirdir. Güneydoğuda Başçiftlik, doğuda Reşadiye, güneyde Almus, güneybatıda Tokat merkez ilçe, kuzeybatıda Erbaa, kuzeyde ve kuzeydoğuda Ordu iline bağlı Akkuş, Korgan ve Aybastı ilçeleri ile komşudur. Niksar’ın yüzölçümü 955 km²’dir (Anonim, 2022h).



Şekil 4. 1. Niksar haritası (Anonim, 2022i)

Orta Karadeniz Bölümünün iç kesiminde yer alan Niksar akarsular bakımından oldukça zengin olup topraklarını Kelkit çayı ve bu çayın irili ufaklı kolları sulamaktadır. Niksar, Karadeniz iklimiyle, İç Anadolu'nun karasal iklimi arasında bir geçiş bölgesindedir. Kışlar genellikle ılık ve yağışlı, yazlar sıcak geçer. Her ay yağış alan ilçenin yıllık yağış ortalaması 475.2 mm, yıllık sıcaklık ortalaması ise 14.7 °C'dir.

İlçede 2021 yılında yapımına başlanan Entegre Su projesi ile eski boruların hasarından kaynaklı su kesintilerini önlemek ve halka daha sağlıklı su sunmak amacıyla bütün ilçe isale hat boruları yenilenmektedir. Çalışma sırasında boru patlaklarına bağlı su kesintileri, su kaçakları yaşanmaktadır.

4.1.1. Depolardan alınan su numuneleri

Şehir merkezine içme ve kullanma suyu olarak dağıtılan 8 farklı noktadaki depolardan örnekler toplanmıştır. Depo sularında klor mevcudiyetinden dolayı örnekler 500 mL'lik sodyum tiyosülfatlı kahverengi renkli steril şişelere doldurulmuştur. Depolar Ş1, Ş2, Ş3, Ş4, Ş5, Ş6, Ş7 ve Ş8 numaraları verilerek kodlanmıştır. Su numuneleri Mayıs ayında yağışlı dönemde toplanmıştır.

1 numaralı su deposu

1 no'lu su deposu Gülbayır köyüne bağlıdır ve su deposundan merkeze ve köye su dağıtımı söz konusudur. Depo oldukça küçük, suyu soğuk ve debisi yeterlidir. Su sıkıntısını gidermek için şehir merkezine yaklaşık 7 km mesafede bulunan bu bölgedeki su yeni borular döşenerek şehir merkezine taşınmıştır.

2 numaralı su deposu

2 no'lu depo da Gülbayır köyü yolu üzerinde bulunan su deposudur.

3 numaralı su deposu

3 no'lu depo Niksar Ustahasan köyü yolu üzerinde bulunur ve merkezdeki birçok ev ve işyerlerine su dağıtımı bu depodan sağlanmaktadır.

4 numaralı su deposu

4 no'lu depo şehirdeki Sarıboyun (Sorhun) sokağından adını alan depo Kırkkızlar mahallesinde bulunmaktadır. Kapasite olarak oldukça büyük bir su hacmine sahip olan depodaki su ile şehrin büyük bir bölümünün su ihtiyacı karşılanmaktadır.

5 numaralı su deposu

5 no'lu depo Karabodur köy yolundaki Karabodur suyudur. Suyu şehir merkezine verilmektedir.

6 numaralı su deposu

Şeyhler köyü yolu üzerinde bulunan depodur. Oldukça küçük ve eski bir depodur. İlçeye 5 km uzaklığında bulunmakta olan deponun suyu borularla şehir merkezine taşınmaktadır.

7 numaralı su deposu

Oldukça küçük bir depo olan su Sulugöl köyü yolu üzerinde bulunmaktadır.

8 numaralı su deposu

Oldukça büyük, kapasitesi fazla ve özellikle yağış olan zamanlarda yüksek debisi daha da yükselen bir depodur. Depo Ayvaz mahallesinde bulunmaktadır. Şehir merkezinde çok sayıda hane ve işyerlerine su temini bu depo suyu ile sağlanmaktadır.

4.1.2. Ambalajlı sulardan alınan su numuneleri

Niksar'da çeşitli marketlerde, bakkallarda satışa sunulan P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10 şeklinde numara verilen 10 farklı markanın Pet şişe doğal kaynak suları ve 5 adet D1, D2, D3, D4, D5 şeklinde numara verilen 19 L polikarbonat dönüşümlü damacana suları toplanmıştır. Damacana sularında bir markanın raf ömrü 2 ay olarak görülürken, diğer markaların raf ömrü ise 3 ay olarak firmalar tarafından belirtilmiştir. Pet şişe ambalajlı sularda ise bir markanın raf ömrü 2 yıl diğerlerinin ise 1 yıl olarak ambalaj üzerlerine yazıldığı görülmüştür.



Şekil 4. 2. Ambalajlı Pet şişe ve Polikarbonat damacana su numuneleri

4.1.3. Şebeke sularının ulaştığı hanelerin ev tipi arıtma cihazlarından alınan numuneler

İlçe merkezinde arıtma cihazı kullanan fazla hane bulunmamaktadır. Arıtma cihazı kullanan birçok hane sahibinin de cihazı kullanmayı bıraktığı ve cihazları söktürdükleri öğrenilmiştir. Fakat köylerde arıtma cihazı yaygın olarak kullanılmaktadır. 8 ayrı su deposunun ulaştığı arıtma cihazı bulunan 8 farklı haneden su örnekleri toplanmıştır. Arıtma cihazlarındaki parametrelerin değişimini gözlemlemek için arıtım öncesi ve arıtım sonrası olmak üzere iki kademeli olarak su örnekleri alınmıştır. Depo numara sırasına bağlı olarak sırası ile numune örneklerine arıtım öncesi (Ö) ve arıtım sonra (S) harfleri olacak şekilde; Ö1-S1, Ö2-S2, Ö3-S3, Ö4-S4, Ö5-S5, Ö6-S6, Ö7-S7 ve Ö8-S8

adlandırmaları verilmiştir. Arıtım cihazı kullanan 6 hane sahibi cihazın bakımının kısa süre önce yapıldığını belirtmişlerdir.

4.1.4. Kullanılan alet ve ekipmanlar

Araştırmada, pH metre (WTW marka cond 3320, Almanya), Hach Lange marka (Amerika) DR 3900 RFID/Vis Spektrofotometre, saf su cihazı (Piramit marka, Türkiye), ısıtıcılı manyetik karıştırıcı (MTops MS300 HS, Çin), İnkübatör (Microtest ve Memmert marka, Almanya) kullanılmıştır.

4.2. Yöntem

Bütün su örnekleri 17.02.2005 tarih ve 25730 sayılı İnsani Tüketim Amaçlı Yönetmelik esaslarına uygun olarak alınmış ve analizleri gerçekleştirilmiştir.

Ambalajlı su örnekleri toplanırken uygun saklama şartlarında satışa sunulan sular tercih edilmiştir. Örnekler +4 °C dolaplarda muhafaza edilen güneş görmeyen satış noktalarından alınmış ve analizleri gerçekleştirileceği zamana kadar +4 °C’de muhafaza edilmiştir. Dönüşümlü polikarbonat damacana sular da +4 °C’de bekletilerek analiz yapılacağı sırada steril numune şişelerine transfer edilerek analizleri gerçekleştirilmiştir.

Depolardan alınan örneklerde numune alma musluğu olan sular numune alma esaslarına uyularak hızlı bir şekilde kilitli, tek kullanımlık sodyum tiyosülfatlı steril şişelere doldurulmuştur. Steril örnek kaplarına alınan sular soğuk zincir kuralına uyularak buz aküleri kullanılarak taşınmıştır.

Ev tipi su arıtma cihazı bulunan hanelerden numune alırken; su bir süre akıtılır sonra alevle yakılarak bir süre daha suyun akması sağlandıktan sonra hızlı bir şekilde sodyum tiyosülfatlı, kilitli, kahverengi renkli tek kullanımlık steril numune şişelerine su doldurulmuştur. Numuneler soğuk zincir kuralına uyularak analizi yapılacak laboratuvara taşınmış ve 5-6 saat içerisinde analizleri gerçekleştirilmiştir.

