



T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**TRABZON İLİ AKÇAABAT İLÇESİNDEKİ GIDA ÜRETİM İŞLETMELERİNDE
KULLANILAN SULARIN MİKROBİYOLOJİK VE FİZİKOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Dinçer İSMAİLÇEBİOĞLU

**AĞUSTOS 2021
GÜMÜŞHANE**

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TRABZON İLİ AKÇAABAT İLÇESİNDEKİ GIDA ÜRETİM İŞLETMELERİNDE
KULLANILAN SULARIN MİKROBİYOLOJİK VE FİZİKOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Dinçer İSMAİLÇEBİOĞLU

Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
“Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı”
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 13.07.2021

Tezin Sözlü Savunma Tarihi: 23.08.2021

AĞUSTOS 2021

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında tezin yazımına ait kurallara uygun olarak hazırladığım **“Trabzon İli Akçaabat İlçesindeki Gıda Üretim İşletmelerinde Kullanılan Suların Mikrobiyolojik ve Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi”** isimli yüksek lisans tezi çalışmasında; söz konusu tüm bilgi ve belgeleri genel akademik kurallara göre elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

13/07/2021

Dinçer İSMAİLÇEBİOĞLU

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

TRABZON İLİ AKÇAABAT İLÇESİNDEKİ GIDA ÜRETİM İŞLETMELERİNDE
KULLANILAN SULARIN MİKROBİYOLOJİK VE FİZİKOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Dinçer İSMAİLÇEBİOĞLU

Gümüşhane Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali GÜNDOĞDU

2021, 73 sayfa

Su tüm canlılar için en temel ihtiyaç kaynağıdır. Vücuda alınan gıda maddelerinin sindirilmesinde, sindirim ürünlerinin taşınmasında ve oluşan atıkların vücuttan uzaklaştırılmasında suya mutlak ihtiyaç duyulur. Suyun faydalı bir şekilde kullanılabilmesi için içerisinde fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik yönden zararlı maddeleri bulundurmaması gerekir.

Bu tezde, Trabzon ili Akçaabat ilçesindeki gıda üretimi yapan bazı işletmelerde kullanılan suların mikrobiyolojik ve fizikokimyasal kalite özellikleri uygun yöntemlerle belirlenerek elde edilen sonuçlar hem birbirleriyle hem de insani tüketim amaçlı sular için belirlenmiş sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. 2021 yılı Mayıs ve Haziran aylarında iki kez örnekleme yapılan sulardan elde edilen sonuçlar incelendiğinde, hazıranda alınan örneklerin içeriklerinin mayısta alınan örneklere göre genelde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak her iki dönemde de alınan örneklerin içerikleri mevzuatta bildirilen sınır değerleri hiçbir parametrede aşmamıştır. 15 farklı gıda işletmesinden alınan örnekler

kendi aralarında karşılaştırıldığında genelde örneklerin heterojen bir dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Özellikle 13 nolu örneğin muhtemelen kaynak suyu olması nedeniyle bazı içeriklerinin diğer örneklerle göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bazı parametreler açısından 1, 12 ve 14 nolu numuneler de yüksek değerlere sahiptir.

Bu çalışma ile, kimyasal ve mikrobiyolojik içerik açısından Trabzon ili Akçaabat ilçesinde faaliyet gösteren bazı gıda işletmelerinde kullanılan suların kalitesi ortaya konulmuş olup içme ve kullanma açısından herhangi bir tehlikeli sonuç elde edilmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Akçaabat, Fizikokimyasal analiz, Gıda üretim işletmeleri, Mikrobiyolojik analiz, Su kalitesi



ABSTRACT
MS THESIS

**DETERMINATION OF CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PROPERTIES
OF WATER USED IN FOOD PRODUCTION FACILITIES IN AKÇAABAT,
TRABZON**

Dinçer İSMAİLÇEBİOĞLU

Gümüşhane University
Graduate Education Institute
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ali GÜNDOĞDU

2021, 73 pages

Water is the most basic need for all living species. Water is absolutely needed for digesting the food taken into the body, transporting the digestive products and removing the wastes from the body. In order for water to be used in a beneficial way, it should not contain harmful substances in terms of physical, chemical and microbiological aspects.

In this thesis, the microbiological and physicochemical quality characteristics of the waters used in some food production facilities in Trabzon province Akçaabat district were determined by appropriate methods and the results obtained were compared both with each other and with the limit values determined for water intended for human consumption. When the results obtained from the waters sampled twice in May and June 2021 are examined, it has been determined that the contents of the samples taken in June are generally higher than the samples taken in May. However, the contents of the samples taken in both periods did not exceed the limit values reported in the legislation in any of the parameters. When the samples taken from 15 different food facilities were compared

among themselves, it was determined that the samples generally showed a heterogeneous distribution. It was determined that some of the contents of sample 13 were higher than other samples, especially since it was probably spring water. In addition, samples 1, 12 and 14 have high values in terms of some parameters.

In this study, the quality of the water used in some food facilities operating in the Akçaabat district of Trabzon province was revealed in terms of chemical and microbiological content, and no dangerous results were obtained in terms of drinking and using.

Keywords: Akçaabat, Food production facilities, Microbiological analysis, Physicochemical analysis, Water quality

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyip, karşılaştığım zorluklarda bana yardımcı olan sayın hocam Prof. Dr. Ali GÜNDOĞDU'ya katkılarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yine çalışmalarım sırasında özellikle laboratuvar da deneylerin uygulanması esnasında yardımlarını esirgemeyen ve verdiği değerli fikirlerle tezin olgunlaşmasına katkılar sunan değerli hocam Doç. Dr. Cemalettin BALTACI'ya, numune alımı sürecinde bana yardımcı olan çalışma arkadaşlarım Ömer Can YOMRALIOĞLU ile Sinan BOSTAN'a, laboratuvar çalışmalarım da katkısı olan Müşerref GÜNAY'a katkılarından dolayı çok teşekkür ederim.

Bir an olsun desteğini esirgemeyip arkamda duran, bana inanan, girdiğim hiçbir yolda beni yalnız bırakmayan ve her türlü zorluğa göğüs germeme yardımcı olan eşim Elif İSMAİLÇEBİOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Dinçer İSMAİLÇEBİOĞLU

Gümüşhane, 2021

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET.....	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	XIII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Fiziksel ve Kimyasal Parametreler	9
1.2.1. Sıcaklık	9
1.2.2. pH	10
1.2.3. Çözünmüş Oksijen.....	10
1.2.4. İletkenlik.....	11
1.2.5. Toplam Çözünmüş Katı (TDS, Total Dissolved Solids) ve Tuzluluk	12
1.2.6. Toplam Alkalinite, Karbonat ve Bikarbonat	12
1.2.7. Sülfat.....	14
1.2.8. Nitrit, Nitrat ve Amonyum	15
1.2.9. Sertlik.....	16
1.2.10. Klorür.....	17
1.2.11. Mineral, Eser Elementler ve Ağır Metaller	18
1.2.12. Su Mikrobiyolojisi	19
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	24
2.1. Numune Alma.....	24
2.2. Kullanılan Madde-Malzeme ve Cihazlar	25
2.3. Analiz.....	32
2.3.1. Mikrobiyolojik Analizler	32
2.3.2. Toplam Alkalinite, Karbonat ve Bikarbonat Tayinleri.....	32
2.3.3. Toplam Sertlik Tayinleri.....	35
2.3.4. Sülfat Analizleri.....	35

2.3.5.	Nitrit Analizleri.....	37
2.3.6.	Metal Analizleri	38
2.4.	Kalite Kontrol	39
2.4.1.	Ekleme/Geri Kazanma Testleri.....	39
2.4.2.	Sertifikalı Referans Madde Analizi	41
2.4.3.	Yük-Denge Hatası (YDH) Analizleri	42
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	46
3.1.	Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Sonuçlara Ait Bulgular.....	46
3.2.	Mineral, Eser Elementler ve Ağır Metallere Ait Bulgular	52
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	64
5.	KAYNAKLAR.....	66
6.	EKLER... ..	74
	ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Suyun molekül yapısı.....	1
Şekil 1.2. Toplam karbondioksit fraksiyonlarının pH ile ilişkisi	14
Şekil 2.1. (a) Klorür, amonyum ve nitrat ölçümlerinde kullanılan YSI Procomm II Instraction Manuel multiparametre ölçüm cihazı, (b) pH, çözünmüş O ₂ , iletkenlik, TDS ve tuzluluk ölçümlerinde kullanılan Hach-Lange HQD portatif multiparametre ölçüm cihazı.....	26
Şekil 2.2. (a) Analiz öncesi hazırlıklar, (b) Nitrit tayini için çizilen kalibrasyon grafikleri, (c) Alkalinite çalışması için kurulan deney düzeneği, (d) Nitrit analizinde hazırlanan standart çözeltiler	27
Şekil 2.3. Sülfat analizlerinin gerçekleştirildiği Hach Lange DR3900 model spektrofotometre	27
Şekil 2.4. Agilent Technology 4200 model MP-AES Cihazı.....	29
Şekil 2.5. SO ₄ ²⁻ tayinlerinde kullanılan kalibrasyon grafiği	37
Şekil 2.6. NO ₂ ⁻ tayinlerinde kullanılan kalibrasyon grafiği	39
Şekil 2.7. İncelenen suların MP-AES ile metal analizleri sonucunda elde edilen sonuçların doğruluk analizleri için ekleme/geri kazanma testlerinin uygulanması.....	41

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Su kalite standartlarının karşılaştırılması.....	5
Tablo 1.2. Suların sertlik değeri açısından sınıflandırılması.....	17
Tablo 1.3. Sularda rastlanan en yaygın patojenler ve sebep oldukları hastalıklar	21
Tablo 2.1. Trabzon ili Akçaabat ilçesinden toplanan su numuneleri ve alındığı işletmeler	25
Tablo 2.2. Hach Lange DR3900 model spektrofotometre cihazının performans özellikleri.....	28
Tablo 2.3. MP–AES cihazının çalışma şartları.....	30
Tablo 2.4. MP–AES cihazının analitik performans kriterleri.....	30
Tablo 2.5. Alkaliniteye katkıda bulunan temel iyon türlerinin titrasyon sarfiyatlarından hesaplanması.....	33
Tablo 2.6. Nitrit analizlerinde standart çözeltilerin hazırlanması.....	38
Tablo 2.7. MP-AES’de metal ölçümleri için doğruluk testi: CRM-TMDW-A Trace Metals in Drinking Water Solution A sertifikalı referans madde analizi.....	43
Tablo 2.8. Su numuneleri için YDH değerleri.....	45
Tablo 3.1. Su numunelerinin mikrobiyolojik içerikleri.....	46
Tablo 3.2. Birinci dönem su numunelerinin bazı su kalite parametreleri açısından içerikleri.....	48
Tablo 3.3. İkinci dönem su numunelerinin bazı su kalite parametreleri açısından içerikleri.....	49
Tablo 3.4. İncelenen su örneklerinin sertlik açısından durumları.....	51
Tablo 3.5. Birinci dönem su numunelerinin MP-AES ile belirlenen metal içerikleri.....	54
Tablo 3.6. İkinci dönem su numunelerinin MP-AES ile belirlenen metal içerikleri.....	55
Tablo 3.7. Birinci dönem su numunelerinin su kalite parametreleri arasında korelasyon analizi sonuçları.....	57
Tablo 3.8. Verilerin literatürle karşılaştırılması.....	63

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

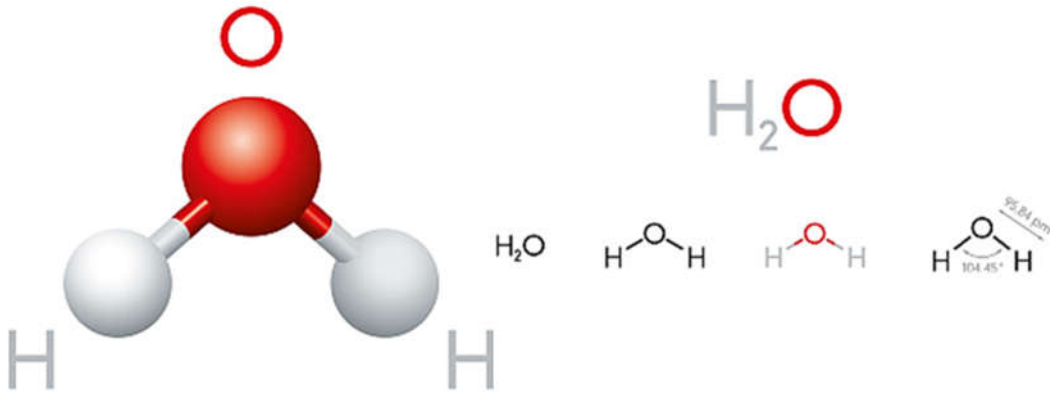
$\mu\text{g/L}$	: Mikrogram/Litre
mg/L	: Miligram/Litre
$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat Derece
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AKM	: Askıda Katı Maddeler
Al	: Alüminyum
APHA	: Amerikan Halk Sağlığı Derneęi
BaSO_4	: Baryum Sülfat
Ca	: Kalsiyum
CaCO_3	: Kalsiyum Karbonat
Cd	: Kadmiyum
cm	: santimetre
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
EDTA	: Etilen Diamin Tetra Asetik Asit
EPA	: Çevre Koruma Ajansı
Fe	: Demir
g	: gram
GDO	: Genetiği Değiştirilmiş Organizma
H_2SO_4	: Sülfirik Asit
HCl	: Hidroklorik Asit
H_2O	: Su
İTASHY	: İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik
K	: Potasyum
LOD	: Algılama Sınırı
LOQ	: Tayin Sınırı
Mg	: Magnezyum
mg	: Miligram
Mn	: Mangan
Na	: Sodyum
NaCl	: Sodyum Klorür
Ni	: Nikel
NTU	: Nephelometric Turbidity Unit
Pb	: Kurşun
pH	: Asitlik veya Bazlık Derecesini Gösteren Ölçü Birimi
PP	: Polipropilen
RSD	: Bağlı Standart Sapma
SRM	: Sertifikalı Referans Madde
TAMB	: Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri
TDS	: Toplam Çözünmüş Katı
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)
YDH	: Yük - Denge Hatası
Zn	: Çinko

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Dünyada ilk canlı oluşumundan bugüne kadar vazgeçilmez yaşam kaynaklarının en önemlisi su olmuştur. İnsan vücudunun %60–70'i sudur. İnsan gıda tüketmeden yalnızca su içerek yaklaşık 5–10 hafta hayatını sürdürebildiği halde, susuz ancak ortalama 4–10 gün dayanabilir. Vücuttaki suyun 2/3'ü hücre içerisinde bulunurken kalan kısmı ise dokular arasındaki sıvıda ve kanda bulunur. İnsan, vücudundaki sistemlerin işlevlerini yerine getirebilmesi için günde ortalama 1.5–2 L suya ihtiyaç duyar. En önemlisi de içilecek suyun hijyenik olması gerekir. Hijyenik olması demek, suyun insan sağlığına uygun olması anlamına gelmektedir. Su hijyeni sadece içme suları için değil kullanılacak sular için de gereklidir. Ülkelerin gelişmişlik değerlerinden biri de günlük olarak kişi başı tüketilen su miktarıdır. Bu miktarın geri kalmış ülkelerde kişi başına en az 20 L/gün olması istenmektedir. Türkiye’de ise ortalama kişi başı günlük su tüketimi 150 L/gündür. Gelişmiş ülkelere bakıldığında bu miktarın kişi başı 250–1000 L/gün’e kadar çıktığı görülmektedir (Dedeakayoğulları ve Emel Önal, 2009; Velicangil, 1980).

Su kokusuz, renksiz, saydam ve içerisinde çözünmüş maddeler bulunduran bir sıvıdır. Kimyasal yapısı incelendiğinde 2 mol hidrojen ve 1 mol oksijenden (H_2O) oluşur. Bunun anlamı bir su molekülünün bir oksijen ve iki hidrojen atomundan oluştuğudur (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Suyun molekül yapısı

Canlıların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmeleri için en önemli madde olan su, insan vücudunda da en fazla bulunan temel bileşendir. Yaşamsal döngünün gerçekleşmesinde suyun biyolojik dokularda aşağıda sıralanan bazı görevleri vardır:

- Su, tepkimelerin meydana gelebileceği sıvı ortam hazırlayarak enzim tepkimelerine katıldığı için iyonlaşma olaylarının oluşmasını sağlar. Bu özelliklerinden ötürü su besinleri vücuda alma, sindirme, besin öğelerini hücrelere taşıma ve hücrelerde kullanma gibi hayati görevler üstlenir.
- Metabolizma sonucu oluşan artık öğelerin akciğerlere ve böbreklere taşınarak vücuttan atılmasını sağlar.
- Su vücut ısının denetimini sağlayarak, oluşan ısının terle dışarı atılmasını sağlar. Bu şekilde de vücut sıcaklığının normal derecede tutulması sağlanır.

İçme ve kullanma suları genel olarak içme, yemek yapma, temizlik, sanitasyon ve gıda maddelerinin hazırlanması aşamasında (gıda maddesi ile doğrudan temas ederek) vb. amaçlar için kullanılan sulardır.

Kullanılan alana ve amaca göre her suda olması gereken bazı standart ve özellikler vardır. Örnek verilecek olursa, içme ve içecek olarak kullanılan sular, fabrikaların atıklarını bıraktığı sular, santrallerde soğutma suyu olarak kullanılan sular, tarımda ve balık havuzlarında kullanılan sular olarak sıralanabilir. Bununla birlikte, konutlarda içme suyu dışında temizlik amacıyla kullanılan suların da bazı özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bu sular mikrop, kirli ve fazla sert olmamalıdır.