4.2.1. Renk, koku ve tat tayini

Renk, koku ve tat analizleri “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik’te” belirtildiği gibi organoleptik olarak yapılmıştır.

4.2.2. Elektriksel iletkenlik (EC) ve pH tayini

Numunelerin pH tayini TS EN ISO 10523:2012 standardına, elektriksel iletkenlik tayini ise TS EN 27888:1993 standardına uygun olarak portatif cihaz ile gerçekleştirilmiştir. Cihaz laboratuvar ortamında kalibre edilmiş ve görülen değerler kayıt altına alınmıştır. Ayrıca cihaz belirlenen ve anlaşma sağlanan bir firma tarafından her yıl kalibre edilmektedir. Analizler öncesinde de cihazın mart ayında yıllık kalibrasyonu yapılmıştır (Anonim, 2022i).



Şekil 4.3. pH ve İletkenlik ölçümünde kullanılan cihaz

4.2.3. Nitrat tayini

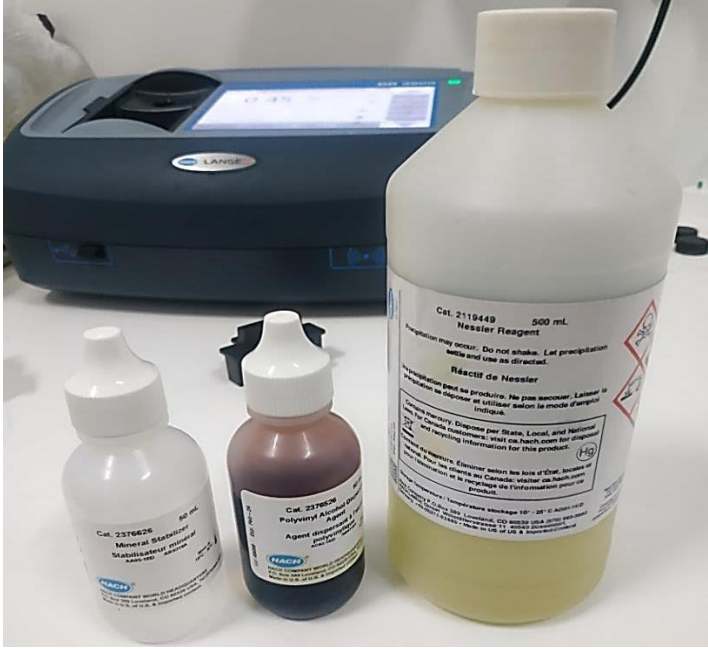
Sularda nitrat tayini numuneler kadmiyum indirgeme metoduna göre (Hach, Metot 8039) DR 3900 RFID/Vis Spektrofotometre ile ölçülerek tespit edilmiştir. Nitrat kiti 5 dakika bekleme süresinden sonra cihazın haznesine yerleştirilerek okuma yapılmış ve değerler kaydedilmiştir (Anonim, 2022j).

4.2.4. Nitrit tayini

Sularda nitrit tayini Usepa Diazotizasyon metoduna göre (Hach, Metot 8507) DR 3900 RFID/Vis Spektrofotometre ile belirlenmiştir. Spektrofotometre kullanım talimatına göre nitrit kiti 20 dakika bekleme süresinden sonra cihazın haznesine yerleştirilerek okuma yapılmış ve değerler kaydedilmiştir (Anonim, 2022j).

4.2.5. Amonyak tayini

Sularda amonyak tayini Usepa Nessler Metoduna göre (Hach, Metot 8038) DR 3900 RFID/Vis spektrofotometre ile belirlenmiştir. Cihazın talimatına uygun olarak analiz yapılmış ve saptanan değerler her bir numune için kaydedilmiştir (Anonim, 2022j).



Şekil 4. 4. Amonyak ölçümünde kullanılan alkol ve reaktifler

4.2.6. Bor tayini

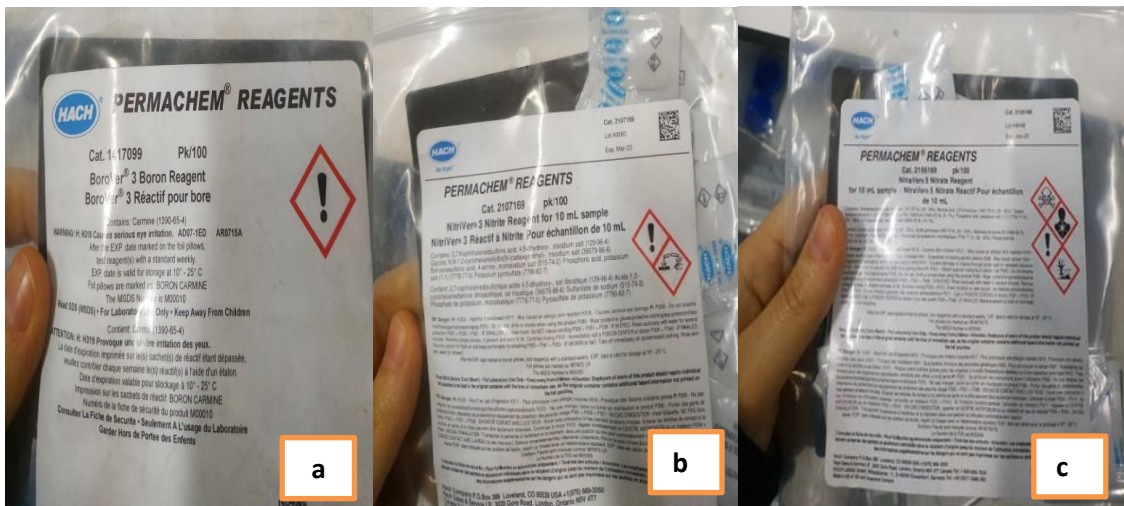
Sularda bor tayini Carmine Metoduna (Hach, Metot 8015) uygun olarak DR 3900 RFID/Vis spektrofotometre ile belirlenmiştir. Analizde %95-98 derişimli sülfirik asit çözeltisi ile analize uygun kit kullanılmış ve 25 dakika bekleme süresinden sonra okuma yapılmış ve okunan değerler her bir su numunesi için kaydedilmiştir (Anonim, 2022j).

4.2.7. Florür tayini

Sularda florür tayini Usepa Spadns Metoduna göre (Hach, Metot 8029) DR 3900 RFID/Vis spektrofotometre ile belirlenmiştir. Analiz için tayin edilen 1 dakika bekleme süresinden sonra numune cihaz haznesine yerleştirilmiş, okuma yapılmış ve okunan değerler kayıt altına alınmıştır (Anonim, 2022j).



Şekil 4. 5. Nitrat, nitrit, amonyak, bor ve florür ölçümlerinde kullanılan spektrofotometre cihazı



Şekil 4. 6. Bor (a), nitrit (b), nitrat (c) ölçümünde kullanılan kitler

4.2.8. Arsenik tayini

Arsenik tayini için Quantofix firmasına ait Arsenik - Modifiye Gutzeit test yöntemiyle yarı nicel test şeritleri ve ek reaktifler kullanılarak renk değişimine göre derecelendirilerek 0–0.5 mg/L As^{3+5+} değerler aralığında okuma yapılarak belirlenmiştir (Vural, 2000).



Şekil 4. 7. Arsenik analiz malzemeleri (a) ve analiz sonucu ölçüm çubukları (b)

4.2.9. Kullanılan besiyerleri

E.coli ve koliform bakterilerini tespit etmek amacıyla hazır ve steril ambalajlı Koliform Kromojenik Agar (CCA) (Chromogenic Coliform) besiyerleri, 22 °C’de toplam canlı tespiti için Triptik Soy Agar (TSA) besiyerleri kullanılmıştır.



Şekil 4. 8. Mikrobiyolojik analizlerde kullanılan besiyerleri CCA (a) TSA (b)

4.2.10. Besiyerlerinin hazırlanması

Tokat Halk Sağlığı Laboratuvarlarında hazırlanan Triptik Soy Agar besiyerleri 19-20 mL olacak şekilde ağzı tıpalı cam tüplere konulmuş buzdolabı şartlarında bekletilmiş ve ekimi yapılmak üzere analizi yapılacak laboratuvara taşınmıştır. TSA besiyerleri 22 °C’de toplam canlı bakteri tespitinde ve sayımında dökme plak yöntemi ile kullanılmıştır.