İçilebilir nitelikte olan bir suyun özellikleri şunlardır (Meb, 2010):

- Bulanık olmamalı
- Berrak, renksiz, kokusuz ve tortusuz olmalı
- Kendine has bir tadı bulunmalı
- Zararlı kimyasal maddeleri içermemeli
- Hastalık yapıcı mikroorganizmalardan arındırılmış olmalı.

Dünyanın %71'i sularla kaplı olmasına rağmen suların yalnızca %3'ü kullanılabilir sudur. Bu suyun da %75'i donmuş durumda olan kutuplarda veya kutuplara yakın yerlerde bulunmaktadır. Yeryüzünde insanların kullanmak amacıyla ulaşabileceği tatlı sular dünyadaki su miktarının sadece %0,5'i kadardır. Bu durum, insanlığın kullanabileceği su kaynaklarının ne kadar kısıtlı olduğunu çok net olarak göstermektedir. Bu bağlamda bahsedilen durumlar dikkate alındığında neden tatlı su

kaynaklarının korunması gerektiği, mevcut suların ise dikkatli ve kontrollü kullanılmasının önemi giderek çok daha fazla anlaşılabilecektir (Akkaya vd., 2006).

Birleşmiş Milletler'in yaptığı araştırmalarda, günümüzde yaklaşık olarak 2 milyar insanın ciddi anlamda su sorunu yaşadığını ortaya koymaktadır. Sağlıklı suya ulaşmak insanlık için temel bir hak olduğu halde, dünya nüfusunun %25'i sağlıklı içme suyuna halen ulaşamamaktadır. 2025 yılında dünya nüfusunun yaklaşık 8.3 milyar olacağı ve ortalama 2.3 milyar kişinin ciddi şekilde içme suyu sorunu yaşayacağı tahmin edilmektedir. Görüldüğü üzere su ve su kaynakları üzerindeki nüfus baskısı oldukça önemli etkiye sahiptir (Mozaffarian vd., 2016).

Yaşamsal döngünün sürdürülebilmesinin yanı sıra ülkelerin gelişmişlik düzeyi üzerinde çok önemli bir rol oynayan su, toplumların kendilerine yerleşim yeri seçmelerinde, sanayi ve ekonomik yönden gelişimlerinde de etkili olduğu tespit edilmiştir. Dünyada artan nüfus ile beraber su ve su kaynaklarına olan gereksinim giderek artarken çevre sorunları da beraberinde baş göstermiş, dolayısıyla su kaynakları azalmaya başlamıştır. Bütün bu parametreler suya gösterilen değerin daha önemli olduğunu vurgulamaktadır (Yılmaz ve Peker, 2013).

Su, kimyasal özelliklerinden ötürü iyi bir çözücü olduğundan birçok maddeyi de belli oranda çözer. Suda çözünmüş halde; iyonik bileşikler, hastalık yapan veya yapmayan organizmalar, çözünmemiş veya az çözünmüş, süspansiyon veya emülsiyon halde bazı organik maddeler, kil, toprak vb. maddeler bulunur. Bu maddelerin bir kısmı gözle bakarak incelenebilir, tat ve kokularıyla anlaşılabilirken bir kısmı da mikrobiyolojik ve kimyasal analizlerle tespit edilebilir (Çepel, 2003).

Su ve su kaynaklarının meydana gelen doğal tehlikelerden ziyade, insan faktörlü tehlikelerin baskısı altında olduğu söylenebilir. Suyun kirletilerek insanlara ve yeryüzündeki diğer canlılara zararlı halde ulaşması durumu su kirliliği olarak tanımlanır. Su kirliliği, insanların faaliyetleri neticesinde meydana gelebileceği gibi, canlıların faaliyetleri veya doğal olaylar neticesinde de olabilmektedir (Şahin, 2011; Keleş ve Hamamcı, 2005).

Su kirliliği, günümüzde sanayileşme ve nüfus artışına bağlı olarak tüketim ve enerji kaynaklarının bilinçsizce kullanımı sonucu ciddi boyutlara ulaşmıştır. Bu sorunları çözüme ulaştırmak adına bilimsel olarak çözümler üretmek için ilgili kurum ve kuruluşlarca da önemli çabalar gösterilmektedir (Akyürek, 2009; Meb, 2011).

Gıda işletmelerinde kullanılmakta olan suların mikrobiyolojik ve fiziksel yönden hijyenik olmaması, gıdalardaki mikrobiyel yükü arttırmakta ve böylece tüketici sağlığı ciddi tehlikelere maruz kalmaktadır (Anonymous, 2015).

Sularla bulaşan ve salgınlara neden olan hastalıkların ciddiyeti düşünülürse, suların mikrobiyolojik yönden temizliğinin önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Ayrıca mikrobiyolojik olarak hijyenik olmayan suyun gıda ile temas etmesi sonucu gıdada mevcut olan mikroorganizma yükü giderek artmaktadır. Bu bağlamda gıda, mikroorganizma yükünü elimine edebilecek veya kabul edilebilir limit değerlerin altına indirebilecek bir işleme tabi tutulmuyorsa, hastalıkların ve salgınlara görülmesi kaçınılmaz olacaktır (Anonymous, 2015; Cartwright, 1995; Patrick vd., 2013).

Bahsedilen bu olumsuz etkenler düşünüldüğünde su kirliliğini önlemek için bazı tedbirler elbette alınabilir. Örneğin, okullarda su ile ilgili uygulamalı eğitimlere ağırlık verilerek dengeli ve sağlıklı bir ekosistemin sürdürülebilirliği sağlanabilir. Su ile ilgili politikalar doğayı ve su kaynaklarını koruma amaçlı oluşturulmalıdır (Çiçek, 2009).

Türkiye’de insani tüketim amaçlı suların hijyenik ve teknik şartlara uygunluğunu sağlamak amacıyla suların kalite standartlarının sağlanması, kaynak suları ve içme sularının istihali, ambalajlanması, etiketlenmesi, satışı, denetlenmesi ile ilgili usul ve esasların düzenlenmesi amacıyla 2005 yılında İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik hazırlanmıştır. Bu yönetmelik ile içme suyu standartları belirlenmiştir. Bu standartlar hem DSÖ (Dünya Sağlık Örgütü, WHO), hem de EPA’nın (Çevre Koruma Ajansı) içme suyu standartlarına uygun olup Avrupa Birliği mevzuatına uyumlu olarak hazırlanmıştır (WHO, 2004b).

“İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik”te kimyasal, mikrobiyolojik gösterge ve radyoaktivite parametreleri ile sınır değerleri belirlenmiştir. Türkiye’de ve dünyada kullanılan içme suyu standartlarının fiziksel ve kimyasal parametreler açısından karşılaştırılması Tablo 1.1’de gösterilmiştir (Geter, 2019).

Su gıda işletmelerinde ısıtma, yıkama, durulama, haşlama, ısıtma, pastörizasyon, dondurma, soğutma, buhar üretimi gibi aşamalarda, ayrıca temizlik için ise sanitasyon ve dezenfeksiyon amaçlı kullanılmaktadır. Hangi amaçla kullanılıyorsa suyun o amaca uygun niteliklerde olması gerekir. Ancak bir gıda fabrikasında hangi bölümde kullanılırsa kullanılsın suyun minimum özellikleri bulunmalıdır. Örneklendirilecek olursak, suyun olabildiğince yumuşak olması, renk ve koku içermemesi, berrak ve herhangi bir patojen

mikroorganizma taşımaması bu minimum ortak özelliklerinden bazılarıdır (Önal ve Ötleş, 2015).

Tablo 1.1. Su kalite standartlarının karşılaştırılması

Parametre	Birim	İ.T.A.S.H.Y (2005)	TS266 (2005)	WHO (1999)	EPA (2002)	AB (1998)
Bulanıklık	NTU	1	1	5	1	1
Bromat	µg/L	10	10	25	10	10
Alüminyum	mg/L	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Arsenik	mg/L	0.01	0.01	0.05	0.01	0.01
Baryum	mg/L	–	–	0.7	2	–
Kadmiyum	mg/L	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Krom (toplam)	mg/L	0.05	0.05	0.05	1	0.05
Florür	mg/L	1.5	1.5	1.5	2	1.5
Kurşun	mg/L	0.01	0.01	0.05	0.015	0.01
Cıva	mg/L	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001
Nitrat (NO ₃ ⁻)	mg/L	50	50	50	45	50
Selenyum	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.05	0.01
Gümüş	mg/L	–	–	–	0.1	–
Antimon	mg/L	0.005	0.005	0.005	0.006	0.005
Berilyum	mg/L	–	–	–	0.004	–
Klorür	mg/L	250	250	250	250	250
Renk	–	–	20	15	15	–
Bakır	mg/L	2	2	–	1	2
Demir	mg/L	0.2	0.2	–	0.3	0.2
Mangan	mg/L	0.05	0.05	0.5	0.05	0.05
pH	–	6.5–9.5	6.5–9.5	6.5–8.5	6.5–8.5	6.5–9.5
Sülfat	mg/L	250	250	250	250	250
Toplam Çözülmüş Madde	mg/L	–	–	1000	500	–
Çinko	mg/L	–	–	–	5	–
Kalsiyum	mg/L	–	–	–	–	–
Sertlik (CaCO ₃)	mg/L	–	500	–	–	–
Magnezyum	mg/L	–	–	–	–	–
Potasyum	mg/L	–	–	–	–	–
Sodyum	mg/L	200	200	200	–	200
Amonyum	mg/L	0.5	0.5	1.5	–	0.5

İ.T.A.S.H.Y: İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik

TS : Türk Standartları

WHO : World Health Organization, Dünya Sağlık Örgütü

EPA : Environmental Protection Agency

AB : Avrupa Birliği

Gıda üretim işletmelerinde farklı proseslerde farklı amaçlarla kullanılan su, bir seri işlemler sonunda hazırlanır. Bu işlemler; suyun yumuşatılması, filtre edilmesi, klorlanması, aşırı klorun giderilmesi, bazı durumlarda ise demir ve mangan elementlerinin giderilmesi gibi çeşitli işlemleri içerir. Günümüzde gıda sektöründe suyun yeniden kullanımı da önemli bir konu haline gelmiştir. Proses suyu gıda endüstrisinde birçok amaçla kullanılır. Proses suyunun gıda endüstrisinde kullanımına örnek verilecek olursa; bir katkı maddesi şeklinde, üretim faaliyetinin bir parçası olarak ya da bir gıda ürününe doğrudan veya dolaylı olarak teması verilebilir (Önal ve Ötleş, 2015).

Bu tezin amacı; Trabzon ili Akçaabat ilçesindeki Tarım ve Orman Bakanlığı'na kayıtlı gıda üretimi yapan bazı işletmelerde, üretim hattında kullanılan ve işletmede içilen suların mikrobiyolojik ve fizikokimyasal içeriklerini belirlemek ve kalite açısından karşılaştırmasını yapmaktır. Çalışma sonucunda, Trabzon ili Akçaabat ilçesindeki farklı işletmelerden alınan suların mikrobiyolojik ve fizikokimyasal içerikleri hem kendi aralarında hem de ilgili mevzuatlarda bildirilen sınır değerlerle karşılaştırılması yapılarak kalitelerinin ortaya konulması ayrıca hedeflenmiştir. İlaveten, elde edilen sonuçlar literatürde bu tür yapılan çalışmalarla da karşılaştırılmıştır.

Gıdalarda yapılan fizikokimyasal ve mikrobiyolojik ölçümlerin temel amacı, ölçüm sonucuna dayanarak gıdalar hakkında bir takım kararlar verebilmektedir. Bu kararları verirken bir ürünün belli standartlara ve belli kalite kriterlerine uygunluğu, üretim prosesinin kontrolü, kanuni kararlar için kriterleri, ürünlerin ticari olarak değerlendirilmesi, sınıflandırılması gibi unsurlar dikkate alınır. Kimyasal ölçümün sonucu güvenilir, doğru, tekrarlanabilir, belirlenen amaca uygun kalitede, ulusal ve uluslararası boyutta karşılaştırılabilir olmalıdır.

Literatüre bakıldığında, akademik çalışmalar açısından su üzerine pek çok çalışmanın olduğu görülmektedir. Trabzon ilinde su ile ilgili bazı çalışmalara rastlanılmasına rağmen özellikle gıda işletmelerinde kullanılan suların kalite içerikleri açısından herhangi bir çalışmaya rastlanılmamaktadır. Bölgenin su açısından zengin bir bölge olması bu çalışmayı daha da ilginç kılmaktadır. Zira, gıda üretiminin her aşamasında kullanılan su, kalite kriterleri açısından problemli ise bu durum son ürüne de negatif olarak yansıtacak ve bu ürünleri tüketen insanlarda da problemlere neden olacaktır. Akçaabat ilçesinde bugün üretimi yapılan, yöre ile özdeşleşmiş ve ülke çapında beğenilen Akçaabat köftesi, sarı kurabiye, un helvası gibi pek çok yöresel gıda ürünü üretimi yapılmaktadır. Bu ürünlerin

kalitesini, üretimleri esnasında kullanılan su direkt etkilemektedir. Bu açıdan kullanılan suların sürekli analizlerinin yapılması da oldukça önem arz etmektedir.

Gıda güvenliği, yenildiğinde tüketicilere zarar vermeyen, aksine yarar sağlayan sağlıklı, güvenilir ve kaliteli gıdaların üretimi ve korunması için alınan önlemler bütünüdür. Gıda kökenli hastalıkların insanlara vermiş olduğu zararlar, gıda güvenliği kavramını ülkelerin birinci derecede önemli konusu haline getirmiştir. Avrupa Birliği müktesebatının yarısından fazlasını gıda güvenliği ile ilgili düzenlemeler oluşturmaktadır. Giderek artan tüketici bilinci ve gelişen teknolojiler ile gıda güvenliğinin halk sağlığını koruyucu etkisinin yanı sıra üretici ve gıda endüstrisini de koruduğu vurgulanmaktadır (Chapman vd., 2010; Nazlı, 2017; Göktaş, 2019).

Türkiye’de 5996 sayılı “Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu”na göre “Gıda güvenliği, gıdalarda olabilecek fiziksel, kimyasal, biyolojik ve her türlü zararların bertaraf edilmesi için alınan tedbirler bütünü” olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2010). Gıda ve Tarım Örgütü ile Dünya Sağlık Örgütü’nün Kodeks Alimentarius uzmanlar komisyonu tarafından ise gıda güvenliği, sağlıklı ve kusursuz gıda üretimini sağlamak amacıyla gıdaların üretim, işleme, depolama ve dağıtımları sırasında gerekli normlara uyulması ve önlemlerin alınması” olarak tanımlanmıştır (Kostas vd., 2013; Nazlı, 2017).

Bu tanımlamalar, etkin olarak kontrol ve denetimin yapılabilmesi ve böylece halk sağlığının korunabilmesi amacıyla başta ABD ve Avrupa Birliği ülkeleri olmak üzere birçok ülkenin gıda kontrol otorite ve birimleri tarafından ‘Tarladan Sofraya ve Çatala Gıda Güvenliği’ olarak ifade edilmektedir. Bu tehlikeler bugün yetkili otoriteler tarafından başta mikrobiyolojik tehlikeler olmak üzere sırasıyla pestisit kalıntıları, katkı maddelerinin yanlış kullanımı, kimyasal bulaşanlar, biyolojik toksinler, yanıltıcı uygulamalar ve genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO) olarak bildirilmektedir (Dinçer ve Sarımeahmetoğlu, 2011; Oliveira vd., 2016).

Türkiye’de doğrudan gıda işletmelerinde kullanılan sulara yönelik detaylı bir çalışmaya rastlanmamaktadır. Yapılan çalışmaların çoğu şebeke suyu ve damacana suları ile ilgilidir.

Çetin ve ark. (2016) Kırklareli ilinde faaliyet gösteren gıda işletmelerindeki suların kalitesini belirlemek ve suların mevcut durumunu tespit etmek amacıyla yaptıkları bir çalışmada, toplamda 33 farklı işletmeden 83 şebeke ve kuyu suyunu incelediler. Su numunelerinin fiziksel ve kimyasal içerikleri belirlenen limit değerler dahilinde

bulunurken, mikrobiyolojik kalite açısından %10.8'i ($n=9$) *E. coli*, %84.3'ü ($n=70$) koliform bakteri, %27.7'si ($n=23$) psikrofil bakteri, %37.3'ü ($n=31$) toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) için belirtilen limit değerlerin üzerinde çıkmıştır. Kış döneminde ise numunelerin %26.2'sinde koku, %9.5'inde bulanıklık tespit edilmiştir.

Holvoet ve ark. (2012) gıda işletmelerine yönelik yaptıkları başka bir araştırmada, paketlenmiş marul üretimi yapan bir firmanın proses boyunca karşılaştığı mikrobiyolojik kontaminasyon düzeylerini incelediler. İndikatör mikroorganizma olarak *E. coli*'nin seçildiği çalışmada, üretimin yıkama aşaması, mikroorganizmaların yayılmasında ve son ürüne *E. coli*'nin çapraz kontaminasyonunda kritik kontrol noktası olarak belirlendi. Çalışma sonunda, gıda ile temas eden suların içilebilir su özelliğinde olması gerektiği ve yıkama suyunun kontrolünün taze ürünlerin üretiminde oldukça önem taşıdığı ifade edilmiştir.