4.2.11. Membran filtrasyon yöntemi

Membran filtrasyon yönteminin temel prensibi; mikroorganizma geçemeyecek kadar küçük gözeneklere sahip olan filtre kağıdından su numuneleri geçirilir ve önceden saf su ile ıslatılan kuru besiyerine bu filtre kağıdı yerleştirilerek uygun sıcaklıklarda inkübasyona bırakılır. Filtrede tutulan mikroorganizmalar gelişerek kağıt üzerinde koloniler oluşturur ve sayımları yapılır.

Bütün su numunelerinde membran filtrasyon yöntemi ile *E.coli* ve koliform bakteri analizi için CCA kullanılmıştır. Analiz yapılmadan önce ortam alkolle sterilize edilmiştir ve kullanılacak araç gereçler bek alevinden geçirilmiştir. Kuru besiyeri daha önce ayarlanmış dozaj şırıngasıyla 3-3.5 mL steril su ilave edilerek ıslatılmıştır. Analize uygun 0.45 µm por çaplı filtre kağıdı huni şeklinde olan düzeneğin tabanına yerleştirilip, düzenek kapatılmıştır. Su numuneleri 100 ve 250 mL olarak vakum pompası yardımıyla süzölmüştür. Daha önce steril saf su ile ıslatılan petriler üzerine bu süzölen filtre kağıtları yerleştirilmiştir. Petriler etüvde 24 saat boyunca 36±2 °C’de inkübe edildikten sonra oluşan kolonilerin sayımı yapılmıştır. İnkübasyon süresi sonucunda CCA besiyerinde

E. coli kolonileri mavi-mor renk, koliform bakteri kolonileri ise kırmızı-kahverengi renk vermektedir (Halkman, 2019). Koliform bakterilerde doğrulama için Oksidaz test çubukları kullanılmıştır.

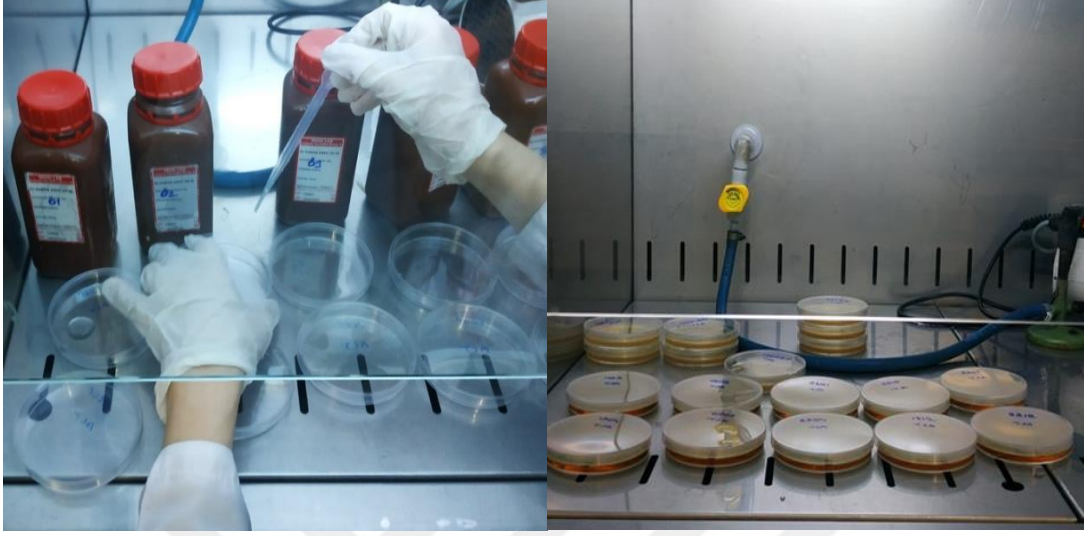


Şekil 4. 9. Membran filtrasyon yöntemi ile analiz

4.2.12. Dökme plak yöntemi

22 °C’de koloni sayımı için hazır steril petri kaplarına tek kullanımlık pastör pipet ile 1 mL su numunesi ilave edilmiştir. Tokat Halk Sağlığı laboratuvarlarında TSA besiyerleri hazırlanan 19-20 mL tüplere konulur ve ağızları kapatılıp buzdolabı şartlarında bekletilir. Tokat Halk Sağlığı laboratuvarından temin edilen bu hazır, buzdolabı şartlarında bekletilen 19-20 mL TSA besiyeri analiz yapılacağı zaman sıcak su ile çözödürölmüş, el yakmayacak şekilde su ile soğöutulduktan sonra 1 mL su numunesi

konulan besiyerine eklenmiş ve dökme plak yöntemine uygun homojen dağılacak şekilde yayılmıştır. Petriler etüvde 68 ± 4 saat boyunca $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de inkübe edilmiş ve süre sonunda koloni sayımları yapılmıştır.



Şekil 4. 10. Dökme plak yöntemi ile mikrobiyolojik analiz

5. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bütün su örnekleri için elde edilen fizikokimyasal ve mikrobiyolojik bulgular TS 266, WHO (2011) ve İTASHY'e göre kıyaslanmıştır. İçme ve kullanma sularının 100 mL'de, ambalajlı içme sularının ise 250 mL'de mikrobiyolojik analizleri incelenmiştir. Analizi yapılan sular için incelenen parametreler ve bu parametreler için kalite standartlarının belirlediği değerler Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Analizi yapılan sular için incelenen parametreler ve bu parametreler için kalite standartlarının belirlediği değerler

Parametre	Birim	TS 266	WHO	İTASHY
pH		6.5-9.5	6.5-8.5	6.5-9.5
İletkenlik	µS/cm	2500	2500	2500
Renk				*TKEDY
Tat				*TKEDY
Koku				*TKEDY
Nitrat	mg/L	25	50	50
Nitrit	mg/L	0.1		0.5
Amonyak	mg/L	0.5	0.5	0.5
Florür	mg/L	1.5	1.5	1.5
Arsenik	µg/L	10	10	10
Bor	mg/L	1	2.4	1
<i>E.coli</i>	kob/250 mL-kob/100 mL			0
Koliform	kob/250 mL-kob/100 mL	0	0	0
22 °C' de koloni sayısı	kob/mL	100		20-100

* Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok

Çizelge 5. 2. Depo sularının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri

Parametre	Ş1	Ş2	Ş3	Ş4	Ş5	Ş6	Ş7	Ş8
pH	8.11±0.01	7.65±0.09	8.21±0.02	8.02±0	7.73±0	8.18±0.01	7.80±0	7.82±0
İletkenlik	353±0	405±5	377.5±0.5	365±0	453±8	466±1	379±0	376±1
**Renk	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun
**Tat	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun
**Koku	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun
Nitrat	0.3±0	1.05±0.05	0.8±0	0.6±0	0.3±0	0.2±0	0.3±0	0.65±0.15
Nitrit	0.006±0	0.005±0	0.003±0.001	0.015±0.001	0.003±0	0.005±0	0.004±0	0.003±0
Amonyak	0.06±0.01	0.10±0.01	0.07±0.00	0.09±0.015	0.05±0.01	0.06±0.01	0.08±0.01	0.16±0.02
Florür	0.11±0.01	0±0.00	0.21±0.01	0.21±0.01	0.44±0.01	0.12±0.02	0.09±0.01	0.23±0.00
*Arsenik	-	-	-	-	-	-	-	-
Bor	0.2±0	0.2±0	0.15±0.07	0±0	0.5±0	0.3±0	0.55±0.07	0.2±0
E.coli	0±0	4.5±1.5	0.0±0.0	1±1	0±0	0±0	0±0	0±0
Koliform	0±0	0±0	0±0	9±7	0±0	0±0	0±0	0±0
22 °C' de koloni sayısı	1±0	1±0	0±0	0.5±0.5	0.5±0.5	0±0	0±0	0±0

*Bütün su örneklerinde arsenik konsantrasyonu <0.010 mg/L olarak tespit edilmiştir.

**Bu analizler İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik Ek-1'de belirtildiği gibi 'Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok' kuralına göre duyuusal olarak yapılmıştır.