Alemdar ve ark. (2009) yaptıkları bir çalışmada, Bitlis merkez ve ilçelerindeki (Adilcevaz, Ahlat, Güroymak, Hizan ve Tatvan) içme sularının bazı mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özelliklerini araştırdılar. İlkbahar ve sonbahar mevsimlerinde bölgedeki depo ve musluk sularından alınan toplam 164 su örneği analiz edildi. Genel canlı sayımında dökme plak yöntemi; enterokok, koliform, *E. coli* ve sülfid indirgeyen anaerobların aranmasında membran filtrasyon yöntemi ve fizikokimyasal analizlerde ise standart metotlar kullanılmıştır. Örneklerde belirlenen fizikokimyasal veriler standart değerlere uygun bulunmuştur. Ancak, mikrobiyolojik analizler sonucunda %30'u enterokok, %12'si koliform, %24'ü sülfid indirgeyen anaeroblar ve %8'i *E. coli* yönünden yasal limitlerde belirtilen kriterlere uygunluk göstermemiştir. İncelenen örneklerde ortalama pH, Na ve Mg düzeyleri ile *E. coli* dışında tüm bakterilerin pozitiflik oranı sonbahar mevsiminde daha yüksek bulunmuştur. Yerleşim yerlerinin genel canlı, koliform ve *E. coli* sayısı üzerine etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p>0.05$), fakat diğer tüm değişkenler üzerine etkisinin anlamlı olduğu ($p<0.05$) belirlenmiştir.

Koçak ve ark. (2009) yaptıkları bir çalışmada, Erzurum il merkezinde su dağıtım şebekesinin farklı yerlerinden rastgele olarak seçilmiş ev, halk çeşmeleri, gıda işletmeleri ve resmi kurumlardan toplanan 70 adet su numunesi kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik özellikleri bakımından incelenmiştir. Su numunelerinin pH değerleri 6.64–7.78, bulanıklık değerleri ise 0.01–4.21 NTU olarak belirlenmiştir. Ortalama bulanıklık değerlerinin, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelikte bildirilen sınır değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Sertlik değerlerinin 3.70–19.5 °F arasında değiştiği, kuyulardan sağlanan

şebeke sularının sertlik değerlerinin depolardan sağlananlara göre ciddi anlamda ($p<0.05$) yüksek olduğu tespit edilmiştir. Serbest klor miktarının 1.11–7.41 mg/L arasında tespit edildiği, nitrit değerlerinin 0.01–0.50 mg/L, nitrat değerlerinin ise 4.08–128.39 mg/L arasında değişkenlik gösterdiği ve ayrıca kuyulardan sağlanan şebeke sularında nitrit ve nitrat değerlerinin depolardan sağlananlara göre oldukça yüksek olduğu ($p<0.05$, $p<0.01$) belirlenmiştir. Bu araştırmada tespit edilen kurşun değerlerinin (0.07–0.66 mg/l) *İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelikte* izin verilen değerden yüksek, florür değerlerinin (0.06–1.43 mg/L) ise uygun olduğu tespit edilmiştir. Toplam mezofilik aerob mikroorganizma sayısının 0–230.000 kob/mL arasında değişkenlik gösterdiği ve incelenen 70 numunenin 34’ünde (%48.57) *İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelikte* izin verilen maksimum değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Su örneklerinin dokuz tanesinde (%12.85) koliform bakteri, sadece bir tanesinde fekal koliform bakteri gözlemlenmiştir. Bu araştırmaya göre, Erzurum şehir merkezindeki içme ve kullanma sularının hijyenik kalitesinin *İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliğe* uygunluk göstermediği ve insan sağlığı açısından önemli riskler taşıdığı sonucuna varılmıştır.

1.2. Fiziksel ve Kimyasal Parametreler

Sularda yapılan fiziksel analizler ile sıcaklık, bulanıklık, renk, koku ve tat gibi özellikler incelenir. Bu parametrelerin büyük bir bölümü ölçüme, diğer bir bölümü ise duysal olarak değerlendirmeye dayanır. Bulanık, renginde belirgin bir farklılık olan, kokusu ve tadında ciddi anlamda farklılıklar olan sular içilebilir özellikte kabul edilmez. İnsan sağlığına zarar verme durumu yüksek olduğundan ilgili kurum ve kuruluşlarca inceleme yapılmadan içilmemelidir (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

1.2.1. Sıcaklık

Su sıcaklığı, suyun ne kadar sıcak veya soğuk olduğunu gösteren fiziksel bir özelliktir ve su kalitesini değerlendirirken dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Sıcaklık; metabolik reaksiyon hızları ve fotosentez üretimi, bileşiklerin toksisitesi, çözünmüş oksijen ve diğer çözünmüş gaz konsantrasyonları, iletkenlik ve tuzluluk, yükseltgenme/indirgenme potansiyeli, pH ve yoğunluk gibi diğer parametreleri de etkileyerek suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişimlere yol açabilir. Bu

bağlamda, diğer parametreler tespit edilirken su sıcaklığı da dikkate alınmalıdır (Çetinkaya, 2003).

1.2.2. pH

Suya muhtaç canlıların yaşamlarının devamı için suyun pH değeri çok kritiktir. pH'daki küçük bir değişiklik büyük sonuçlara neden olabilir. Belki de su kalitesi için en kritik parametre pH'dır denilebilir. Hidrojen iyonu konsantrasyonunun logaritmik bir ölçüsü olan pH, tam 7.0 olduğunda nötr bir ortamı, 7.0 değerinden küçük pH değerleri asitliği, 7.0 değerinden büyük pH değerleri ise bazikliği gösterir. Suyun pH'sı çok yüksek veya çok düşükse, içinde yaşayan sucul organizmalar nihayetinde ölecektir. pH ayrıca kimyasalların ve ağır metallerin sudaki çözünürlüğünü ve toksisitesini de etkileyebilir. Suyun, pH'sı 6.5–9.0 aralığında ise bu su çeşitli amaçlar doğrultusunda (içme, yüzmeye, yıkanma, sulama, temizleme, gıda proseslerinde vs) kullanılabilir. Ancak bu sadece pH değeri açısından böyledir (Ölmez ve Saraç, 2009).

pH, içme suyunun güvenliği hakkında doğrudan bilgi vermez; ancak hijyenik kalitesinin belirlenmesinde önemli bir faktördür. pH değeri; su temininde, kimyasal koagülasyon, dezenfeksiyon, sertlik giderme ve korozyon kontrolü gibi işlemlerde önem taşır (Küçükgül ve Özdağlar, 2004).

Fen ve mühendislik bilimlerinin tümünde, laboratuvarlarda analizi en çok yapılan parametre pH'dır. Bir sıvının pH'sı çeşitli yöntemlerle belirlenebilir. Ancak dünyada en çok kullanılan yöntem elektrometrik yöntemdir. Elektrometrik pH ölçümünün temel prensibi, hidrojen iyonlarının cam elektrot ve referans elektrot yardımıyla potansiyometrik olarak ölçülmesine dayanır. pH, H^+ iyonlarının elektrik potansiyellerine bağlı olarak veya renk indikatörleri (örn; fenolftalein) ile de ölçülebilir (TS EN ISO 10523, 2012).

1.2.3. Çözünmüş Oksijen

Su kirliliğinde ve atıksu arıtımında çözünmüş oksijen miktarı çok önemli bir parametredir. Canlı yaşamı için kritik öneme sahip olan çözünmüş oksijenin azlığı, yüzeysel sularda kirliliğin en önemli göstergesidir. Sudaki oksijen miktarı; atmosferdeki oksijenin kısmî basıncına, suyun sıcaklığına, suya oksijen kazandıran organizmalara ve sudaki mineral konsantrasyonuna bağlıdır. 0 °C'de suda en fazla 14.6 mg/L oksijen çözünebilirken 30 °C'de 7.5 mg/L çözünebilmektedir. Sudaki mineral miktarı ile bu miktarlar da düşer. Ayrıca, kirlenen sulardaki çözünmüş oksijen, hazır oksitlenebilen

maddeler (metaller vb.) ya da biyolojik faaliyetlerle hızla azalır. Winkler modifikasyonları ve iyodometrik yöntemler en yaygın kullanılan yöntemlerdir. Ayrıca, yerinde ölçümler için membran elektrot yöntemi yaygın kullanılmaktadır. Sudaki $\text{NO}_2\text{-N}$ ve Fe^{2+} konsantrasyonunun sırasıyla 50 $\mu\text{g/L}$ ve 1 mg/L 'yi aşmaması halinde Winkler azotür modifikasyonu uygulanabilir (Addy ve Green, 1997; Erciyes Üniv., 2014).

1.2.4. İletkenlik

İletkenlik, suyun elektrik akımını iletme kapasitesi veya çözeltinin elektrik akımını geçirmeye karşı gösterdiği dirençtir. İletkenlik, sudaki çözünmüş maddelerin bir göstergesidir. Bu sebeple izleyici bir parametredir. Bu durum, iyonize olmuş maddenin toplam konsantrasyonuna ve sıcaklığa bağlıdır. Çözünmüş iyonların mobilitesi, yükü ve konsantrasyonu iletkenliği etkileyen faktörlerdendir. İçme suyunda iletkenlik artışı, suyun kirlendiğini ya da suya deniz suyunun karıştığını gösterir (Erciyes Üniv., 2014).

Suda bulunan inorganik çözünmüş maddeler tarafından elektrik iletir. Organik maddeler elektriği yeteri kadar iletmediğinden ölçümde dikkate alınmazlar. İçerisinde inorganik maddeleri elektrolit olarak bulundurmayan sular (deiyonize saf su gibi) elektriği güç iletir (Cavaş, 1982).

Isı arttıkça elektrik geçirgenliği azalır. Bu nedenle suların elektrik geçirgenliğinin ölçülmesi, içerisindeki elektrolit miktarının da bir ölçütü olarak alınır. Ölçüm 18–20 °C'de yapılır. Genellikle kaynak sularının elektriksel iletkenliği 2000–5000 $\mu\text{S/cm}$ 'dir (MEGEP, 2012).

Doğal sular tuz çözeltileri olduğundan elektriği iletirler. Suda bulunma ihtimali olan tuzlar belli olduğundan elektrik iletkenliği bakımından cinslerinden çok miktarları önemlidir. İletkenliği yüksek olan sular büyük ölçüde korozyon (metal yüzeylerinde aşınmaya sebebiyet verici) özellik gösterir. Çözeltideki iyonların iletkenlikleri birbirinden farklıdır. Suda çözünen iyon ne kadar fazla ise iletkenlik o kadar fazla olur (Küçükgül ve Özdağlar, 2004).

İletkenlik kondüktometre ile ölçülür. Elektriksel direncin birimi ohm olduğundan iletkenlik birimi bunun tersi olan mho ya da Siemens (S)'dir. Su analizlerinde siemens birimi çok büyük olduğu için sonuçlar mikrosiemens (μS) cinsinden ifade edilir (APHA, 2017a). Elektrolitik iletkenlik, metalik iletkenliğin tersine sıcaklık artınca artar. 1 °C için %1.9 artış gösterir. Bu nedenle iletkenlik ölçümlerinin 25 °C'de verilmesi uygundur (Cavaş, 1982; MEGEP, 2012).

1.2.5. Toplam Çözünmüş Katı (TDS, Total Dissolved Solids) ve Tuzluluk

Sudaki toplam çözünmüş katılar, inorganik tuzları ve az miktarda organik maddeleri içerir. Yüzey suları ve yer altı suları temasta oldukları toprak ve taş malzemeden mineral çözerler. Çözünmüş inorganik maddeler suda iyon olarak bulunur. Bunların yanında sular ağır metal iyonlarını (kurşun, civa, kadmiyum vb.) ve organik maddeleri de içerebilir.

Çözünmüş tuzlar; toplam katı maddeler, (TS, total solids) toplam çözünmüş katı maddeler (TDS, total dissolved solids) ve toplam askıda katı maddelerin (TSS, total suspended solids) toplamıdır. Evsel ve endüstriyel atıklardan, bitki bozunma ürünlerinden ve yağışlardan kaynaklanır. Suda askıda katı maddelerin (AKM) bulunması tat ve koku problemi oluşturur. Su analizinde AKM miktarlarının hesaplanması gravimetrik tayin ile yapılır. AKM genel olarak işletme şartlarında bir iletkenlik ölçerle ölçülür. Aşırı AKM borular içinde tabakalaşmaya da sebep olabilir ve içme suyundaki yüksek konsantrasyonları ishale neden olur. AKM değeri çok düşük olan sular agresif ve koroziftirler. Örneğin bu sular depolanacaksa deponun metal yerine plastik olması tercih edilmelidir (Cavaş, 1982).

TDS genellikle iletkenlikle ilişkilendirilerek suyun iyon yükünün, tuzluluğunun ya da kirliliğinin değerlendirmesi şeklinde kullanılır. Aslında numunenin öncelikle bir kondüktometre (iletkenlik ölçer) ile iletkenliği ölçülür. Sonra $TDS (mg/L) = EC (\text{İletkenlik}) \times k_e$ şeklinde basit bir formülle iletkenlikle ilişkilendirilir. Burada k_e sabiti kullanılan cihaz türüne, çözeltide çözünmüş tuz bileşimine ve ortam sıcaklığına göre değişmektedir. Dolayısıyla k_e sabiti 0.5–0.7 arasında değişebilmektedir. Bu farkı kullanılan cihaz otomatik olarak ayarlamaktadır. TDS'nin iletkenlik ya da pH probuyla ölçümü yaygındır (APHA, 2017a; URL–1; Erciyes Üniv., 2014). TDS ile tuzluluk aslında aynı şeyi ifade eder. TDS ppm (part per million, milyonda kısım) ile ifade edilirken tuzluluk ppt (part per thousand, binde kısım) ile ifade edilir. Dolayısıyla TDS değerleri 1000'e bölünürse tuzluluk değerleri türetilmiş olur. Sonuç itibarı ile hem TDS ve hem de tuzluluk aslında iletkenlik değerinden türetilmektedir (APHA, 2017b).

1.2.6. Toplam Alkalinite, Karbonat ve Bikarbonat

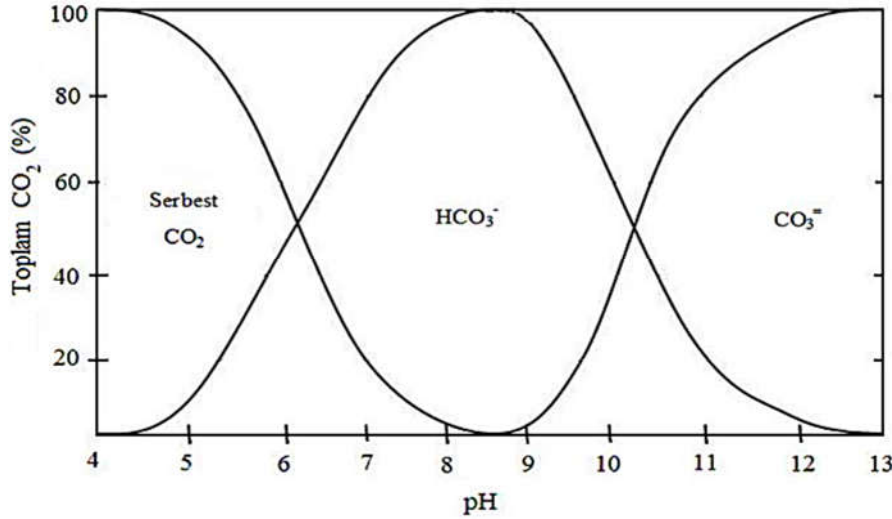
Alkalinite, suda çözünmüş alkali (bazik) maddelerin (pH 7.0'dan yüksek) bir ölçüsüdür. Suyun herhangi bir asidik maddenin girişine karşı onu nötralleştirme, yani suyun tamponlama kapasitesi yeteneği hakkında bilgi verir. Bu sayede suyun bu yüksek kapasitesi, bünyesinde barındırdığı canlı organizmaların hayatlarını devam ettirebilmesi ve

elbette çevre sağığının korunması için önemlidir. Başka bir deyişle alkalinite, suyun pH'daki değışikliklere direnç gösterme yeteneğinin bir ölçüsüdür. Eğer bir su kütlesi yüksek alkaliliğe sahipse asit yağmuru, kirlilik veya diğer faktörlerden dolayı pH değışikliklerini sınırlayabilir. Bir akıntının veya diğer su kütlesinin alkalinitesi, kireçtaşı gibi karbonat bakımından zengin topraklar (karbonatlar ve bikarbonatlar) ile artar ve lağım çıkışı ve aerobik solunum yoluyla azalır (Burkut, 2013).

Alkaliniteye temelde karbonatlar ve bikarbonatlar katkıda bulunur. Bunun yanında borat, fosfat ve silikatlar da katkıda bulunur. Kireçtaşı açısından zengin bölgelerde mevcut suların alkalinitesi yüksektir ve bu suların tampon kapasiteleri de yüksektir. Alkaliliğın kaynağı genellikle CaCO_3 içerikli karbonat kayalarından (kireçtaşı) geldiğı için alkalinite genellikle sertlik ile doğrudan ilişkilidir. CaCO_3 gerçekten alkalinitenin çoğunu oluşturuyorsa, CaCO_3 'taki sertlik alkaliliğe eşittir. Sert su, metal karbonatlar (çoğunlukla CaCO_3) içerdiğinden alkalinitesi yüksektir. Bölgeler arasında bu tür kayaçlar farklılık arz etmektedir (Burkut, 2013).