5.1. Depo Sularının Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri

Depo sularının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Depolardan alınan su örneklerinin fizikokimyasal parametreleri İTASHY, TS 266 ve WHO (2011) standartlarına uygun olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler incelendiğinde; pH değerleri 7.65-8.21 arasında olup bütün depolardan alınan örneklerin pH değerinin 7'den yüksek olması itibariyle sular birbirlerine benzerlik göstermiştir. Su içindeki toplam çözünmüş tuz veya çözünebilir tuz miktarını ifade eden EC değerleri 353-466 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında belirlenmiştir. Azot döngüsünün bir parçası olan nitrat değerleri 0.2-1.05 mg/L arasında saptanmıştır. Nitrat ile kıyaslandığında daha fazla toksik olan nitrit değerleri çalışmada 0.003-0.015 mg/L arasında ölçülmüştür. Florür değerleri 0.0-0.44 mg/L arasında belirlenmiştir. Amonyum değeri hakkında fikir vermesi için incelenen Amonyak değerleri 0.05-0.16 mg/L arasında ölçülmüştür. Bor değerleri 0.0-0.55 mg/L arasında belirlenmiştir.

Ağır metallerden olan arsenik bütün depolarda 10 $\mu\text{g}/\text{L}$ altında tespit edilmiştir. Örneklerde renk, koku ve tat parametreleri duyuşal olarak incelenmiş ve olumsuz bir durum görülmemiştir. Elde edilen bulgular İTASHY, TS 266 ve WHO (2011) standartlarına göre uygun değerlere sahiptir.

Araştırma sonucunda elde edilen mikrobiyolojik bulgularda bazı depolarda kirlilik tespit edilmiştir. Ş2 kodlu depoda analiz sonucunda *E.coli*, Ş4 kodlu depoda hem koliform hem de *E. coli* kaynaklı kirlilik görülmüştür. Bu depodaki sular İTASHY, TS 266 ve WHO (2011) standartlarına uygun değildir.

Çalık (2005), Diyarbakır şehir merkezindeki su deposu içinde 200 konutun hem depo girişi hem de depo çıkışı sularından birer su örneği olmak üzere 400 su numunesi topladıkları çalışma sonucunda depo girişindeki su örneklerinin %34'ünde, depo çıkışı örneklerinin ise %52'sinde koliform bakteri tespit etmiştir. Sonuçlar bu çalışmayla benzerlik göstermiştir.

Alemdar ve ark. (2009), Bitlis merkez ve bazı ilçe depo ve musluk sularından aldıkları içme suyu örneklerinin fizikokimyasal analiz sonuçlarında uygunsuzluk tespit etmemeleri, mikrobiyolojik parametrelerde %12 koliform ve %8 *E. coli* tespit etmeleri yönüyle bu çalışmayla paralellik göstermektedir.

Yıldız (2016), Giresun ilinde Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül aylarında depo ve musluk sularından topladığı numunelerin analiz sonucunda bazı aylarda toplam koliform ve *E. coli* tespit etmiştir.

5.2. Ambalajlı Suların Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri

Ambalajlı pet şişe içme sularının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Çizelge 5. 3. Ambalajlı pet şişe içme sularının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri

Parametre	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
pH	7.42±0.01	7.83±0.01	8.41±0.01	7.84±0.04	7.83±0.03	7.84±0.02	7.32±0	7.54±0.04	7.64±0.03	7.7±0.03
İletkenlik	78.0±0	132.9±0.1	228±0	149.8±0	67.9±0.1	178.4±0.2	79.4±0	102.2±0.2	151.5±0.4	117.1±0.1
**Renk	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun
**Tat	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun
**Koku	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun
Nitrat	0.8±0.1	0.3±0.1	0.2±0.1	0.4±0.1	0.3±0	0.2±0	0.3±0	0.6±0.1	1.1±0.1	1.1±0.1
Nitrit	0.002±0	0.003±0	0.003±0	0.003±0.001	0.004±0.001	0.003±0	0.003±0	0.003±0	0.009±0.008	0.002±0.001
Amonyak	0.06±0	0.04±0	0.14±0	0.03±0	0.05±0.03	0.04±0	0.05±0	0.02±0	0.05±0.02	0.04±0
Florür	***Ö.A.A	0.16±0.01	0.35±0.21	***Ö.A.A	0.04±0.01	0.09±0.06	0.06±0	0.07±0.06	0.03±0	***Ö.A.A
*Arsenik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bor	0.1±0.1	0.5±0	0.35±0.15	0±0	0.15±0.05	0.1±0	0.1±0	0.4±0	0.2±0	0.2±0
E.coli	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Koliform	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
22 °C' de koloni sayısı	0.5±0.5	0±0	0±0	0.5±0.5	1.5±0.5	0±0	0±0	0.5±0.5	0±0	0±0

*Bütün su örneklerinde arsenik konsantrasyonu <0.010 mg/L olarak tespit edilmiştir.

**Bu analizler İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik Ek-1'de belirtildiği gibi 'Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok' kuralına göre duyuusal olarak yapılmıştır.

***Ölçüm aralığı altında

10 farklı markanın çeşitli market ve bakkallardan toplanan doğal kaynak suyu ruhsatlı pet şişe içme sularının fizikokimyasal ve mikrobiyolojik parametre analiz sonuçları incelenmiştir. Çalışma sonunda elde edilen bulgular incelendiğinde bütün numunelerde fizikokimyasal parametrelerde uygunsuzluk görülmemiştir. Elde edilen bulgular İTASHY, TS 266 ve WHO (2011) standartlarına göre uygun değerlere sahiptir. pH değerleri 7.32-8.41 arasında değişkenlik göstermiştir. Su içindeki toplam çözünmüş tuz veya çözünebilir tuz miktarını ifade eden EC değerleri 67.9-228 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak ölçülmüştür. Azot döngüsünün bir parçası olan nitrat değerleri 0.2-1.1 mg/L görülmüştür. Nitrat ile kıyaslandığında daha fazla zehirleyici olan nitrit değerleri çalışmada 0.002-0.009 mg/L arasında ölçülmüştür. Florür değerleri en düşük cihazın ölçüm aralığı altında okunurken en yüksek değer ise 0.35 mg/L olarak okunmuştur. Amonyum değeri hakkında fikir vermesi için incelenen Amonyak değerleri 0.02-0.14 mg/L arasında ölçülmüştür. Bor değerleri 0.0-0.5 mg/L arasında okunmuştur.

Ağır metallerden olan arsenik bütün su örneklerinde 10 $\mu\text{g}/\text{L}$ 'nin altında tespit edilmiştir. Örneklerde renk, koku ve tat parametreleri duyuşal olarak incelenmiş ve olumsuz bir durum görülmemiştir. Araştırma sonucunda elde edilen mikrobiyolojik bulgularda herhangi bir kirlilik tespit edilmemiştir. Elde edilen bulgular İTASHY, TS 266 ve WHO (2011) standartlarına göre uygun değerlere sahiptir.

Demir (2019), İstanbul'da satılan içme sularının kalitesini belirlemek amacıyla 21 farklı marka şişe suyundan numune toplayarak bazı fizikokimyasal parametreler yönünden analizini gerçekleştirdiği çalışma sonunda bazı suların standartların limit üstünde olduğu için uygunsuz, bazılarının limit aralığında uygun olduğunu tespit etmiş buna bağlı olarak bu çalışmayla farklılık göstermiştir.

Shams ve ark. (2019), İran'ın Gonabad şehrinde satışa sunulan 9 farklı marka suyun fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerini saklama koşulları etkisine göre değerlendirdikleri çalışma sonunda buzdolabı şartlarında saklanan örneklerin fizikokimyasal parametrelerinde uygunsuzluk tespit etmemişlerdir.

Semerjian ve ark. (2020), Birleşik Arap Emirlikleri'nde konut, ticari ve kurumsal alanlarda kullanılan içme suyuna alternatif olarak, şişelenmiş su ve şişelenmiş su sebillerini karşılaştırmak için Dubai ve Sharjah emirliklerindeki kamu ve özel şişe su sebillerinden toplanan 40 su örneği üzerinde yapılan kesitsel bir çalışmada örneklerin hiçbirinde toplam ve fekal koliform tespit etmemişlerdir.

Koçer (2021), Şanlıurfa ilinde satışa sunulan ambalajlı sulardan Şubat 2020 – Ağustos 2020 tarihlerinde 10 farklı markadan 20 su rneği toplamıştır. Sularda mikrobiyolojik yönden herhangi bir uygunsuzluk tespit edilmemiş, 4 örnekte (%20) nitrit, 7 örnekte (%35) nitrat uygun olmayan değerlerde tespit edilmiştir.



Ambalajlı 19 L polikarbonat damacana içme sularının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri Çizelge 5.4’te verilmiştir.

Çizelge 5. 4. Ambalajlı 19 L polikarbonat damacana içme sularının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri

Parametre	D1	D2	D3	D4	D5
pH	7.97±0.01	7.73±0.02	7.98±0	7.47±0.005	8.03±0.02
İletkenlik	142.2±0	145.6±0	222±0	115.7±0	197.4±0
**Renk	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun
**Tat	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun
**Koku	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun
Nitrat	0.2±0	0.35±0.07	0.4±0	1.1±0	0.45±0.07
Nitrit	0.002±0	0.003±0	0.003±0	0.004±0	0.005±0.003
Amonyak	0.07±0.01	0.08±0.01	0.09±0	0.08±0.01	0.08±0.01
Florür	0.12±0.017	0.02±0	0.13±0	0.16±0	0.09±0
*Arsenik	-	-	-	-	-
Bor	0.2±0.14	0.1±0	0.25±0.07	0.3±0.14	***Ö.A.A
E.coli	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
Koliform	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
22 °C’ de koloni sayısı	2.5±1.5	1±0	9.5±7.5	1.5±0.5	1.5±0.5

*Bütün su örneklerinde arsenik konsantrasyonu <0.010 mg/L olarak tespit edilmiştir.

**Bu analizler İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik Ek-1’de belirtildiği gibi ‘Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok’ kuralına göre duyuusal olarak yapılmıştır.

***Ölçüm aralığı altında

Ambalajlı içme suları grubuna dahil olarak 5 farklı markanın çeşitli bayilerden toplanan doğal kaynak suyu (19 L polikarbonat ambalajda) fizikokimyasal ve mikrobiyolojik parametreler açısından incelenmiştir. pH değerleri 7.47-8.03 arasında değişkenlik göstermiştir. Su içindeki toplam çözünmüş tuz veya çözünebilir tuz miktarını ifade eden EC değerleri 115.7-222 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak ölçülmüştür. Azot döngüsünün bir parçası olan nitrat değerleri 0.2-1.1 mg/L arasında belirlenmiştir. Nitrat ile kıyaslandığında daha fazla toksik olan nitrit değerleri çalışmada 0.002-0.005 mg/L arasında ölçülmüştür. Florür değerleri 0.02-0.16 mg/L arasında belirlenmiştir. Amonyum değeri hakkında fikir vermesi için incelenen Amonyak değerleri 0.07-0.09 mg/L arasında ölçülmüştür. Bor değerleri cihazın ölçüm aralığı altında en fazla 0.3 mg/L olarak saptanmıştır. Ağır metallerden olan arsenik bütün su örneklerinde 10 $\mu\text{g}/\text{L}$ 'nin altında tespit edilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen bulgular incelendiğinde bütün örneklerin fizikokimyasal parametrelerinde uygunsuzluk görülmemiştir. Mikrobiyolojik parametreler incelendiğinde *E. coli* ve koliform mikroorganizma görülmemiştir. 22 °C'de koloni sayısı 1-9.5 kob/mL arasında saptanmıştır. Elde edilen bulgular İTASHY, TS 266 ve WHO (2011) standartlarına göre uygun değerlere sahiptir. Örneklerde renk, koku ve tat parametreleri duyuşal olarak incelenmiş ve olumsuz bir durum görülmemiştir. Araştırma sonucunda elde edilen mikrobiyolojik bulgularda herhangi bir kirlilik tespit edilmemiş olup bulgular İTASHY, TS 266 ve WHO (2011) standartlarına göre uygun değerlere sahiptir.

Demirci ve ark. (2007), Tekirdağ ilinde 20 damacana üzerinde yaptıkları çalışmada damacanalara pompa takılmadan önce numunelerde koliform bakteri tespit etmemişlerdir.

Köksal ve Samastı (2007), İstanbul'un değişik semtlerinden 1 sene boyunca topladıkları 92 adet 19 L polikarbonat damacana içme suyu örneklerinde *E. coli* tespit edilmemiş, örneklerin %54'ünde koliform bakteri tespit edilmiştir.

5.3. Ev Tipi Su Arıtma Cihazlarının Giriş ve Çıkışından Alınan Su Örneklerinin Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri

Arıtma öncesi ve sonrası suların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikler Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Çizelge 5. 5. Arıtma öncesi ve sonrası suların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri

Parametre	Ö1	S1	Ö2	S2	Ö3	S3	Ö4	S4
pH	7.98±0.04	6.77±0.07	7.58±0.04	6.71±0.01	8.26±0.01	6.67±0.08	7.94±0.03	6.57±0.04
İletkenlik	394.±0.7	41.4±2.0	420±0.7	42.8±0	325±0	58.6±2.1	401±0	45.5±0.4
**Renk	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun
**Tat	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun
**Koku	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun
Nitrat	0.7±0	0.3±0	1±0.14	0.25±0.07	1.15±0.07	0.55±0.07	0.85±0.07	0.5±0
Nitrit	0.014±0.003	0.003±0.001	0.008±0.005	0.005±0.001	0.008±0.001	0.006±0.001	0.018±0.001	0.004±0
Amonyak	0.29±0.14	0.22±0.12	0.10±0	0.10±0.01	0.18±0.07	0.24±0.02	0.18±0.01	0.14±0.01
Florür	0.28±0	***Ö.A.A	0.21±0.01	0.15±0.01	0.58±0.26	0.15±0.01	0.06±0.05	***Ö.A.A
*Arsenik	-	-	-	-	-	-	-	-
Bor	0.4±0	0.1±0	0.1±0	0±0	0.5±0	0.3±0	***Ö.A.A	***Ö.A.A
E.coli	0±0	0±0	0±0	0±0	2±1	0±0	0±0	0±0
Koliform	2±1	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
22 °C'de koloni sayısı	0.5±0.5	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0

Çizelge 5. 5.'in devamı

Parametre	Ö5	S5	Ö6	S6	Ö7	S7	Ö8	S8
pH	7.99±0.02	7.60±0.01	8.17±0.05	7.34±0.03	7.93±0.01	6.08±0.04	8.04±0.02	7.02±0.04
İletkenlik	404.5±14.8	33.4±0.3	366±1.4	28.8±0	400±0	20.5±0.1	363.5±2.1	70.8±8.6
**Renk	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun
**Tat	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun
**Koku	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun	uygun
Nitrat	0.95±0.21	0.25±0.07	0.8±0	0.4±0.14	0.8±0	0.3±0	0.85±0.07	0.25±0.07
Nitrit	0.005±0	0.004±0.001	0.006±0.001	0.005±0	0.005±0	0.004±0	0.006±0.004	0.004±0
Amonyak	0.21±0	0±0	0.33±0.08	0.16±0.02	0.08±0	0.08±0.01	0.14±0.03	0.09±0.01
Florür	0.41±0.04	***Ö.A.A	0.24±0.06	0.11±0.01	0.26±0	0.13±0	0.18±0.03	***Ö.A.A
*Arsenik	-	-	-	-	-	-	-	-
Bor	0.25±0.05	***Ö.A.A	0.15±0.05	0.1±0	0.5±0	***Ö.A.A	***Ö.A.A	***Ö.A.A
E.coli	1±0	0±0	1.5±0.5	0±0	4±1	0±0	0±0	0±0
Koliform	2±1	0±0	2.5±0.5	0±0	1.5±0.5	0±0	0±0	0±0
22 °C'de koloni sayısı	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0

*Bütün su örneklerinde arsenik konsantrasyonu <0.010 mg/L olarak tespit edilmiştir.

**Bu analizler İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik Ek-1'de belirtildiği gibi 'Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok' kuralına göre duyuşal olarak yapılmıştır.

***Ölçüm aralığı altında

Alınan örnekler fizikokimyasal ve mikrobiyolojik yönden incelenmiş ve arıtma öncesi ve sonrasında analiz sonuçları incelendiğinde arıtım öncesi ile arıtım sonrası değerler arasında farklılıklar görülmüştür.