Alkalinite mg/L CaCO_3 cinsinden verilir. Toplam alkalinitesi 30 mg/L'nin altında olan sular hızlı pH değışimlerine karşı zayıf tampon gücüne sahiptir. Alkalinite ayrıca pH ile de ilişkilidir. Bir suyun pH'sı suda çözünmüş karbonat, bikarbonat ve serbest CO_2 derişimine bağlıdır. Ancak serbest CO_2 sadece $\text{pH} < 5$ olduğunda suda bulunur. Yüzey suları ve içme sularında pH genelde 7–9 arasında bulunduğı için bu sularda baskın olarak bikarbonat bulunur. Şekil 1.2'de görüldüğü gibi özellikle pH 8'den sonra suda karbonat miktarı artmaya başlar (Lawson, 1995; Wetzel, 1983).

Sularda alkalinite tayini genellikle titrasyon metoduna göre yapılır. Analiz edilen suyun pH'sına ve titrasyonda harcanan asit sarfiyatına göre suda hangi türlerin olduğu önce kalitatif olarak tayin edilir. Sonra yine sarfiyatlar üzerinden sudaki türlerin (CO_3^{2-} ve/veya HCO_3^-) miktarları APHA (2017c)'ye göre hesaplanabilir.



Şekil 1.2. Toplam karbondioksit fraksiyonlarının pH ile ilişkisi

1.2.7. Sülfat

Sülfat iyonu, doğal sularda çok fazla bulunan ve konsantrasyonu litrede birkaç miligramdan birkaç bin miligrama kadar farklılaşan bir iyondur. Yeraltı suyunda bulunan sülfatın ana kaynakları suda çok çözünen jips ve anhidrittir. Ancak sülfatın ana kaynağı jipstir. Sulardaki sülfatlar jips ve diğer tuzlardan süzülme yoluyla veya evsel ve sanayi atıklarından meydana gelmektedir. Suların içinde bulunan kurşun, baryum, stronsiyum ve kalsiyum sülfatlar suda çözünmezken sodyum, potasyum ve amonyum sülfatlar çok fazla çözünürler (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Laboratuvarlarda sülfat tayini için başvurulan yöntemler arasında en yaygın kullanılan yöntemler gravimetrik ve türbidimetrik yöntemlerdir. Gravimetrik yöntemlerin hepsinde aranan maddenin test örneğinden element şeklinde veya saf bir bileşik halinde ayrılıp tartılması esasına dayanmaktadır. Ayırma işlemi, genel olarak zor çözünen bir çökelek oluşturulması şeklinde olmaktadır. Gravimetrik yöntem ile sülfat tayininde, sülfat iyonunun zayıf asitli ortamda baryum klorür çözeltisi ile baryum sülfat halinde çöktürülüp tartılması esasına dayanmaktadır (Euroloab, 2021).

Türbidimetrik analiz yöntemi, koloidal parçacıklar içeren bulanık bir çözeltinin ışığı saçma özelliğini esas almaktadır. Çözeltinin bulanıklığı ile bu bulanıklığı meydana getiren maddenin konsantrasyonu arasında bir ilişki bulunmaktadır. Suda bulunan sülfat iyonu, suya baryum iyonlarının eklenmesi ile asidik koşullarda baryum sülfat kristalleri oluşturmaktadır. Suda ne kadar çok sülfat iyonu varsa, baryum iyonları eklenmesinden sonra o kadar fazla bulanıklık meydana gelmektedir. Bu şekilde bulanıklığın şiddeti ile

orantılı olarak konsantrasyon tayini (bir seri standart BaSO₄ süspansiyonları ile) gerçekleştirilir (EPA Method 375.4, 1978; APHA, 2017d).

1.2.8. Nitrit, Nitrat ve Amonyum

İçme suyunda nitrat ve nitrit, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olabilirken, amonyum için doğrudan bir etkiden söz edilemez (WHO, 2011). Nitrat için içme sularında tavsiye edilen maksimum derişim 50 mg/L ile sınırlandırılmıştır. Ancak nitrit için 0.01 ila 0.1 mg/L arasında olması uygun görülmektedir (Ward vd., 2005). WHO'nun 1999 ve 2017'de yayınladığı kılavuz tablolarında amonyumun içme suyundaki sınır değerini her ne kadar 1.5 mg/L olarak sınırlasa da diğer bir çok kaynakta maksimum 0.5 mg/L olarak tavsiye edilmektedir (Tablo 1.1).

Endojen nitrozasyonda genotoksik N-nitrozo bileşiklerinin öncüleri olarak nitrat ve nitritin rolü nedeniyle, içme suyundaki nitrat ve nitritin gastrointestinal ve idrar yollarında ve diğer bölgelerde kansere neden olduğundan şüphelenilmektedir. Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı, endojen nitrozasyonla sonuçlanan koşullar altında nitrat ve nitriti insanlar için muhtemelen kanserojen (grup 2A) olarak sınıflandırmaktadır (Villanueva vd., 2014; Ward vd., 2005). Bununla birlikte son zamanlarda yapılan iki çalışma içme suyundaki nitrat ile kanser, özellikle kalın bağırsak kanseri (Espejo-Herrera vd., 2016) ve mesane kanseri (Jones vd., 2016) arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir. Ayrıca içme suyundaki nitratın doğum kusurları (Brender vd., 2004) ve diğer olumsuz üreme sonuçları riskinin (Stayner vd., 2017) artmasıyla ilişkili olabileceğine dair kanıtlar da vardır .

Nitrat içme sularına özellikle tarımsal faaliyetler esnasında kullanılan azotlu gübrelerden karışabilir (Hansen, 2012). Çözünmüş oksijen içeriği yüksek sularda nitrat (NO₃⁻), nitrite (NO₂⁻) göre daha kararlıdır. Nitrit ve amonyum konsantrasyonları nitrata göre bağıl olarak daha düşüktür. Nolan ve Stoner (2000)'e göre bu durum onların kimyasal kararsızlığını, sulara daha az girişlerini ve dolayısıyla sınırlı hareketliliğini gösterir. Yeraltı sularındaki nitrit, akiferlerin anoksik nitrat indirgeyen kısımlarındaki nitratın eksik indirgenmesinden kaynaklanırken amonyum, akiferlerin indirgenmiş kısmındaki organik maddenin jeojenik bozunmasından kaynaklanır (Appelo, 2005). Bununla birlikte, yeraltı suyu numunelerindeki yüksek amonyum konsantrasyonları genelde dışkı kirliliğine işaret eder (WHO, 2011). Suda amonyum varlığı ayrıca suya evsel atıklar, endüstriyel atıklar ve gübre karıştığına da işaret edebilir. Sularda amonyum tat ve koku problemi oluştururken insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri de vardır.

Avrupada birçok ülkenin içme suyu üretimi yalnızca yeraltı suyuna dayalıdır. Arıtma işlemleri çoğunlukla havalandırma ve kum filtrasyonu gibi yalnızca basit arıtma ile yapılır ve klorlama uygulanmaz. Su tesislerinde amonyum yeraltı suyundan (ham su) çoğunlukla biyolojik nitrifikasyon yoluyla uzaklaştırılır. İlk adımda amonyumun nitrite nitrifikasyonu (Eşitlik 1.1) ve ikinci adımda ise nitrata dönüşüm (Eşitlik 1.2) söz konusudur (Schullehner vd., 2017).



İçme ve kullanma sularında normalde nitrit bulunmaması gerekir. Bu nedenle sularda nitrit analizi kalitatif olarak (var/yok) ölçülebilir. Organik maddelerin parçalanmasının ilk ürünü olan amonyak okside olur ve sonra nitritler meydana gelir. Çok kısa sürede de nitrata dönüşürler. İnsan sağlığı için zararlı bir madde olmakla birlikte eser miktarda nitritin sağlık etkileri tam olarak bilinmemektedir (Burkut, 2018).

1.2.9. Sertlik

Bir diğer önemli su kalite parametresi de sertliktir. Suların sertliği, içinde çözünmüş başlıca 2+ değerlikli Ca^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} gibi katyonlardan kaynaklanır. Ca^{2+} ve Mg^{2+} iyonları diğerlerine göre ortamda çok daha fazla bulunduğu için bu iki iyonun toplam konsantrasyonu sertlik olarak verilir. Ancak uygulamada suların sertliği yaygın olarak içerdikleri sertlik veren maddelerin CaCO_3 cinsinden miktarları (mg/L CaCO_3 olarak) ile belirlenir. Bu iyonlar suda ne kadar çok varsa su o kadar sert olur. Sert suların birtakım sakıncaları vardır. Sert su sabunu köpürtmediğinden daha fazla sabun israfına yol açar. Aşırı sabun artıkları saç diplerinde bakteri üremesine neden olur. Sert sulardaki aşırı mineraller boruları tıkar. Isıyla yüksek kireç oluşturarak türlü zeminlerde türlü sıkıntılara yol açar. Sert su ile hazırlanan yemekler geç pişer ve istenmeyen tatlar oluşturur. Su gerektiren pek çok endüstriyel uygulamalarda suyun sertliği sorun oluşturur. İçimi hoş değildir ve yutkunma problemi doğurur. Bu sebeplerle sertlik çeşitli sular için kritik bir parametredir (Boysan ve Şengörür, 2009).

Suların sertliği 100 mL (veya 1 litre) suda kalsiyum oksit veya karbonatlarının miktarı ölçü alınarak miliekivalent veya “sertlik derecesi” birimi ile ifade edilir. Suların

sertlik derecesinin ölçülebilmesi için kullanılan pratik yöntem sabun çözeltisi yöntemidir. Bu yöntemde; sertliği veren Ca ve Mg elementleri, sabundaki Na ve K'un yerine geçerek suda çözünmeyen bileşikler oluşturur. Sabun çözeltisi kullanarak suda devamlı bir köpük elde edilmeye çalışılır. Bu işlemde harcanan sabun çözeltisi miktarı sertlik hakkında bilgi verir (Müezzinoğlu, 2014).

Alternatif bir yöntem de EDTA ile titrasyon yöntemidir ve daha fazla tercih edilir. Ca ve Mg iyonları pH 9–10 civarında EDTA (Etilendiamin tetraasetik asit) ile güçlü kompleksler oluşturur. Bu iyonların bulunduğu sulu ortama indikatör olarak Eriokrom siyahı T indikatörü ilave edildiğinde ortam şarap kırmızısı rengini alır. Ayarlı EDTA ile titrasyonun dönüm noktasında ortam gök mavisi rengini alır. Gerekli eşitlik yardımıyla toplam sertlik mg/L CaCO₃ cinsinden hesaplanır. Gerekirse bulunan sonuç 10'a bölünerek sonuç Fransız sertliği (°F) cinsinde verilebilir. Suyun sertlik açısından sınıflandırması Tablo 1.2'de verilmiştir (APHA, 2017e).

Tablo 1.2. Suların sertlik değeri açısından sınıflandırılması

Toplam Sertlik (mg CaCO ₃ /L)	Sınıflandırma
0 – 75	Yumuşak su
76 – 100	Orta sertlikte su
101 – 300	Sert su
> 300	Çok sert su

1.2.10. Klorür

Klorür (Cl⁻), klorun yükseltgenme hali olup su ve atık sularda rastlanan en önemli anorganik anyonlardandır. Eğer sudaki klorür NaCl tuzunun çözünmesinden ileri geliyorsa, 250 mg/L klorür konsantrasyonu suda bir tuzluluk tadının hissedilmesi için yeterlidir. Diğer taraftan, eğer klorür Ca²⁺ ve Mg²⁺ katyonları ile bir arada bulunuyorsa 1000 mg/L gibi büyük konsantrasyonlarda bile suda tuzluluk hissedilmez (Sözer, 2006; Günay, 2018).

Klorür sulara iki yolla bulaşır; birincisi, topraktan veya yer altı formasyonundan çözünerek gelir. İkincisi, idrar ve temizlik sularından gelir. İlkinin bir zararı pek yoktur. Sularda en çok toprak kaynaklı minerallerin tuzu olarak rastlanır. Ancak yine de fazlası istenmez ve miktarı kontrol edilmelidir. 1. kalite yüzey sularında klorür en fazla 25 ppm istenirken ikinci sınıf sularda ise 200 ppm'dir. Klorür Tayini için 4 metot geliştirilmiştir:

(i) Arjantometrik metot, (ii) Civa nitrat metodu, (iii) Potansiyometrik metot ve (iv) Ferrisiyanür metodu (APHA, 2017f).

1.2.11. Mineral, Eser Elementler ve Ağır Metaller

Sularda sağlık açısından mineral elementler olarak Ca, Mg, Na, K, S, P gibi elementler belli oranlarda mutlaka bulunmalıdır. Ancak bunların aşırısı da birtakım problemlere yol açabilir. Bunların dışında yine vücut için çok az da olsa gerekli olan ve eser ya da iz elementler (veya metaller) olarak adlandırılan Fe, Cu, Mn, Zn, Al, Co, vb. elementler su bünyesinde bulunmalıdır. Ancak bunların gereğinden fazla bulunması yine sağlık açısından sağlık problemlerine neden olabilmektedir (Saldamlı, 1998; Baysal, 2002).

Mineral ve eser elementler dışında su bünyesinde ya hiç olmayacak ya da vücut tarafından tolere edilebilecek seviyelerde çok düşük miktarlarda kalması şartıyla ağır metal veya toksik metaller olarak adlandırılan bazı metaller (Pb, Cd, Cr, Hg, As vb.) bulunabilir. Yine çeşitli amaçlar için kullanılacak sularda bu elementlerin varlığı ve miktarları araştırılmalıdır (Vandecasteele ve Block, 1993). Ağır metaller erozyonla taşınan kaya parçalarıyla, rüzgârın taşıdığı tozlarla, volkanik aktivitelerle, ormanların yanmasıyla ve bitki örtüsüyle sulara taşınır. Kimyasal kirleticiler atmosfer yoluyla da önemli ölçüde sucul ortama karışır. Çünkü atmosferde bulunan bu elementler zamanla rüzgâr ve yağışlarla suya geçmekte ve sucul sistem üzerinde etkili olmaktadır (Tümen vd., 1992).

Mineral-eser element ve ağır metallerin çeşitli çevresel, biyolojik ve gıda örneklerinde tayini için birçok yöntem etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Literatüre bakıldığında metal tayinleri için enstrümental metotların yanı sıra birçok kolorimetrik metotlar etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Metal analizleri için daha ziyade enstrümental teknikler (atomik absorpsiyon spektrometri, alev fotometri, indüktif eşleşmiş plazma emisyon spektrometri, indüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometri, mikrodalga plazma atomik emisyon spektrometri ve anodik sıyırma voltametri) tercih edilmektedir. Alevli atomik absorpsiyon spektrometri ile yaklaşık 0.1–10 mg/L derişim aralığında ancak sağlıklı ölçümler yapılabilirken plazma kaynaklı tekniklerle çok daha düşük derişimlerde sağlıklı ölçümler mümkün olabilmektedir. Alev fotometri ile yüksek derişimlerde oldukça tatmin edici sonuçlar elde edilebilmesine rağmen sınırlı sayıda metallerin (alkali ve toprak alkali metallerin bazıları) analizleri gerçekleştirilebilir. Kolorimetrik metotlar olası girişimlerin bertaraf edilebildiği bazı belli metallerin tayini için elverişlidir. Anodik sıyırma voltametri ile bağıl olarak temiz matrikslerde mevcut metallerin yüksek

duyarlılıkta tayinleri yapılabilir. Yukarıda sayılan metotların her biri çeşitli şartlarda tercih edilebilir veya aynı anda da kullanılabilir. Örneğin bir toprak matriksinde potasyum tayin edilecekse basit bir alev fotometresi bu işi rahatça çözebilir. Çünkü, toprakta potasyum derişimi en yüksektir hem de kral suyu ile çözündürülerek kolayca çözelti formuna alınıp tayin edilebilir. Aslında çok geniş bir derişim aralığında hemen hemen tüm metalleri tayin edebilen ICP–MS sistemi tüm bu tayinleri tek başına başarabilir. Ancak böyle pahalı ve uzmanlık gerektiren bir sistemin zorluğu az tayinlerde kullanımı mantıklı olmayabilir. Dolayısıyla bu teknikler birbirlerine alternatif olmaktan ziyade tamamlayıcı birbirlerini özellik sergilerler (APHA Part 3000, 2017).

Plazma kaynaklı teknikler (ICP–OES ve ICP–MS) oldukça pahalı ve uzmanlık gerektiren tekniklerdir. Kullanımda plazmayı oluşturmak ve sürdürmek için argon gazına ihtiyaç vardır. Ayrıca kullanılacak kimyasallar da ultra saf düzeyde olmalıdır. Sistemin yüksek performansla kullanımı için son derece uzman bir ekip gerekir. Bir numunenin analizi de sonuç itibarı ile diğer tekniklere göre yüksek bir maliyet gerektirecektir. Ancak elde edilen sonuçların güvenilirliği, çok düşük derişimlerde çalışabilme kolaylığı, periyodik cetvelde neredeyse tüm metallerin (hatta bazı anyonların) yüksek doğrulukta tayin edilebilmesi ve birçok metalin aynı anda tayini ile zamandan tasarruf edilebilmesi gibi avantajlarından dolayı bu teknikler oldukça fazla kullanılmaktadır. Son yıllarda yine plazma kaynaklı, fakat son derece düşük maliyetli yeni bir teknik Agilent Technology, Inc. (Santa Clara, Kaliforniya, ABD) firması tarafından geliştirildi ve piyasaya sürüldü. Bu yeni teknikte de plazma kaynağı olmasına rağmen plazma, basit bir jeneratör ile havadan sıfır maliyetle üretilen azot ile oluşturulmaktadır. Ancak oluşan plazma ICP–AES ve ICP–MS’deki gibi 10 bin °C’ye değil yaklaşık 5 bin °C’lere çıkabilmektedir. Bu yeni teknik mikrodalga plazma atomik emisyon spektrometri (MP–AES) olarak adlandırılmaktadır (Balaram, 2020; Gundogdu vd., 2013; Li vd., 2013; Zamanian ve Kashanaki, 2018).

1.2.12. Su Mikrobiyolojisi

“Su Mikrobiyolojisi”, insani tüketim amacıyla kullanılan veya insan sağlığı için önemli olan sulardaki tüm mikroorganizmaların tespitini, dezenfeksiyonunu ve biyolojik aktivitelerini inceleyen bir bilim dalıdır. İçme ve kullanma sularının mikrobiyolojik açıdan güvenilir olup olmadığını ve ilgili mevzuatlara göre kalite kriterlerini sağlayıp sağlamadığını kontrol etmek için mikrobiyolojik analizler yapılır. Yapılan bu analizlerle sularda bulunabilecek her türlü patojenik mikroorganizmaların varlığı, miktarı ve

özellikleri tespit edilir. Bu mikrobiyolojik analizlerde en temel prensip; örnekteki mikroorganizma varlığını, özelliklerini ve sayısını doğru olarak tespit etmenin yanında sularda hastalık yapan mikroorganizmaların olup olmadığını saptamak ve suyun mikrobiyolojik kalitesini ortaya koymaktır (URL-2; URL-3; URL-4).

Gıdaların hazırlanmasında ve pişirilmesinde, direkt olarak içilmesi amacıyla veya diğer evsel ihtiyaçlar için tüketilen sular, “insani tüketim amaçlı su” olarak tanımlanmaktadır. “İnsani tüketim amaçlı sular”, su mikrobiyolojisinin temel konusunu oluşturur ve olası mikrobik kirliliğin belirlenebilmesi için düzenli olarak analizleri yapılarak takip edilirler. Bu sulardan başka yüzme, havuz ve kaplıca suları gibi insan sağlığını yakından ilgilendiren diğer sularda yine su mikrobiyolojisinin kapsamına girmektedir. Özellikle antropojenik faaliyetlerle içme ve kullanma sularına insan ve hayvan dışkısı karışabilmektedir. Dolayısıyla, sulara patojen mikroorganizmaların bulaşmasının en yaygın sebebi budur (Cabral, 2010). Sularda rastlanan en yaygın patojenler ve sebep oldukları hastalıklar Tablo 1.3’de gösterilmiştir (Cabral, 2010; Sharma vd., 2003; Bitton, 2014).

Tablo 1.3. Sularda rastlanan en yaygın patojenler ve sebep oldukları hastalıklar

Mikroorganizma	Hastalık
Bakteriler	
<i>Vibrio cholerae</i> (serotip O1 – O139)	Kolera
<i>E. coli</i> (Enterotoksik, Enterohemorajik ve Enteroinvaziv tipler)	Gastroenterit, akut kanlı ishal
<i>Shigella dysenteriae</i> , <i>S. flexneri</i> , <i>S. boydii</i> , <i>S. sonnei</i>	Basilli dizanteri
<i>Salmonella enterica</i> subsp. <i>enterica</i>	Tifo, paratifo ve tifoid ateş
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	Gastroenterit
<i>Campylobacter jejuni</i>	Campylobacteriosis
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Akut ishal, terminal ileitis
<i>Helicobacter pylori</i>	Gastrit
<i>Aeromonas hydrophyla</i>	Gastroenterit ve sepsis
<i>Mycobacterium avium</i> kompleksi (<i>Mac</i>)	Deri, lenf, solunum ve sindirim sistemi enfeksiyonları
<i>Legionella pneumophila</i>	Lejyoner hastalığı (şiddetli zatürre)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Kulak enfeksiyonları
Virüsler	
Rotavirüs	Gastroenterit
Enterovirüsler	
Poliovirüs	Felç
Coxsacki virüs A ve B	Herpangina, pleurodynia
Hepatit A ve E	İnfeksiyöz hepatit
Enterovirüs	Menenjit
Adenovirüsler	Akut konjunktivit, gastroenterit
Calicivirüs (Norwalk)	Gastroenterit
Protozoalar	
<i>Cryptosporidium</i> sp.	İnatçı ishal (Özellikle immunosupresif bireylerde)
<i>Giardia lamblia</i>	Giardiazis
<i>Entamoeba histolytica</i>	Amipli dizanteri
<i>Acanthamoeba castellanii</i>	Meningoensefalit
<i>Naegleria fowleri</i> , <i>N. gruberi</i>	Meningoensefalit
Funguslar	
<i>Microsporidia</i>	Kronik ishal

Su için çok farklı mikrobiyolojik analiz teknikleri uygulanır. Su mikrobiyolojisinde analizlerin büyük çoğunluğu mikroorganizma arama ya da sayma şeklindedir. Bunları, tanımlamaya yönelik testler izler.

Sulardaki mikrobiyolojik analizler temel olarak aşağıdaki gibi gruplandırılabilir:

Var/Yok Testleri: Var/yok testlerinde mikroorganizmanın sayısı önemli değildir. Belirli bir hacim içinde belirli bir mikroorganizmanın olup olmadığı araştırılır. Genellikle patojenlere uygulanan bir yöntemdir ve zenginleştirme işlemleri ile analiz yapılır.

Sayım: Varlığına genellikle belirli sınırlar içinde izin verilen mikroorganizmalar için yapılır.

Diğer Testler: (Mikroorganizma Tanımlama vb.) Mikroorganizma sayımı, en yaygın olarak katı besiyerinde koloni sayımı ve en muhtemel sayı (EMS) yöntemi ile yapılır. Ayrıca, metabolizmaya ve/veya standarda dayalı sayım yöntemleri ve mikroskopik sayımlar da uygulanabilir. Koloni sayımı, dökme ya da yayma kültürel sayım şeklinde yapılabileceği gibi membran filtrasyon sistemi ile de yapılabilir.

Membran Filtrasyon Sistemi: En yoğun kullanılan analiz tekniğidir. Membran filtrasyon yöntemi ile yapılan mikrobiyolojik analizlerde, 1–2 mL temsili numune yerine çok daha büyük miktarlarda numunenin, bazen de ürünün tamamının analizi yapılabilir. Bu özellik, bize ürünün çok az sayıda mikroorganizma içermesi halinde dahi, mikroorganizma yükünü tespit edilebilme imkânı sağlar.

“İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (7 Mart 2013)’te mikrobiyolojik analizler uygulanmasına yönelik aşağıdaki bilgilere yer verilmektedir.

Koliform bakteri ve *E. coli* (TS EN ISO 9308-1)

Enterokok (TS EN ISO 7899-2)

P. aeruginosa (TS EN ISO 16266)

Total jerm sayımı 22 °C ve 37 °C’de koloni sayımı (TS EN ISO 6222)

C. perfringens (sporlar dahil)

Analizi yapılacak su, membran filtrasyona tabi tutularak m-CP agara ekim yapılır 44±1°C’de anaerobik ortamda 21±1 saatlik inkübasyona tabi tutulur. İnkübasyon sonrası 20–30 saniye süresince amonyum hidroksit buharına tutularak pembe ya da kırmızıya dönen opak sarı koloniler sayılır.

* m-CP agar’ın bileşiminde aşağıdaki maddeler bulunur:

Triptoz	30 g
Maya ekstresi	20 g

Sakkaroz	5 g
L-sistin hidroklorür	1 g
MgSO ₄ .7H ₂ O	0.1 g
Brom kresol purple	40 mg
Agar	15 g
Distile su	1000 mL

* Çözülerek hazırlanan kimyasal maddelerin pH'sı 7.6'ya ayarlanır, otoklavda 121 °C'de 15 dakika sterilize edilir ve orta sıcaklığa gelince aşağıdaki maddeler ilave edilir.

D-siloserin	400 mg
Polimiksin B sülfat	25 mg
Indoksil-D-β-glukosit (İlave edilmeden önce 8 ml steril suda çözülür)	60 mg
Filtre–sterilize edilmiş %0.5 fenolftalein difosfat solüsyonu	20 mL
Filtre–sterilize edilmiş %4.5 FeCl ₃ .6H ₂ O	2 mL

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Numune Alma

Bu çalışmada analizi yapılan su numuneleri, Trabzon ili Akçaabat ilçesinin çeşitli mahallelerinde bulunan birkaç farklı gıda üretim işletmesinden iki dönem boyunca temin edildi (Tablo 2.1). Birinci dönem su numuneleri 15 Mayıs 2021’de, ikinci dönem su numuneleri ise 15 Haziran 2021’de alınmıştır. Yani aynı örnek iki kez örneklenmiş ve iki kez analiz edilmiştir. Örnekleme yapılırken mümkün olduğunca farklı faaliyet alanına sahip gıda işletmeleri tercih edilmiştir. Ayrıca bu gıda işletmeleri, kullandıkları su kaynakları çoğunlukla birbirinden farklı olacak şekilde seçilmiştir.

Örnekleme zamanı için özellikle son beş günde yağışların olmadığı günler tercih edilmiştir. Her iki dönemde de bu şekilde uygun örnekleme günü seçimine dikkat edilerek yağmurla beraber olası seyremlerle hem gerçek su içeriklerinin bozulmasının önüne geçilmiş olduğu ve hem de iki dönemin birbirleriyle sağlıklı bir şekilde karşılaştırıldığı düşünülmektedir. Seçilen gıda işletmelerinde mevcut musluk suları sadece gıda üretiminde değil farklı amaçlarla da kullanılmaktadır.

Öncelikli olarak alkol emdirilmiş ve yakılmış bir pamuk tamponla üretim alanında numunenin alınacağı musluk bir dakika süreyle sterilize edildi. Sonrasında ise musluk dikkatli açılarak 3-5 dakika suyun ortalama bir hızla boşa akması sağlandı. Mikrobiyolojik analizler için daha öncesinde sıcaklık ile sterilize edilmiş cam şişelere, kapta boşluk kalmayacak şekilde su örnekleri alındı ve hemen sonrasında şişelerin ağzları, numune alma esaslarına uygun şekilde hijyen koşullarına dikkat edilerek kapatıldı. Numuneler +4 °C’deki saklama dolabına konularak 6 saat içinde analizlerin yapıldığı laboratuvara taşındı.

Fizikokimyasal su kalite parametrelerinin analizleri için 500 mL hacimli polipropilen (PP) kaplar kullanıldı. Belirlenen gıda işletmelerinden hijyen koşulları altında musluk suyu örnekleri alındı ve PP kaplara boşluk kalmayacak şekilde dolduruldu. Laboratuvara taşınan numuneler, fizikokimyasal parametrelerin analizinden önce 0.45 µm gözenek boyutlu selüloz nitrat membrandan vakum süzme düzeneği yardımı ile süzüldü ve analizlerden önce +4 °C’deki dolapta muhafaza edildi.

Tablo 2.1. Trabzon ili Akçaabat ilçesinden toplanan su numuneleri ve alındığı işletmeler

Sıra No	Kod No	Faaliyet Konusu	Mahalle
1	N1	Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Üretimi	Akçakale
2	N2	Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Üretimi	Darıca
3	N3	Pastacılık Ürünleri Üretimi	Çolaklı
4	N4	Süt ve Süt Ürünleri Üretimi	Yaylacık
5	N5	Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Üretimi	Yaylacık
6	N6	Yumurta Paketleme Tesis	Kaleönü
7	N7	Unlu Mamuller Üretimi	Söğütlü
8	N8	Hazır Yemek Üretimi	Söğütlü
9	N9	Pastacılık ve Tatlı Ürünleri Üretimi	Söğütlü
10	N10	Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Üretimi	Yıldızlı
11	N11	Kurabiye, Tahin Ve Pekmez Üretimi	Demirtaş
12	N12	Hazır Yemek Üretimi	Demirtaş
13	N13	Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Üretimi	Kayalar
14	N14	Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Üretimi	Kayalar
15	N15	Helva ve Tahin Üretimi	Yaylacık

2.2. Kullanılan Madde-Malzeme ve Cihazlar

Bu tez çalışmasında kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıkta olup Merck (Darmstadt, Almanya) firmasından temin edilmiştir. Tüm çalışmalarda ultra saf su kullanılmıştır.

Örneklemede kullanılan PP kaplar önce bol musluk suyu ile iyice yıkandı. Daha sonra %10'luk nitrik asitten geçirildikten sonra bir gece bekletildi. Ertesi gün kaplar, hiçbir asit kalıntısı kalmayacak şekilde musluk suyu ile iyice yıkandıktan sonra bol saf su ile iyice durulandı. Seyreltme çalışmalarında Socorex marka (Ecublens, İsviçre) 0.1–1.0 mL hacim ayarlı bir mikropipet kullanıldı.

Klorür, amonyum ve nitrat ölçümlerinde YSI Procomm II marka çok kanallı manuel ölçüm cihazı (Yellow Springs, Ohio, ABD) kullanıldı (Şekil 2.1(a)). pH, çözünmüş O₂, iletkenlik, TDS ve tuzluluk ölçümlerinde Hach-Lange HQD portatif multiparametre ölçüm cihazı (Loveland, Colorado, U.S.) kullanıldı. Bu iki cihaz kullanılmadan önce ilgili iyonlar açısından kalibre edildi. İlgili iyonların standart çözeltileri hazırlandıktan sonra cihazda kalibrasyon modunda okumalar yapılarak kaydedildi.

İlgili parametreler için standartların hazırlanması, elde edilen verilerle kalibrasyon grafiklerinin çizilmesi ve analiz öncesi diğer işlemlerden bazı görüntüler Şekil 2.2’de gösterilmiştir.

Suların metal analizleri için analiz öncesi multielement içerikli standart kalibrasyon çözeltileri hazırlandı. Bunun için her bir metalin 1000 mg/L derişimli tekli stok çözeltileri kullanıldı (Merck KGaA, Darmstadt, Almanya). Bu tekli stok çözeltilerden uygun oranlarda seyreltmeler yaparak 14 metali içeren bir seri ardışık standart çözeltiler hazırlandı ve MP-AES’de ölçülerek kalibrasyon grafikleri türetildi.



Şekil 2.1. (a) Klorür, amonyum ve nitrat ölçümlerinde kullanılan YSI Procomm II Instruction Manuel multiparametre ölçüm cihazı, (b) pH, çözünmüş O₂, iletkenlik, TDS ve tuzluluk ölçümlerinde kullanılan Hach-Lange HQD portatif multiparametre ölçüm cihazı



Şekil 2.2. (a) Analiz öncesi hazırlıklar, (b) Nitrit tayini için çizilen kalibrasyon grafikleri, (c) Alkalinite çalışması için kurulan deney düzeneği, (d) Nitrit analizinde hazırlanan standart çözeltiler

Sülfat ve nitrit analizleri Hach Lange DR3900 model bir spektrofotometre cihazında gerçekleştirildi (Şekil 2.3). Cihaz için çalışma şartları Tablo 2.2’de özetlenmiştir.



Şekil 2.3. Sülfat analizlerinin gerçekleştirildiği Hach Lange DR3900 model spektrofotometre

Tablo 2.2. Hach Lange DR3900 model spektrofotometre cihazının performans özellikleri

Performans Özellikleri	Açıklama
Çalışma modu	Transmittans (%), Absorbans ve Konsantrasyon
Kaynak lamba	Halojen lamba
Dalgaboy aralığı	320 – 1100 nm
Dalgaboyu hassasiyeti	± 1.5 nm (dalgaboyu aralığı 340 - 900 nm)
Dalgaboyu tekrarlanabilirliği	± 0.1 nm
Dalgaboyu çözünürlüğü	1 nm
Dalgaboyu kalibrasyonu	Otomatik
Dalgaboyu seçimi	Seçilen yöntemle bağlı olarak otomatik
Tarama hızı	≥ 8 nm/s (1 nm adımlarda)
Spektral bant genişliği	5 nm
Fotometrik ölçüm aralığı	± 3.0 Abs (dalgaboyu aralığı 340 – 900 nm)
Fotometrik doğruluk	0.0 – 0.5 Abs'da 5m 0.50 – 2.0 Abs'da %1
Fotometrik doğrusallık	< %0.5 – 2 Abs 546 nm'de > 2 Abs doğal camla ≤ %1
Kaçak ışık	NaNO ₂
Veri günlüğü	2000 okuma değeri (Sonuç, tarih, saat, numune adı, kullanıcı adı)
Kullanıcı programları	100

Bazı mikrobiyolojik ve fiziksel parametrelerle anyonik türlerin analizlerinin yanında metal bazlı katyonik türlerin analizleri de gerçekleştirildi. Seçilen 14 metalin analizleri Agilent Technologies (Santa Clara, Kaliforniya, ABD) 4200 model mikrodalga plazma – atomik emisyon spektrometre (MP–AES) cihazı ile gerçekleştirildi. Bu cihaz Gümüşhane Üniversitesi Gıda Mühendisliği laboratuvarında mevcuttur. Cihazın görüntüsü Şekil 2.4’de verilmiştir.

MP–AES yeni nesil teknolojilerden biridir ve günümüzde uzun yıllardır bu amaç için kullanılan AAS (atomik absorpsiyon spektrometri) ve ICP–OES (İndüktif eşleşmiş plazma – optik emisyon spektrometri) tekniklerine karşı güçlü bir alternatiftir. Sistem, mikrodalga enerji ile başlatılan ve devamında azot gazı ile sürdürülen yaklaşık 5000 °C ısıya ulaşabilen plazma içerisinde numune çözeltilerinin emisyon piklerinin oluşturulması ile çalışmaktadır. Elde edilen emisyon pikleri bir CCD detektörde okunmaktadır. Plazmayı meydana getiren azot gazı sıfır maliyetle havadan bir azot jeneratör sistemi ile elde edilmektedir. Bu anlamda yüksek maliyetli argon gazı gerektiren ICP–OES ve ICP–MS’e

göre oldukça düşük maliyetli bir hizmet sunmaktadır (URL-5; URL-6; URL-7). Son 10 yıla damgasını vuran MP-AES sistemi ile ilgili gıdadan çevresel numunelere kadar bir çok alanda yapılmış çalışmalara literatürde rastlanmaktadır (Sajto ve ark., 2019; Ozkan ve Uygur, 2019; Ozbek, 2018; Rodríguez-Solana ve ark., 2018; Gundogdu ve ark., 2018; Gündoğdu ve ark., 2013).