Arıtma öncesi içme ve kullanma suları fizikokimyasal yönden incelendiğinde pH değerleri 7.58-8.26 arasında belirlenmiştir. Su içindeki toplam çözünmüş tuz veya çözünebilir tuz miktarını ifade eden EC değerleri 325-420 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında okunmuştur. Azot döngüsünün bir parçası olan nitrat değerleri 0.25-1.15 mg/L arasında belirlenmiştir. Nitrat ile kıyaslandığında daha fazla toksik olan nitrit değerleri çalışmada 0.004-0.018 mg/L arasında ölçülmüştür. Florür değerleri 0.05-0.58 mg/L arasında tespit edilmiştir. Amonyum değeri hakkında fikir vermesi için incelenen amonyak değerleri 0.08-0.33 mg/L arasında belirlenmiştir. Bor değerleri cihaz ölçümü değeri altında en düşük değer olarak görülürken en fazla 0.5 mg/L olarak saptanmıştır. Ağır metallerden olan arsenik bütün su örneklerinde 10 $\mu\text{g}/\text{L}$ 'nin altında tespit edilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen bulgular incelendiğinde bütün numunelerde fizikokimyasal parametrelerde uygunsuzluk görülmemiştir. Elde edilen bulgular İTASHY, TS 266 ve WHO (2011) standartlarına göre uygun değerlere sahiptir. Örneklerde renk, koku ve tat parametreleri duyuşal olarak incelenmiş ve olumsuz bir durum görülmemiştir. Araştırma sonucunda elde edilen mikrobiyolojik bulgulara bazı depolarda kirlilik tespit edilmiştir. Ö1 olarak adlandırılan musluk suyunda koliform, Ö3'te *E.coli*, Ö5'te *E.coli* ve koliform, Ö6 ve Ö7'de *E.coli* ve koliform tespit edilmiştir. 22 °C'de koloni sayısı bütün örneklerde uygundur.

Arıtım sonrası içme ve kullanma suları fizikokimyasal yönden incelendiğinde pH değerleri 6.08-7.60 arasında değışkenlik göstermektedir. Su içindeki toplam çözünmüş tuz veya çözünebilir tuz miktarını ifade eden EC değerleri 20.5-70.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında saptanmıştır. Azot döngüsünün bir parçası olan nitrat değerleri 0.25-0.5 mg/L olarak belirlenmiştir. Nitrat ile kıyaslandığında daha fazla zehirleyici olan nitrit değerleri çalışmada 0.003-0.005 mg/L arasında ölçülmüştür. Florür değerleri en düşük cihaz ölçüm aralığı altında ve en yüksek 0.15 mg/L arasında belirlenmiştir. Amonyum değeri hakkında fikir vermesi için incelenen Amonyak değerleri 0.00-0.24 mg/L arasında ölçülmüştür. Bor değerleri cihaz ölçümü değeri altında en düşük değer olarak görülürken en fazla 0.3 mg/L olarak saptanmıştır. Ağır metallerden olan arsenik bütün su örneklerinde 10 $\mu\text{g}/\text{L}$ 'nin altında tespit edilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen bulgular fizikokimyasal parametreler açısından incelendiğinde S7 olarak adlandırılan su

örneğin pH değeri 6.08 ile İTASHY, TS 266 ve WHO (2011) standartlarına göre uygun değildir. Diğer elde edilen bulgular İTASHY, TS 266 ve WHO (2011) standartlarına göre uygun değerlere sahiptir. Örneklerde renk, koku ve tat parametreleri duyuşsal olarak incelenmiş ve olumsuz bir durum görölmemiştir. Bütün su örneklerinin mikrobiyolojik parametreler açısından uygun olduğu görölmüştür. Ev tipi su arıtım cihazının kirliliğin giderilmesinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Dayıoğlu ve ark. (2004), Kütahya merkezde yapmış oldukları çalışma için şehir içme sularından 6 farklı mahalleden her ay olmak üzere bir sene boyunca su örnekleri toplamışlar ve sonuçların WHO, EPA ve TSE içme suyu standartlarına göre uygun bulmuşlardır.

Avcı ve ark. (2006), yapmış olduğu çalışmada 2005 yılında Tokat Halk Sağlığı Laboratuvarı'na analiz için gönderilen 2495 adet içme suyu örneğini aylara göre kategorize edip mikrobiyolojik yönden incelemişler ve su örneklerinin 119'unda *E. coli* (fekal koliform), 223'ünde total koliform bakteri patojen etken olarak tespit etmişlerdir.

Prasai ve ark. (2007), Nepal'in Katmandu şehrinde yapmış oldukları çalışmada İçme suyu örneklerinin %82.6 ve %92.4'ünün toplam plaka ve koliform sayısı yönünden WHO içme suyu kılavuz değerini geçtiğini ortaya koymuşlardır.

Chaidez ve ark. (2008), Meksika'da çeşitli şehirlerde 100 hanenin musluk sularını fizikokimyasal ve mikrobiyolojik parametreler açısından inceledikleri çalışmada örneklerin %3'ünde *E. coli*, %28'inde fekal koliform, %46'sında toplam koliform tespit etmişlerdir.

Alemdar ve ark. (2009), Bitlis ili merkez ve bazı ilçelerinde depo ve musluk sularından toplamda 164 içme suyunun fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini belirlemişlerdir. Araştırma sonucunda suların fizikokimyasal parametrelerini standartlara uygun bulmuşlardır. Örneklerin %8'inde *E. coli*, %12'sinde koliform mikroorganizma tespit etmişlerdir.

Coşkun ve ark. (2012), Çanakkale'de 40 adet musluk suyu toplayarak yapmış oldukları çalışmada *E.coli* ve koliform bakteri tespit etmişlerdir.

Yıldız (2016), Giresun ilinde Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül aylarında depo ve musluk sularından topladığı numunelerin analiz sonucunda bazı aylarda toplam koliform, *E. coli* tespit etmişlerdir.

Boyraz (2017), Konya ili Meram ilçesinde yaptığı çalışmada 1 Nisan ile 1 Haziran 2016 tarihleri arasında %8.3'ünde ev tipi su arıtma cihazı kullanılan 810 haneye ulaşarak insanların içme suyu tercihlerini araştırdığı çalışmada arıtım öncesi bakteri görülmeyen bir su örneğinde arıtım sonrasında koliform bakteri tespit etmiştir.

Çavdar (2018), çalışmasında Sakarya Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde 40 farklı içme ve kullanma suyu ve musluk/duş başlıklarından numuneler toplayarak mikrobiyolojik açıdan inceledikleri sularda mikrobiyal kirlilik tespit etmişlerdir.



6. SONUÇ

Su insanın yaşamı boyunca sürekli ihtiyaç duyduğu temel besin maddesidir. Sürdürülebilir ve etkin bir su yönetimi, insan sağlığının ve çevrenin korunmasını, su kaynaklarının korunmasını ve güvenli su temini sağlayan su kalitesinin ve miktarının dikkate alınmasını gerektirir. Bütün dünyada insanlar kaliteli suya ulaşmak için çeşitli yöntem ve teknikler uygulayarak gerekli olan standartlara uygun içme suyunu temin etmeye çalışmıştır. İçme ve kullanma sularının çeşitli hava ve iklim şartlarından etkilenmesi ve değerlerinin mevsimsel değişiklik göstermesi çeşitli içme suyu alternatiflerini ortaya çıkarmıştır. İçme suyu kalitesi bütün insanlar için ihtiyaç olup kaliteyi etkileyen birçok etken bulunmaktadır.