Şekil 2.4. Agilent Technology 4200 model MP-AES Cihazı

MP-AES cihazının çalışma şartları ve analitik performansı ile ilgili parametreler Tablo 2.3 ve 2.4’de verilmiştir. Tablo 2.3’de, her bir elementin kullanılan dalga boyları ile cihazın optimum çalışma koşulları özetlenmiştir. Tablo 2.4’de ise, LOD, LOQ, RSD ve çalışma aralığı ile ilgili değerler verilmiştir.

LOD (Algılama sınırı) ve LOQ (Tayin sınırı): LOD, ilgili cihazın algılayabildiği en küçük sinyal (ya da derişim) olarak ifade edilir. Fakat bu noktada yapılan ölçümler kantitatif olarak değerlendirilmez. Tayin sınırı (LOQ) ise, %95 güven seviyesinde cihazın algıladığı ve kantitatif olarak değerlendirilebilen en düşük sinyal (ya da derişim) değeridir. Bu çalışmada her bir metal için LOD ve LOQ değerlerinin tayini için 20 adet kör çözelti hazırlandı. Daha sonra bu çözeltilerin cihazda ölçülmesi ile elde edilen sinyal (emisyon şiddeti) değerlerinin standart sapması (s) hesaplandı. Bu s değerlerinin 3 katının ilgili kalibrasyon grafiğinin eğimine bölünmesi ile LOD değerleri, 10 katının bölünmesi ile de LOQ değerleri hesaplanmıştır (Formül 2.1 ve 2.2).

Tablo 2.3. MP–AES cihazının çalışma şartları

Elementler ve dalga boyları, nm	Ca (422,673), Mg (518,360), Na (589,592), K (769,892), Fe (438,354), Cu (324,754), Mn (403,076), Zn (213,857), Al (396,152), Co (340,511), Ni (341,476), Cr (425,433), Cd (228.802), Pb (405,781)
Sisleştirici	OneNeb nebulizer sistem
Sisleştirici basıncı	140 kPa
Sisleştirici akış hızı	Default (0,75 L/dak)
Sprey odacığı	Çift geçişli siklonik sınıf
Pompa hızı	15 rpm
Örnek pompa hortumu	Turuncu/yeşil
Atık pompa hortumu	Mavi/mavi
Otomatik örnekleyici	Agilent SPS 3
Okuma zamanı	1 saniye
Tekrar sayısı	3
Alım sırasında hızlı pompa	Açık (80 rpm)
Numune alım erteleme	30 saniye
Durulama süresi	40 saniye
Kararlılık süresi	20 saniye
Peristaltik pompa hızı	15 rpm
Zemin düzeltme	Otomatik
Gaz kaynağı	Azot jeneratörü

Tablo 2.4. MP–AES cihazının analitik performans kriterleri

	LOD (µg/L)	LOQ (µg/L)	RSD (%)	ÇA (mg/L)
Ca	1.7	5.6	2.2	0.05 – 10.0
Mg	1.9	6.2	1.8	0.05 – 5.0
Na	4.3	14.4	2.8	0.05 – 5.0
K	1.0	3.3	2.1	0.05 – 10.0
Fe	3.2	10.7	1.2	0.025 – 10.0
Cu	1.2	3.9	0.7	0.025 – 5.0
Mn	1.4	4.8	0.7	0.025 – 5.0
Zn	4.3	14.4	1.0	0.025 – 4.0
Al	1.7	5.5	2.0	0.025 – 10.0
Co	3.8	12.6	0.7	0.025 – 5.0
Ni	3.8	12.7	0.9	0.025 – 5.0
Cd	4.7	15.5	1.3	0.025 – 5.0
Pb	5.5	18.4	0.4	0.025 – 5.0
Cr	1.8	6.1	1.5	0.025 – 10.0

LOD: limit of detection, algılama limiti

LOQ: limit of quantification, tayin limiti

RSD : Relative standard deviation, bağıl standart sapma

ÇA : Çalışma aralığı

$$\text{LOD } (\mu\text{g/L}) = \frac{3s}{m} \quad (2.1)$$

$$\text{LOQ } (\mu\text{g/L}) = \frac{10s}{m} \quad (2.2)$$

LOD : Limit of Detection, Algılama Sınırı

LOQ : Limit of Quantification, Tayin Sınırı

s : Standart sapma

m : Kalibrasyon grafiğinin eğimi

Standart sapma (s) da aşağıdaki formülle (Formül 2.3) hesaplanmıştır:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_i^N (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}} \quad (2.3)$$

s : Standart sapma

Σ : Toplam işareti

X_i : Tekil veri

$\bar{X}$: Ortalama değer

N : Tekrar sayısı

Sulu çözeltide mg/L olarak belirlenen derişimler 1000 ile çarpılarak LOD ve LOQ değerleri $\mu\text{g/L}$ değerlerine dönüştürüldükten sonra Tablo 2.3’de verilmiştir.

RSD (Bağıl Standart Sapma): Sonuçlar arasındaki yakınlığın (kesinliğin) bir ölçütü de Bağıl Standart Sapma (RSD)’dir. Yukarıda LOD ve LOQ tayinlerinde belirtildiği gibi, RSD ne kadar küçükse paralel sonuçlar o kadar birbirine yakındır. RSD’nin en kullanışlı formu 100 ile çarpılmış hali olan %RSD’dir ve aşağıdaki formül (Formül 2.4) ile hesaplanır:

$$\text{RSD } (\%) = \frac{s}{\bar{X}} \times 100 \quad (2.4)$$

Bir analizde RSD değerlerinin çoğu durumda %5'ten küçük olması beklenir. Tablo 2.4'deki RSD değerlerine bakıldığında, değerlerin oldukça tatmin edici olduğu görülmektedir. RSD değerleri, ölçülen değer büyüklüğünden etkilenebilir. Zira küçük değerlerde daha fazla sapmalar meydana gelebilir.

2.3. Analiz

Bu tez çalışmaları kapsamında yukarıda da ifade dildiği gibi, 15 gıda işletmesinden toplanan su örneklerinin bazı kalite parametreleri analiz edildi ve elde edilen sonuçlar irdelendi. Sıcaklık, pH, çözünmüş O₂, iletkenlik, TDS ve tuzluluk parametreleri, örneklerin alındığı istasyonlarda Hach-Lange HQD portatif multiparametre ölçüm cihazı ile direkt ölçülerek gerçekleştirildi. Nitrat, amonyum ve klorür ölçümleri ise numuneler laboratuvara taşınır taşınmaz YSI Procomm II Instruction Manuel multiparametre ölçüm cihazı ile yapıldı.

2.3.1. Mikrobiyolojik Analizler

Bu amaçla sularda Koliform Bakteri, *E. Coli* ve Fekal Koliform Analizleri gerçekleştirildi. Analizlerinde EMS 3'lü tüp yönteminden yararlanıldı. Lauryl Tryptose Broth içeren tüplere ekimler yapıldı ve 37 °C'de 48 saat inkübe edildi. İşlem sonunda gaz oluşan tüplerden doğrulama amacıyla Brilliant Green Bile Brotha öze yardımıyla geçişler yapıldı ve 37 °C'de 24 saat inkübe edildikten sonra tekrar gaz oluşan tüpler Fekal Koliform aramak için EC besiyerlerine öze yardımıyla inoküle edildiler. İnokülasyonu takiben tüpler 44.5 °C'de 24–48 saat süreyle tekrar inkübe edildi ve gaz oluşan tüplerden EMB agara geçişler yapıldı. İnkübasyon sonrasında karakteristik koloniler IMVIC testlerine tabi tutularak *E. coli* varlığı araştırıldı (TS EN ISO 9308-2, TS EN ISO 9308-3, SM 9221 E).

2.3.2. Toplam Alkalinite, Karbonat ve Bikarbonat Tayinleri

Alkalinite tayinleri APHA 2017'de bildirilen titrasyon metoduna göre yapılmıştır (APHA, 2017d). Suyun alkaliliği, içerdiği OH⁻, HCO₃⁻ ve CO₃²⁻ iyonlarından kaynaklanır. 50 mL su numunesine önce fenolftalein indikatörü damlatıldı ve 0.02 N ayarlı H₂SO₄ ile titre edildi. Sonra aynı numuneye metil oranj indikatörü ilave edildi ve aynı şekilde titrasyona devam edildi. Belirlenen 2 dönüm noktası hacminden yola çıkılarak mg/L CaCO₃ cinsinden toplam alkalinite değeri ve her bir türün mg/L cinsinden değerleri aşağıdaki formüllerle (Formül 2.5, 2.6 ve 2.7) hesaplandı:

$$\text{Toplam alkalinite (mg/L CaCO}_3\text{)} = \frac{T_A \cdot N_A \cdot 50000}{V_N} \quad (2.5)$$

T_A : Ayarlı sülfürik asidin titrasyonda harcanan toplam hacmi (mL)

N_A : Ayarlı sülfürik asidin normalitesi

Toplam alkalinite hesabında T_A , fenolftalein dönüm noktasına kadar harcanan asit hacmi (P) ile metil oranj dönüm noktasına kadar harcanan asit hacmi (M) toplamına eşittir ($T = P + M$). Alkaliniteye katkıda bulunan temel iyon türlerinin titrasyon sarfiyatlarından hesaplanması için Tablo 2.5'teki şartlar dikkate alınır. Analizlenen 15 numune Tablo 2.5'teki (1) ve/veya (2) şartına uymaktadır. Yani hiçbir numunede OH^- mevcut değildir. Bu durumda CO_3^{2-} ve HCO_3^- derişimleri ise Formül 2.6 ve 2.7 ile hesaplanmıştır. Bir su numunesinde yaklaşık pH 8'den sonra HCO_3^- varlığı oluşmaya başlar. 15 numune içinde her iki dönemde de pH değeri 8'in üzerine çıkan birkaç numune vardır.

Tablo 2.5. Alkaliniteye katkıda bulunan temel iyon türlerinin titrasyon sarfiyatlarından hesaplanması

Sarfiyat (mL)	OH^- Alkalinitesi	CO_3^{2-} Alkalinitesi	HCO_3^- Alkalinitesi
1) $P = 0$	0	0	T
2) $P < T/2$	0	2P	$T - 2P$
3) $P = T/2$	0	2P	0
4) $P > T/2$	$2P - T$	$2(T - P)$	0
5) $P = T$	T	0	0

$$\text{CO}_3^{2-} \text{ (mg/L)} = \frac{2P_A \cdot N_A \cdot 0.6 \cdot 50000}{V_N} \quad (2.6)$$

$$\text{HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = \frac{T(\text{veya } T - 2P) \cdot N_A \cdot 1.22 \cdot 50000}{V_N} \quad (2.7)$$

P_A : Titrasyonda fenolftalein dönüm noktasına kadar harcanan asit hacmi (mL)

T : Titrasyonda harcanan toplam asit hacmi (mL)

Titrasyonlarda kullanılan ayarlı sülfürik asidin hazırlanması ve ayarlanması da Formül 2.8 ve 2.9 yardımıyla yapılmıştır (APHA, 2017d).

Asidin yaklaşık 0.02 N hazırlanması için;

$$V_A = \frac{N_A \cdot Ek_A \cdot V_N \cdot 100}{\% \cdot d_A} \quad (2.8)$$

Formülünden yararlanılır. Burada;

V_A : Derişik sülfürik asitten alınacak hacim (mL)

N_A : Hazırlanacak asit çözeltisinin normalitesi (0.02 N)

Ek_A : Sülfürik asidin ekivalent gramı ($M_K/2 = 98.0/2 = 49.0$ g, M_K : mol kütlesi)

V_N : Hazırlanacak asit çözeltisinin son hacmi (mL)

% : Derişik asidin kütlece yüzdesi (98)

d_A : Derişik asidin yoğunluğu (1.84 g/mL)

Yaklaşık 0.02 N olarak hazırlanan asit çözeltisini ayarlamak için primer standart susuz $NaCO_3$ kullanıldı. Önce etüvde 105 °C’de 8 saat kadar kurutulan primer standart $NaCO_3$ ’ten 0.1 mg hassasiyette yaklaşık 0.02 g tartılarak titrasyon erlenine aktarıldı. Bir miktar saf su ile çözüldükten sonra üzerine metil oranj indikatörü damlatıldı ve bu karışım ayarlanacak olan H_2SO_4 çözeltisi ile dönüm noktasına kadar titre edildi. Sonra Formül 2.9 yardımıyla hesaplama yapılarak H_2SO_4 ’ün derişimi 4 anlamlı rakam içerecek şekilde hesaplandı.

$$N_A = \frac{m_{ps} \cdot 1000}{Ek_{ps} \cdot V_A} \quad (2.9)$$

N_A : Sülfürik asidin ayarlı normalitesi

m_{ps} : Primer standart Na_2CO_3 ’tan tartılan miktar (g)

Ek_{ps} : Primer standart Na_2CO_3 ’ın ekivalent kütlesi ($Ek_{ps} = M_K/2 = 106.0/2 = 53.0$ g)

V_A : Titrasyonda harcanan H_2SO_4 hacmi (mL)

2.3.3. Toplam Sertlik Tayinleri

Sularda sertlik analizleri EDTA (etilendiamintetraasetikası) ile titrasyon ile yapılmıştır. Ca ve Mg iyonları pH 9-10 civarında EDTA ile güçlü kompleksler oluşturur. Bu iyonların bulunduğu sulu ortama indikatör olarak Eriokrom siyahı T indikatörü ilave edildiğinde ortam şarap kırmızısı rengini alır.

EDTA primer standart bir madde olduğu için direkt tartımı alınarak ayarlı çözeltisi kolayca hazırlanabilir. Bunun için EDTA'nın sodyum tuzundan ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) bir miktar alınıp etüvde 80 °C'de 2 saat süre ile kurutuldu ve desikatörde soğutuldu. Kurumuş EDTA'dan duyarlı olarak 3.7224 g tartıldı ve az saf suda çözüldükten sonra balon jojede 1 L'ye tamamlandı. EDTA'nın sodyum tuzunun mol kütlesi 372.242 g/mol olduğundan $M = \frac{\text{mol}}{V} = \frac{3.7224/372.242}{1\text{L}} = 0.0100$ molar olarak derişimi hesaplanmış olur.

Sertlik tayini için her bir numuneden 50 mL alındı ve 250 mL'lik titrasyon erlenine konuldu. Üzerine 0.5 mL kadar Eriokromblack T indikatörü ve 1 mL tampon çözeltisi eklendi ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$ tamponu). İçerik ayarlı EDTA ile gök mavisi olana kadar titre edildi. Sudaki toplam sertlik (Sertlik bütünü) mg/L CaCO_3 cinsinden Formül 2.10 ile hesaplandı.

$$\text{Toplam sertlik (mg/L CaCO}_3\text{)} = \frac{V_{\text{EDTA}} \times M_{\text{EDTA}} \times M_{\text{CaCO}_3} \times 1000}{V_N} \quad (2.10)$$

V_{EDTA} : EDTA'nın titrasyon sonunda sarfedilen hacmi (mL)

M_{EDTA} : EDTA'nın molar derişimi (0.01 mol/L)

M_{CaCO_3} : CaCO_3 'ın mol kütlesi (100 g/mol)

V_N : Örnek hacmi (mL)

2.3.4. Sülfat Analizleri

Sülfat analizleri EPA'nın spektrofotometrede türbidimetrik bir metoda göre yapılmıştır (EPA Method 375.4, 1978). Metot çok eski olmasına rağmen geçerliliğini hala korumaktadır. Bu yöntem içme ve yüzey suları, evsel ve endüstriyel atıklar için oldukça uygundur. Yöntem, sülfatın tüm konsantrasyon aralıkları için uygundur; ancak güvenilir okumalar elde etmek için 40 mg SO_4^{2-} /L'den fazla olmayan bir numune kullanmak daha doğru olur. Bu çalışmada bu değerden daha fazla tespit edilen sular uygun oranlarda seyreltilerek analiz edildi. Yöntemin tayin sınırı yaklaşık 1 mg/L'dir.

Yöntemin esası şu şekildedir: Sülfat iyonu, kontrollü koşullar altında bir baryum sülfat süspansiyonuna dönüştürülür. Ortaya çıkan bulanıklık, bir nefelometre, filtre fotometresi veya spektrofotometre ile belirlenir ve standart sülfat çözeltilerinden hazırlanan bir kalibrasyon eğrisi ile karşılaştırılır. Yöntemde mutlaka bir kör çözelti hazırlanarak olası hatalar giderilmelidir. Yöntem oldukça sağlam olup sadece ortamda 500 mg/L üzerindeki silika türleri girişim yapar.

Bu analizde ölçüm için bir nefelometre kullanılabildiği gibi dalga boyu 420 nm ayarlanmış basit bir spektrofotometre veya mor filtreli bir filtre fotometre kullanılabilir (APHA, 2017e).

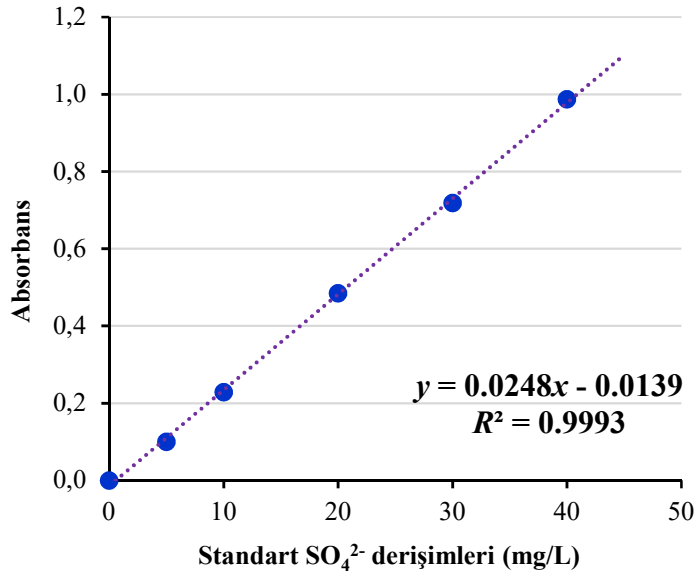
Çalışmada kullanılan reaktifler, çözeltiler ve uygulanan yöntem aşağıdaki gibidir:

Şartlandırma reaktifi: Büyük bir behere 30 mL derişik HCl, 300 mL ultra saf su, 100 mL %95'lik etanol ve 75 g NaCl ilave edildi ve çözüldü. Elde edilen karışıma 50 mL gliserol ilave edildi ve iyice karıştırıldı.

Standart SO_4^{2-} stok çözeltisi: 147.9 mg saf susuz $NaSO_4$ küçük bir behere tartıldı ve bir miktar ultra saf su ile çözüldükten sonra 1 L'lik balonjojeye aktarıldı ve hacmine tamamlandı. Bu çözelti sülfat yönünden 100 mg/L derişimindedir.

Standart SO_4^{2-} kalibrasyon çözeltileri: Stok çözeltiden ayrı ayrı 0.0, 2.5, 5.0, 10.0, 15.0 ve 20.0 mL kısımlar çekerek 50'şer mL 0.0, 5.0, 10.0, 20.0, 30.0 ve 40.0 mg/L derişimlerde altı standart SO_4^{2-} çözeltisi hazırlandı.

Analiz işlemi: Hazırlanan altı standarttan ve tayini yapılacak numuneden 5.0'er mL'lik kısımlar alınarak yedi ayrı erlene (100 mL hacimli) konuldu. Üzerlerine 5.0'er mL şartlandırma reaktifi ilave edildi ve birinci erlenden başlamak üzere içine bir magnet attıktan sonra karışım bir magnetik karıştırıcı üzerine yerleştirildi ve karıştırma işlemine başlandı. Karışan çözeltiye küçük bir spatül ucu kadar katı $BaCl_2$ ilave edildi ve bu dakikadan itibaren tam olarak 1 dakika karıştırma işlemine devam edildi. 60 saniye sonunda $BaSO_4$ 'tan ibaret oluşan bulanıklık spektrofotometrede 420 nm'de okunarak absorbans değeri kaydedildi. Bu işlemler tüm standartlara ve numunelere sırasıyla uygulanarak absorbans değerleri kaydedildi. Tüm ölçümler en az 3 kez yapılarak ortalamaları ve standart sapmaları hesaplandı. Standart çözeltilerden elde edilen absorbans değerlerine karşılık absorbans-konsantrasyon grafiği çizildi (Şekil 2.5). Tüm numunelerden elde edilen absorbans değerleri (y değerleri) bu kalibrasyon grafiğinin doğrusal formülünde ($y = 0.0248x - 0.0139$) yerine konulup SO_4^{2-} derişimleri (x değerleri) mg/L biriminde hesaplandı.



Şekil 2.5. SO_4^{2-} tayinlerinde kullanılan kalibrasyon grafiği

2.3.5. Nitrit Analizleri

Nitrit tayinleri yine spektrofotometrik olarak gerçekleştirildi. Yöntem, kullanım sularında nitrit tayini, içeriğindeki nitrit miktarına göre renk reaktifi ile pembe rengin oluşması ve 543 nm de absorbansa göre nitrit miktarın tespit edilmesi esasına dayanır (APHA 2017g).

Çalışmada kullanılan reaktifler, çözeltiler ve uygulanan yöntem aşağıdaki gibidir:

Renklendirme reaktifi: 800 mL saf suya 100 mL %85'lik fosforik asit ve 10 g sülfanilamid eklendi. Sülfanilamid tamamen çözüldükten sonra 1 g N-(1-Naftil)-etilendiamindihidroklörür reaktifi eklendi. Sonra iyice karıştırıldı ve 1 L'ye saf su ile tamamlandı. Bu karışım koyu renkli şişede ve buzdolabında saklandığında yaklaşık 1 ay stabil kalabilmektedir.

Stok nitrit çözeltisi (1000 mg/L): Nemli ve bol havanın girdiği ortamlarda NO_2^- kolayca okside olduğundan bu çözeltiyi hazırlarken ve saklarken çok dikkat etmek gerekir. Yüksek saflıkta NaNO_2 tuzundan 1.500 g tartıldı ve suda çözülerek hacmi saf su ile 1 L'ye tamamlandı. Hazırlanan bu çözelti NO_2^- yönünden 1000 mg/L'dir.

Ara nitrit çözeltisi (50 mg/L): 1000 mg/L'lik nitrit ana stok çözeltisinden 5 ml alındı ve 100 mL'lik bir balon joje içerisine konularak çizgisine kadar saf su ile tamamlandı. Bu çözelti ana stoktan günlük hazırlanmalıdır. Hazırlanan 50 mg/L ara nitrit çözeltisi

kullanılarak Tablo 2.6’da gösterilen pipetlemeler yapılarak 0–1.00 mg/L arasında kör çözelti dahil yedi adet kalibrasyon standardı hazırlandı.

Tablo 2.6. Nitrit analizlerinde standart çözeltilerin hazırlanması

Konsantrasyon (mg/L)	Ara Stoktan Alınacak Miktar (mL)	Son Hacim (mL)
0.00	0.00	50
0.05	0.05	50
0.10	0.10	50
0.25	0.25	50
0.50	0.50	50
0.75	0.75	50
1.00	1.00	50

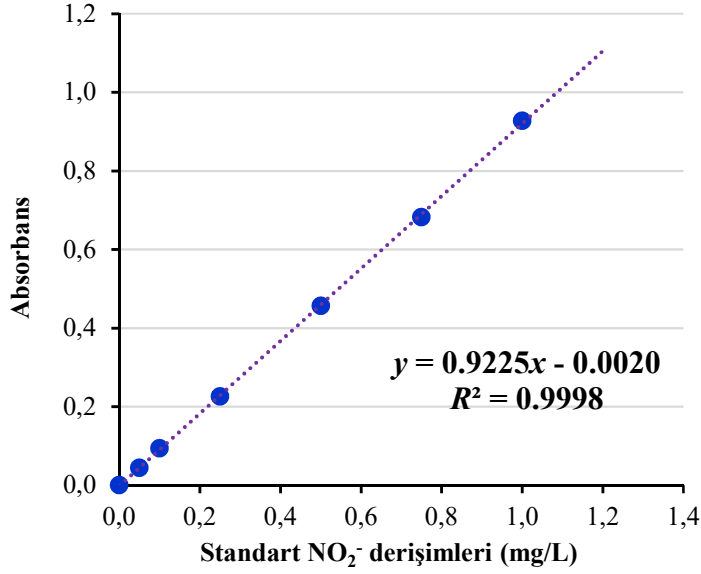
Not: Ultra saf su ile seyreltmelerde $C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$ seyreltme formülü kullanılmıştır.

Analiz işlemi: Yedi standartla birlikte her bir numuneden 50 mL alındı ve üzerine renklendirme reaktifinden 2.0’şer mL ilave edildi. İdeal rengin oluşması için en az 10 dakika bekletildi. Spektrofotometrede 543 nm’de önce standartların absorbansları, daha sonra da numunelerin absorbansları alındı. Sülfat tayininde olduğu gibi standartlarla çizilen kalibrasyon grafiği (Şekil 2.6) yardımıyla numunelerdeki nitrit içerikleri tayin edildi.

Tüm çözeltiler spektrofotometrede üçer kez okutuldu, ortalamaları ve standart sapmaları hesaplandı.

2.3.6. Metal Analizleri

Suda az ya da çok olması muhtemel 14 metalin (Ca, Mg, Na, K, Fe, Cu, Mn, Zn, Al, Co, Ni, Cd, Pb ve Cr) analizleri, yukarıda da ifade edildiği gibi MP-AES ile yapıldı. Tayinden önce cihaz bir seri standart çözelti ile kalibre edilerek her bir metalin doğrusal kalibrasyon grafikleri çizildi. 1000 mg/L derişimde tekli metal stok çözeltilerinden uygun oranlarda seyreltmeler yapılarak 0–10.0 mg/L aralığında bir seri standart çözelti hazırlandı. Bu çözeltiler öncelikle MP-AES’de ölçülerek emisyon şiddeti değerleri belirlendi. Herbir metal için sinyal ile derişim arasında doğrusal kalibrasyon grafikleri ($y = mx + n$) çizildi. Sonra numuneler ölçüldü ve okunan emisyon şiddeti değerleri (y değerleri) formüllerde yerine yazılarak derişim değerleri (x değerleri) belirlendi. Aslında cihaz bu işlemlerin hepsini otomatik olarak yapmakta ve sonucu derişim cinsinden verebilmektedir.



Şekil 2.6. NO₂⁻ tayinlerinde kullanılan kalibrasyon grafiği

2.4. Kalite Kontrol

Analiz sonuçlarının güvenilirliği ve kalitesi için sonuçlara bazı istatistiksel testler uygulandı. Her bir numune en az 3 kez tekrar edildi ve sonuçların ortalama değerleri ile standart sapmaları hesaplandı. Sonuç tabloları altında tanımlayıcı istatistik bilgileri verildi.

Elde edilen sonuçların doğruluk ve kesinliğinin belirlenmesi, sonuçların belli bir güven aralığında ve seviyesinde verilmesi işlemleri gerçekleştirildi. Ayrıca standart kalibrasyon grafiği kullanımının yanı sıra numunelere ekleme/geri kazanma testleri uygulanarak olası girişimlerin varlığı test edildi. Metal analizlerinin doğruluğu ayrıca bir standart referans maddenin (CRM-TMDW-A Trace Metals in Drinking Water) analizi ile kanıtlandı.

2.4.1. Ekleme/Geri Kazanma Testleri

MP-AES’de ekleme/geri kazanma testleri için Şekil 2.7’de görüldüğü gibi önce 15 mL hacimli üç adet PP tüpe 4’er mL numune konuldu (1. Adım). Sonra ilk tüpe 1 mL saf su, ikinci tüpe 5 mg/L karışık metal standardından 1 mL ve son tüpe de 10 mg/L karışık metal standardından 1 mL ilave edildi (2. Adım). Dolayısıyla bu adımda ilk tüpte bulunan orijinal numuneye sadece saf su ilave edildiğinden orijinal numune 5/4 oranında seyrelmiş oldu. Diğer iki tüpe ise 1 mg/L ve 2 mg/L standart ilave edilmiş oldu. Son olarak tüm tüpler kapatılıp iyice karıştırıldıktan sonra içerikleri MP–AES’de tayin edildi.

Geri kazanım testlerinde tayinden sonra her bir metal için ilave edilen standart derişimlerin ne kadarının geri kazanıldığı hesap edilmektedir. Geri kazanım değerleri aşağıdaki Formül 2.11 yardımı ile hesaplanmaktadır. Bu test ile orijinal matriksten kaynaklanan olası girişimler tespit edilebilmektedir. Orijinal matriksin çok fazla seyrelmemesi için ilave edilen standart hacmine göre numune hacmi daha yüksek tutulmuştur.

$$GK (\%) = \frac{C_{bul} - C_{num}}{C_{std}} \times 100 \quad (2.11)$$

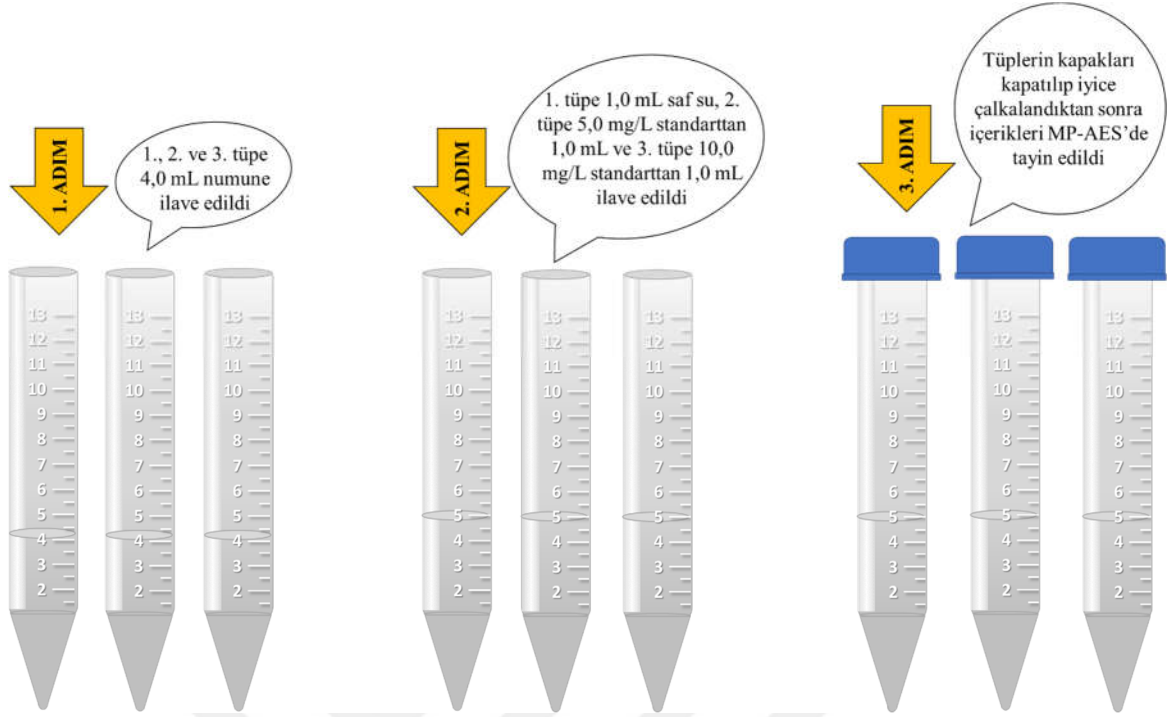
GK : Geri kazanım

C_{bul} : MP-AES ile belirlenen 2. ve 3. tüp derişimi (standart ilavesi yapılan tüpler)

C_{num} : MP-AES ile belirlenen sadece numune içeren (5/4 seyreltik) 1. tüp derişimi

C_{std} : İlave edilen standart derişimi

Eğer ölçümlerde herhangi bir girişim yoksa, $C_{bul} = C_{num} + C_{std}$ olması beklenir (%100 geri kazanım). Geri kazanım değerleri %95–105 bulunursa, standart kalibrasyon yöntemi ile belirlenen sonuçlarda olası girişim varlığı istatistiksel olarak ihmal edilebilir. Bu aşamada yapılan ekleme/geri kazanım testleri sonucunda tüm metaller için ortalama %10 civarında bir girişim tespit edilmiş olup nihai sonuçlara düzeltme faktörü uygulanmıştır.



Şekil 2.7. İncelenen suların MP-AES ile metal analizleri sonucunda elde edilen sonuçların doğruluk analizleri için ekleme/geri kazanma testlerinin uygulanması

2.4.2. Sertifikalı Referans Madde Analizi

MP-AES ile metal analizlerinin doğruluğunu test etmek için alternatif başka bir yöntem de sertifikalı referans madde (SRM) analizidir. Bilindiği üzere, SRM'lerin içerikleri akredite laboratuvarlarda analiz edilerek sertifikalandırılmaktadır. Sertifikalı SRM; CRM-TMDW-A Trace Metals in Drinking Water, aynı şekilde MP-AES'de analiz edildi ve her bir metalin geri kazanım değerleri hesaplandı. Tablo 2.7'de görüldüğü gibi, geri kazanım değerleri %89.5–108.3 arasında değişmektedir. Kantitatif geri kazanım aralığı %95–105 arasında olmalıdır. Bu açıdan sonuçlara bakıldığında bazı geri kazanım değerleri bu aralığın dışındadır. İlave olarak, sertifikalı değer ile MP-AES ile ölçülerek bulunan değer arasında %95 güven seviyesinde anlamlı bir farkın olup olmadığını test etmek için verilere çift yanlı *t*-testi uygulandı (Skoog vd., 2004). Tablo 2.7'de dikkat edileceği gibi, SRM değerleri için herhangi bir belirsizlik ya da standart sapma verilmemiştir (High-Purity Standards'ın sertifika belgesinde bu değerler bildirilmemiştir). Sertifika değerleri mutlak olduğu için *t*-testi de Formül 2.12'deki gibi uygulanmıştır.

$$t_{den} = \frac{|C_{den} - C_{srm}|}{s/\sqrt{N_{den}}} \quad (2.12)$$

Formül 2.12 ile hesaplanan t_{den} değeri kritik t değerleri tablosundan (%95 güven seviyesinde ve serbestlik derecesi $N-1=2$ için $t_{kritik}=4.30$) bulunan değerle karşılaştırıldığında, tüm metaller için $t_{den} \leq t_{kritik}$ şartı sağlandığından C_{srm} ile C_{den} arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.