Bu çalışmada Niksar ilçe depo suları, pet şişe ve polikarbonat 19 L dönüşümlü damacana içme suları ve depo sularının ulaştığı hanelerde bulunan arıtma cihazı öncesi ve sonrası alınan içme ve kullanma sularından alınan örnekler incelenmiştir. Ambalajlı pet şişe ve 19 L polikarbonat dönüşümlü damacana sularının fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin ülkemizde dikkate alınan yönetmeliğe (İTASHY) uygun olduğu görülmüştür. İlçe merkez içme ve kullanma sularının depolarından alınan su numunelerinin fizikokimyasal özelliklerinin İTASHY, TS266 ve WHO (2011)'ya göre uygun olduğu görülmüştür. Mikrobiyolojik analiz sonuçlarında 2 depo örneğinde *E. coli* ve koliform kaynaklı (İTASHY) standart değerlerine göre uygunsuzluk tespit edilmiştir. Hanelerde bulunan arıtma cihazı öncesi ve sonrası su örneklerinin fizikokimyasal özelliklerinde farklılıklar gözlenmiştir. Hanelerde bulunan arıtma cihazı öncesi ve sonrası musluk içme ve kullanma sularının fizikokimyasal analiz sonuçlarında arıtma sonrası bir örneğin pH değerinde standartlara göre uygunsuzluk tespit edilmiştir. Arıtma öncesi sularda standartlara göre *E. coli* ve koliform kirliliği tespit edilen sularda arıtma sonrası kirlilik tespit edilmemiştir.

Ev tipi su arıtım cihazlarından alınan örneklerin fizikokimyasal değerlerinde arıtım öncesi ve sonrası farklılıklar dikkat çekmektedir. Mikrobiyal açıdan arıtım cihazlarının faydalı olduğu sonucuna varılmakla birlikte fiziksel ve kimyasal parametreleri önemli derecede değiştirdiği saptanmıştır.

Depolarda kirlilik görülen suların ulaştığı evlerde kirlilik görülmemesi sebebiyle kirliliğin yağış kaynaklı ya da anlık yetersiz klorlamadan kaynaklı olduğu sonucuna varılmıştır. Depolarda tespit edilen kirliliğin yetersiz klorlama veya yağış sonrası yağmur sularının taşıdığı geçici kirlilik olduğu düşünülmektedir. Kirlilik görülmeyen fakat hanede kirlilik tespit edilen sularda ise kirliliğin isale hattındaki sistemin eski olması ve hat boyunca kullanılan boruların zamanla zarar görmüş olması gibi sebeplerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Şehirde boruların eski olmasından kaynaklı çok fazla su sızıntısı ve patlağı meydana gelmektedir. Bu patlak ve sızıntılar fazlasıyla maddi zarara sebep olmasının yanında klorlamanın yetersiz kalmasına da sebebiyet vermektedir. Şebeke sularında isale hattı borularındaki sorunları gidermek ve gerekli önlemleri almak için ilçede 2021 yılında yapımına başlanan Entegre Su projesi halen devam etmektedir. Proje aşamasında su kesintileri yaşanmakta bölgesel olarak boru yenileme çalışmaları devam etmektedir. Projenin yapım aşaması tamamlandıktan sonra ilçedeki bütün borular yenilenerek su kayıpları önlenecek ve hattan kaynaklı bulaşmalar önlenmiş olacaktır.

7. KAYNAKLAR

- Acehan, G., 2007. İçme Sularının Mikrobiyolojik Kirlenme Potansiyelinin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Anonim, 2004. Doğal Mineralli Sular Hakkında Yönetmelik, Sağlık Bakanlığı. Resmî Gazete Tarihi: 01.12.2004 Resmî Gazete Sayısı: 25657.
- Anonim, 2005. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, Sağlık Bakanlığı. Resmi Gazete Tarihi: 17.02.2005, Resmî Gazete Sayısı: 25730.
- Anonim, 2007. WHO. Ph in Drinking-Water. World Health Organization. Geneva.
- Anonim, 2008. WHO. Guidelines for Drinking-Water Quality. Third Edition Incorporating The First And Second Addenda, Geneva.
- Anonim, 2011. WHO. Guidelines for Drinking-Water Quality. Incorporating First Addendum, Vol. 1, Recommendations, 3rd Ed.
- Anonim, 2013. Çevre Kimyası Laboratuvarı Dersi-II.Dönem. Erciyes Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü.
- Anonim, 2018. Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği, Özel İhtisas Komisyonu Raporu, T.C. Kalkınma Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, 2019. WHO. 1 in 3 People Globally Do Not Have Access to Safe Drinking Water.
- Anonim, 2022a. Suyun Molekül Yapısı. <https://www.mustafaaltinisik.org.uk>. [Ziyaret Tarihi: 7 Nisan 2022].
- Anonim, 2022b. [www.gidahareketi.org /su/ambalajli_sular_raporu.pdf](http://www.gidahareketi.org/su/ambalajli_sular_raporu.pdf). [Ziyaret Tarihi: 17 Mayıs 2022].
- Anonim, 2022c. SUDER - Türkiye'deki Ambalajlı Su Üreticileri Derneği. [Ziyaret Tarihi: 2 Haziran 2022].
- Anonim, 2022d. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-ve-Atiksu-Istatistikleri-2020-37197>. [Ziyaret Tarihi: 21 Nisan 2022].
- Anonim, 2022e. <https://www.suaritmaservis.com/su-aritma-cihaz-nasil-calisir>. [Ziyaret Tarihi: 25 Mayıs 2022].
- Anonim, 2022f. Pestisit Kirliliği. <https://acikders.ankara.edu.tr> . [Ziyaret Tarihi: 24 Mayıs 2022].
- Anonim, 2022g. Sağlık Bakanlığınca Kontrol Edilmesi İstenilen Bakteriler. <https://www.havuz.info.tr/>. [Ziyaret Tarihi: 28 Mayıs 2022].
- Anonim, 2022h. Niksar. <http://www.tokat.gov.tr/niksar> . [Ziyaret Tarihi: 28 Haziran 2022].
- Anonim, 2022i. Niksar Haritası. <https://earth.google.com/web/search>. [Ziyaret Tarihi: 29 Haziran 2022].
- Anonim, 2022j. TSE. <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/StandardAra.aspx>. [Ziyaret Tarihi: 10 Mayıs 2022].
- Anonim, 2022k. Hach Lange. Spektrofotometreler. Su Analizi. Metotlar. <https://tr.hach.com>. [Ziyaret Tarihi: 18 Mayıs 2022].
- Anonim, 2022l. Toplam Organik Karbon. <https://tr.hach.com/parameters/toc>. [Ziyaret Tarihi: 5 Mayıs 2022].
- Alemdar, S., Kahraman, T., Ağaoğlu, S. ve Alisharlı, M., 2009. Bitlis İli İçme Sularının Bazı Mikrobiyolojik ve Fizikokimyasal Özellikleri. Ekoloji (19, 73), 29-38.
- Atasoy, A. D., 2019. Yeraltı Sularında Pestisit Kirliliğinin Pestisit Özellikleri ve Kullanım Miktarları Bakımından İrdelenmesi. Ziraat Mühendisliği, (368), 46-52.
- Avcı, S., Bakıcı, M. Z. ve Erandaç, M., 2006. Tokat İlindeki İçme Sularının Koliform Bakteriler Yönünden Araştırılması. Cumhuriyet Üniversitesi. Tıp Fakültesi Dergisi. 28 (4): 107-112.

- Boyras, Y. K., 2017. Meram İlçesinde Ev Tipi Su Arıtma Cihazlarının İçme Suyu Kalitesine Etkisi. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Merak Tıp Fakültesi, Halk Sağlığı Anabilim Dalı. Uzmanlık Tezi, Konya.
- Cabral, J. P., 2010. Water Microbiology. Bacterial Pathogens and Water. International Journal of Environmental Research and Public Health, 7(10), 3657-3703.
- Chaidez, C., Soto, M., Martinez, C., Keswick, B., 2008. Drinking Water Microbiological Survey of the Northwestern State of Sinaloa, Mexico. Journal of Water and Health, 6(1), 125-129.
- Coskun, M., Cayir, A., Kovanci, A., 2012. Quality of Drinking Water of Canakkale Province, Turkey. IJFS Journal of Biology, 71(1), 7-15.
- Çalık, O., 2005. Diyarbakır Kent Merkezindeki İçme Suyu Şebekesi ile Konut Su Depolarının Fiziki Özelliklerinin Bakteriyolojik Kirlilik Üzerine Etkileri. Uzmanlık Tezi. Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Diyarbakır.
- Çalışkan Bilici, M. ve Pala, A., 2009. İçme Sularında Arsenik Kirliliği: Ülkemiz Açısından Bir Değerlendirme. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15(1), 69-79.
- Çavdar, G., 2018. Hastane İçme ve Kullanma Sularının Mikrobiyolojik Analizi; Sakarya. Sakarya Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.
- Çullu, M. A., 2011. Toprak Tuzlulaşması. GAP Eylem Planı, T.C. Kalkınma Bakanlığı, Güneydoğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, Şanlıurfa.
- Dayıoğlu, H., Özyurt M. S., Bingöl N. ve Yıldız, C., 2004. Kütahya İli İçme Sularının Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Bakteriyolojik Özellikleri. Dumlupınar Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7: 71-90.
- Demir, K., 2019. İstanbul'da Satılan İçme Sularının Kalitesinin Bazı İyonların Analizi Yoluyla Değerlendirilmesi. Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Analitik Kimya Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Demirci, A. Ş., Gümü, T. ve Demirci, M., 2007. Damacana Suların Mikrobiyolojik Kalitesi Üzerine Pompa Temizliğinin Etkisi. Namık Kemal Üniversitesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi. 4(3), 271-275.
- Filiz, E., 2007. Doğal Kaynaklardan Elde Edilen Adsorbanlarla Sulardan Ağır Metal Giderimi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Gezer, A., 2017. Ev Tipi Su Arıtma Sistemlerinin Kullanımı ve Halkın Temiz Su Algısının Belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Antalya.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1994. Su Kirliliği Birinci Baskı T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayın No:12, Ankara, 40 s.
- Güler, Ç., 1997. Su Kalitesi. Sağlık Bakanlığı, Ankara, 91s.
- Hakyemez, C., 2019. Su: Yeni Elmas. Türkiye Sınai Kalkınma Bankası, Ekonomik Araştırmalar.
- Halkman, A. K. ve Şen, A., 2006. Çiğ Sütte *Pseudomonas aeruginosa* Sayılması için Yöntem Modifikasyonları Üzerine Çalışmalar. Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi. Cilt:04(2):2-13.
- Halkman, A. K., 2019. GDM310 Gıda Mikrobiyolojisi II Ders Notları. Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü.
- Kankur, F., 2016. İstanbul Anadolu Yakasında İçme-Kullanma Sularından Membran Filtrasyon Yöntemi ile İzole Edilen *Escherichia coli* Suşlarında O157 Varlığının Araştırılması. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa.

- Karakaş, N., Kıvanç, M., Güven, K. ve Yılmaz, N., 2003. Eskişehir Damacana İçme Sularının Koliformlar Yönünden İncelenmesi ve Bu Bakterilerin İçme Suyunda Yaşam Kabiliyetlerinin Araştırılması. Anadolu Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Eskişehir. 28(1):95-99.
- Karakuş, E., 2014. Bireylerin Su Tüketimi Tercihlerine Etki Eden Faktörler: Edirne İli Örneği. Trakya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Edirne.
- Kılıç, S., 2008. Küresel İklim Değişikliği Sürecinde Su Yönetimi. İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi, (39), 161-186.
- Koçer, Y., 2021. Şanlıurfa Bölgesinde Tüketilen Ambalajlı Suların Kalitesinin Araştırılması. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa.
- Köksal, F. ve Samastı, M., 2007. İstanbul'da Polikarbonat Damacanalarda Satılan İçme Sularının Bakteriyolojik İncelenmesi . Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi. 37 (4) : 221-224.
- Nabeela, F., Azizullah, A., Bibi, R., Uzma, S., Murad, W., Shakir, S. K., Ullah, W., Qasim, M., Häder, D. P., 2014. Microbial Contamination of Drinking Water in Pakistan—a Review. Environmental Science and Pollution Research, 21(24), 13929-13942.
- Nag, S. K., Das, S., 2014. Quality Assessment of Groundwater with Special Emphasis on Irrigation and Domestic Suitability in Suri I & II Blocks, Birbhum District, West Bengal. India Am J Water Resour, 2(4), 81-98.
- Oğuz, T. C. 2015. İçme Suyu Arıtımında Yaygın Olarak Karşılaşılan Su Kalite Problemleri ve Arıtımı için Çözüm Önerileri. Uzmanlık Tezi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara, (s 93).
- Oymak, O. F., 2011. Aydın İlinde Tüketilen Şişelenmiş Suların Mikrobiyolojik Kalitesi Üzerine Bir Çalışma. Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni Anabilim Dalı VCR-YI-2010-2011. Yüksek Lisans Tezi, Aydın.
- Ögenler, O. ve Okuyaz, S., 2017. Türkiye’de Suyun Durumu Hakkında Kısa Bir Değerlendirme. Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi, Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi, 7(3): 178- 186.
- Özsoy, S., 2009. Su ve Yaşam: Suyun Toplumsal Önemi. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Pant, N. D., Poudyal, N., Bhattacharya, S. K., 2016. Bacteriological Quality of Bottled Drinking Water Versus Municipal Tap Water in Dharan Municipality, Nepal. Journal of Health, Population and Nutrition, 35(1): 1-6.
- Prasai, T., Lekhak, B., Joshi, D. R., Baral, M. P., 2007. Microbiological Analysis of Drinking Water of Kathmandu Valley. Scientific World, 5(5), 112-114.
- Prüss-Ustün A., Wolf J., Bartram J., Clasen T., Cumming O., Freeman M.C., Gordon B., Hunter P.R., Medlicott K., Johnston, R., 2019. Burden of Disease from Inadequate Water, Sanitation and Hygiene for Selected Adverse Health Outcomes: an Updated Analysis with a Focus on Low- and Middle-Income Countries. Int J Hyg Environ Health 222(5):765–777.
- Rahman, M. A., Kumar, S., Mohana, A. A., Islam, R., Hashem, M. A., Chuanxiu, L., 2019. Coliform Bacteria and Trace Metals in Drinking Water, Southwest Bangladesh: Multivariate and Human Health Risk Assessment. International Journal of Environmental Research, 13(2), 395-408.
- Raju, N. S., Roopavathi, C., Kini, K. R., Niranjana, S. R., 2011. Assessment of Coliform Contamination in Drinking Water from Source to Point of Use in Mysore City of Karnataka, India.

- Semerjian, L., Ibrahim, M. M., Alkhateri, B. M., 2020. A Comparative Study of Microbial Contamination Between Public Institutional and Private Residential Bottled Water Dispensers. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(4), 1-6.
- Shams, M., Qasemi, M., Afsharnia, M., Mohammadzadeh, A., Zarei, A., 2019. Chemical and Microbial Quality of Bottled Drinking Water in Gonabad City, Iran: Effect of Time and Storage Conditions on Microbial Quality of Bottled Waters. *MethodsX*, 6, 273-277.
- Spellman, F. R., 2003. *Handbook of Water and Waste Water Treatment Plant Operations*. Lewis Publishers, U.S., 653s.
- Şahin, N. İ., 2010. Binalarda Su Korunumu. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Tekbaş, Ö. F. ve Oğur, R., 2009. Evsel Su Arıtma Cihazlarına Dikkat. *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 8(2):i-ii.
- Tosun, M., 2005. İçme ve Maden Suyu Sektör Araştırması, Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş., Ankara, 64s.
- Urgan, E., 2020. Bitlis İli ve Çevresindeki Kaynak Sularının Bazı Mikrobiyolojik ve Fizikokimyasal Özelliklerinin Araştırılması. Bitlis Eren Üniversitesi ve Fırat Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Bitlis.
- Varer, Kutanis , V., 2010. Trabzon Bölgesinde Satışa Sunulan Ambalajlı Suların Mikrobiyolojik Analizi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Yıldız, N. E., 2016. Giresun İçme Suları Bakteriyolojik Kalitesinin Belirlenmesi. Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Giresun.
- Yılmaz, M., Bolu, F., Mayda, A. S., ve Poyraz, B. 2017. Düzce'de Satılan Şişe Suları ile Musluk Sularının Ağır Metal Düzeylerinin İncelenmesi. *Konuralp Medical Journal/ Konuralp Tıp Dergisi*, 9(1):24-29.
- Wang, D., Wu, J., Wang, Y., Ji, Y., 2019. Finding High-Quality Groundwater Resources to Reduce the Hydatidosis Incidence in the Shiqu County of Sichuan Province, China: Analysis, Assessment, and Management. *Exposure and Health*, 1-16.

8. ÖZGEÇMİŞ