Tablo 2.7’de görüleceği gibi, geri kazanım değerleri %95–105 aralığının dışında kalan metaller için de t -testi sonucunda sertifikalı değer ile bulunan değer arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmamıştır. Burada kritik nokta deneysel verilerin standart sapmasıdır. Standart sapma büyüdükçe kesinlik azalacağından sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark düzeyi düşecektir. Dolayısıyla, bu test sonucunda aradaki farkların rastgele hatalardan kaynaklandığı söylenebilir.

2.4.3. Yük-Denge Hatası (YDH) Analizleri

Su kalite tayinlerinde “Yük-Denge Hatası (Charge-Balance Errors, CBE)” analizi hesaplamaları sıkça uygulanan yöntemlerden biridir (Fritz, 1994). Bilindiği gibi, sularda çözünmüş halde bulunan iyonik türlerin toplam yükleri sıfırdır, yani nötrdür. Analitik kimyada buna “yük denkliliği” denir. Su kalite analizlerinde, eğer herhangi bir hata yoksa, anyon ve katyonların eşdeğer kütleleri toplamı da birbirlerine eşit olmalıdır. Ancak hatasız bir analiz olamayacağına göre, hatanın kabul edilebilir sınırlara çekilmesi bir analiz için en tatmin edici sonuçtur. Bir kimyasal analizde başlıca iki tür hatadan bahsedilebilir: Sistemik hata ve rasgele hata. Sistemik hatalar belirlenebilir ve çeşitli önlemlerle bertaraf edilebilir. Ancak rasgele hataların kaynağı belli olmadığı için tamamen yok edilemezler. Bu hataların analitik sonuçlar üzerine etkisini en aza indirmek en tatmin edici olanıdır (Skoog vd., 2004).

Sudaki tüm iyonları analiz etmek çok güç olduğundan Yük-Denge Hatası (YDH) analizi asla %100 doğruluk vermez. Ancak analitik sonuçların tatmin edici düzeyde olup olmadığı (geçerliliği ve kalitesi) hakkında fikir veren birkaç analizden biri niteliğindedir. Aslında çoğu durumda sulardaki tüm iyonları analiz etmek gerekmez. Yeraltı ve yerüstü sularında mevcut majör iyonlar (HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ ve K^+) iyon dengesinin çoğu zaman %95’inden daha fazladır.

Tablo 2.7. MP-AES’de metal ölçümleri için doğruluk testi: CRM-TMDW-A Trace Metals in Drinking Water Solution A sertifikalı referans madde analizi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	mg/L				µg/L									
	Ca	Mg	Na	K	Fe	Cu	Mn	Zn	Al	Co	Ni	Cd	Pb	Cr
C_{srm}	31	8	2.3	2.5	90	20	40	75	125	25	60	10	20	20
C_{den}	30.10	7.61	2.44	2.41	84.3	18.9	39.4	81.2	129.5	23.3	55.7	<15.5	<23.5	17.9
S_{den}	0.41	0.19	0.09	0.05	3.1	0.9	1.4	4.7	6.6	0.8	2.6	—	—	0.9
N_{den}	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
$BSS_{den} (%)$	1.36	2.43	3.69	2.16	3.7	4.9	3.6	5.8	5.1	3.2	4.7	—	—	4.8
GK (%)	97.1	95.1	106.1	96.4	93.7	94.5	98.5	108.3	103.6	93.2	92.8	—	—	89.5
<i>t</i> -testi*														
$C_{den} - C_{srm}$	0.90	0.39	0.14	0.09	5.70	1.10	0.60	6.20	4.50	1.70	4.30	—	—	2.10
$S_{den}/\sqrt{N_{den}}$	0.24	0.11	0.05	0.03	1.80	0.53	0.82	2.73	3.82	0.44	1.51	—	—	0.49
t_{den}	3.80	3.65	2.69	3.00	3.17	2.07	0.73	2.27	1.18	3.91	2.84	—	—	4.27
t_{kritik}	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30
Sonuç	Aynı	Aynı	Aynı	Aynı	Aynı	Aynı	Aynı	Aynı	Aynı	Aynı	Aynı	—	—	Aynı

**t*-testi, belli bir olasılıkta (örneğin %95 ihtimalle) iki sonuç arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olup olmadığını belirlemek için uygulanır. Hesaplanan t_{den} değeri ile tablodan alınan t_{kritik} değeri karşılaştırılır. ' $t_{den} \leq t_{kritik}$ ise iki sonuç arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur' değerlendirilmesi yapılır.

BSS_{den} : Bağlı standart sapma $\left(BSS (%) = \frac{S_{den}}{C_{den}} \times 100 \right)$

C_{srm} : Sertifikalı değer

C_{den} : Deneysel değer ortalaması

S_{den} : Deneysel değerlerin standart sapması

N_{den} : Deneysel değer için tekrar sayısı

t_{den} : Deneysel *t* değeri

t_{kritik} : %95 güven seviyesinde iki yönlü t_{kritik} tablosundan bulunan değer ($N-1=2$ serbestlik derecesi için $t_{kritik}=4.30$ 'dur.)

YDH analizi aşağıdaki Formül 2.13 ve 2.14 ile hesaplanır (APHA, 2017h):

$$YDH (%) = \frac{\sum \text{katyonlar (mek/L)} - \sum \text{anyonlar (mek/L)}}{\sum \text{katyonlar (mek/L)} + \sum \text{anyonlar (mek/L)}} \times 100 \quad (2.13)$$

Burada mek, miliekivalent kütle demektir ve aşağıdaki Formül 2.14 ile hesaplanır:

$$\text{mek/L} = \left(\frac{\text{mg/L}}{M} \right) \times Z \quad (2.14)$$

Burada M, türün mol kütlelerini, Z ise yükünün büyüklüğünü (mutlak sayısal değerini) temsil etmektedir. $\pm\%5$ 'den daha düşük YDH değeri, analizlerin kabul edilebilir hata ile gerçekleştiğini gösterir. Bazı kaynaklara göre de YDH'nin $\pm\%10$ içerisinde kalması da özellikle yüksek içerikli sular için kabul edilebilir (Hounslow, 1995; Özcan vd., 2007).

Anyon-kasyon analiz sonuçlarının kalite kontrolü için verilere Formül 2.13 ve 2.14 uygulanarak YDH'ları belirlendi. Hesaplanan YDH değerleri Tablo 2.8'de verilmiştir. Tablodaki eksi değerler, anyonların kasyonlara göre daha fazla olduğunu göstermektedir. Sonuçlara bakıldığında hepsinin ± 5 aralığında kaldığı görülmektedir. Yani anyon ve kasyon değerleri arasında bir uyum söz konusudur.

YDH değeri ne kadar sıfıra yaklaşıyorsa anyon-kasyon ölçümlerinin o derece sağlıklı yapıldığının bir göstergesidir. Değerlerin sıfırdan uzaklaşması, yani anyon-kasyon dengesizliğinin nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (URL-8; URL-9):

1. Analizler esnasında meydana gelen sistematik hatalar – Seçilen yöntemden, kullanılan cihaz, alet-ekipmandan ve kişisel hatalardan kaynaklı hatalı ölçümler.
2. Askıda katı maddelerin varlığı – Askıda katı maddede karbonatlar varsa bunlar titrasyon esnasında yavaşça çözüneceklerinden dolayı alkalinitenin yüksek çıkmasına, dolayısıyla toplam anyonların da yüksek bulunmasına neden olur.
3. Süzülmemiş su numuneleri – Süzülmemiş numuneye koruyucu olarak küçük asit eklenmesi (örneğin HNO_3) katı partiküllerin bir kısmının çözünerek suya karışmasına neden olur.
4. İyonlaşabilen organik bileşiklerin varlığı – Kısa zincirli uçucu yağ asitleri, laktik asit ve bazı protein türleri kısmen iyonlaşarak elektriksel iyon yüküne katkıda bulunabilir.

Numune alma prosedürünün uygun olmaması – Farklı numune kaplarının seçimi, kapların tam doldurulmaması vs. gibi uygun olmayan koşullarda alınan numunelerin bileşimi değişebilir.

Bu maddelere tek tek bakıldığında, en azından 2, 3 ve 5. maddelerde oldukça titiz davranılmıştır. 1. maddede ifade edilen “analizler esnasında meydana gelen sistematik hatalar” hepsinden daha ciddi boyutlara ulaşabilir. Bu nedenle, analiz işlemleri bir uzmanlığı gerektirir. Doğru bir analiz belki de uzun zaman içerisinde tecrübe kazanılarak elde edilen bir yetenektir.

Tablo 2.8. Su numuneleri için YDH değerleri

	1. DÖNEM			2. DÖNEM		
	T.Kasyon (meq/L)	T.Anyon (meq/L)	YDH (%)	T.Kasyon (meq/L)	T.Anyon (meq/L)	YDH (%)
1	6.60	6.51	0.70	7.10	6.85	1.79
2	4.64	4.45	2.13	5.03	4.79	2.43
3	2.29	2.23	1.38	2.61	2.46	3.01
4	3.06	2.92	2.25	3.27	3.13	2.23
5	2.13	2.07	1.34	2.38	2.23	3.13
6	2.54	2.50	0.88	2.80	2.68	2.30
7	1.63	1.64	-0.06	1.93	1.83	2.49
8	1.50	1.61	-3.58	1.78	1.78	0.19
9	1.59	1.71	-3.72	1.81	1.86	-1.31
10	1.54	1.50	1.24	1.72	1.71	0.15
11	4.50	4.24	3.03	4.76	4.80	-0.38
12	6.58	6.12	3.65	6.97	6.48	3.62
13	8.82	8.68	0.79	9.61	9.42	0.96
14	7.30	6.96	2.42	7.88	7.47	2.68
15	2.68	2.54	2.78	2.89	2.74	2.67

YDH: Yük-denge hatası

T.Kasyon: Toplam kasyon miktarı (meq/L)

T.Anyon: Toplam anyon miktarı (meq/L)

Her ne kadar majör bileşenler bir yüzey suyunun veya şebeke suyunun içeriğinin en az %95'ini oluştursa da hesaplamaya dahil edilmeyen türlerin önemli miktarlarda suda bulunma ihtimali söz konusudur. Burada en azından %5'lik bir hata başta yapılıyor demektir. Ayrıca bazı numunelerde bu majör bileşenlerin dışında kalan türler (florür, lityum, bor, mangan, fosfat, silikat vs.) bazen ortamda ihmal edilemeyecek miktarlarda olabilir. Ancak sonuç itibari ile bakıldığında, bu tez çalışmalarından elde edilen sonuçların YDH açısından tatmin edici olduğu söylenebilir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Sonuçlara Ait Bulgular

Trabzon ili Akçaabat ilçesinde farklı faaliyet konularında ve farklı yerleşim birimlerinde üretim yapan gıda işletmelerinden iki dönem boyunca alınan (15 Mayıs 2021 ve 15 Haziran 2021) 15'er adet su örneklerinin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizleri gerçekleştirilmiş olup elde edilen sonuçlar Tablo 3.1 – 3.3 arasında verilmiştir.

Bölüm 2.3.1'de açıklandığı şekilde uygulanan mikrobiyolojik analizler sonucunda hiçbir numunede koliform bakteri, *E. coli* ve fekal koliform türleri teşhis edilmemiştir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Su numunelerinin mikrobiyolojik içerikleri

Örnek	Koliform Bakteriler (kob/250 mL)		<i>E. coli</i> (kob/250 mL)		Fekal Koliform (kob/250 mL)	
	1	2	1	2	1	2
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0

Kob: Koloni oluşturma birimi

Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'de görüldüğü üzere 1. ve 2. dönem olmak üzere aynı su numunesinden iki kez alınmıştır. Sonuçlardan da görülebileceği gibi, genel olarak 2. dönem sonuçları az çok birinci dönemden biraz daha yüksektir. Sıcaklık değerlerine bakıldığında, genel olarak bir artışın olduğu tespit edilmiş olup bu farkın da havaların ısınması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. İlk örnekleme dönemi (15 Mayıs) bahar mevsiminin son ayına, ikinci örnekleme dönemi (15 Haziran) ise yaz mevsiminin ilk ayına denk gelmektedir. Dolayısıyla hava sıcaklıklarının artış göstermesi ve mevsimin az da olsa değişime uğraması normal olarak karşılanmalıdır.

İkinci örnekleme dönemi sularının içeriklerinin birinci döneme göre biraz daha yüksek olduğu anlaşılmışna rağmen aradaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını test etmek için her bir parametrenin birinci ve ikinci dönem değerlerine karşılıklı olarak *t*-testi uygulandı. Ek Tablo 1 ve Ek Tablo 2’de görüleceği üzere birinci dönem sonuçları ile ikinci dönem sonuçlarının neredeyse tamamı istatistiksel olarak birbirinden farklı çıkmıştır.

pH ve çözünmüş oksijen değerlerinde belirgin bir farklılık olmamış, değerlerin 1. ve 2. dönemde yaklaşık birbirlerine yakın olduğu görülmüştür. Ancak 13 numaralı numuneye dikkat edilirse, çözünmüş oksijen içeriği diğer numunelere göre her iki dönemde de oldukça düşüktür (3.80 ve 2.47 mg/L). İletkenlik, toplam çözünmüş katı ve tuzluluk verilerinde ise genellikle iki dönemde de benzer değerlerin olduğu tespiti yapılmış fakat 1, 2, 12, 13 ve 14. işletmelerden alınan su örneklerinde ise diğer verilere göre değerlerin daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Bu değerler yüksek olmasına rağmen “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelikte” belirtilen sınır değerin (2500 μ S/cm) altında olduğu da görülmektedir. İletkenlik değerlerindeki artışa havaların ısınması ile suların derişmesi ve sıcaklık değerlerinin artış göstermesi neden olmuş olabilir ya da bahar mevsiminden çıkıp yaz ayına girilmeye başlanan dönemde antropojenik faaliyetlerin (insan faaliyetleri) artması da etken olmuş olabilir. Tuzluluk ve toplam çözünmüş katı (TDS) değerlerinin de iletkenlik değerleriyle paralellik göstermesi oldukça normaldir. Çünkü, TDS ve tuzluluk değerleri ölçülen iletkenlik değerlerinden yola çıkılarak bir formülasyonla türetilmektedir. Yani, ayrıca TDS ve tuzluluk ölçümü yapılmamaktadır. “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelikte” TDS ile ilgili bir limit değeri belirtilmezken WHO’nun tavsiye ettiği kılavuz değeri <600 mg/L’dir (WHO, 2017). Bu değere karşılık gelen iletkenlik değeri de yaklaşık 1000 μ S/cm’dir. Dolayısıyla, iletkenlik değerleri ile birlikte TDS değerleri de sınır değerleri aşmamaktadır.

Tablo 3.2. Birinci dönem su numunelerinin bazı su kalite parametreleri açısından içerikleri

1. DÖNEM SU KALİTE PARAMETRE SONUÇLARI																								
	1	2	3	4	5	6	7		8		9		10		11		12		13		14		15	
	Sıcaklık (°C)	pH	Çözünmüş O ₂ (mg/L)	İletkenlik (µS/cm)	Toplam çözünmüş katı (mg/L)	Tuzluluk (ppt)	Toplam Alkalinite (mg/L CaCO ₃)		Karbonat (CO ₃ ²⁻ , mg/L)		Bikarbonat (HCO ₃ ⁻ , mg/L)		Sülfat (mg/L)		Nitrit (mg/L)		Amonyum (mg/L)		Sertlik (mg/L CaCO ₃)		Nitrat (mg/L)		Klorür (mg/L)	
Num. No							Ort.	s	Ort.	s	Ort.	s	Ort.	s	Ort.	s	Ort.	s	Ort.	s	Ort.	s	Ort.	s
1	21.3	7.52	8.10	622.0	302.0	0.30	255.7	0.8	0.0	0.0	312.0	1.0	51.7	0.7	<LOQ	-	0.13	0.01	332.7	3.1	3.8	0.0	9.1	0.1
2	19.6	7.58	8.47	503.0	244.0	0.24	195.9	1.8	0.0	0.0	239.0	2.2	5.7	0.2	<LOQ	-	0.11	0.02	225.0	1.0	5.0	0.2	11.7	0.2
3	20.1	8.05	9.94	225.0	106.2	0.11	90.3	0.8	0.0	0.0	110.2	1.0	4.9	0.2	<LOQ	-	0.07	0.02	113.7	3.5	3.6	0.1	9.3	0.0
4	21.4	8.13	9.51	240.0	113.4	0.11	89.0	0.8	1.0	0.3	107.6	0.8	39.8	0.6	<LOQ	-	0.06	0.02	148.0	2.0	5.0	0.2	8.8	0.1
5	20.8	8.05	10.18	185.4	88.1	0.09	84.9	0.5	1.1	0.1	102.5	0.5	4.5	0.1	<LOQ	-	0.06	0.02	99.0	1.0	3.5	0.1	8.5	0.1
6	19.1	8.02	9.42	211.1	100.5	0.10	108.3	1.3	0.7	0.6	131.5	1.1	2.2	0.2	<LOQ	-	0.06	0.01	125.0	2.0	4.8	0.1	7.9	0.0
7	18.0	7.80	9.29	124.0	58.6	0.06	64.9	0.5	0.0	0.0	79.2	0.6	5.3	0.1	<LOQ	-	0.07	0.02	77.7	2.5	1.9	0.1	7.0	0.1
8	19.9	7.81	9.11	125.8	59.5	0.06	63.2	1.1	0.0	0.0	77.1	1.3	4.0	0.1	<LOQ	-	0.05	0.01	71.0	1.0	3.2	0.1	7.4	0.0
9	19.8	7.76	8.94	123.5	58.4	0.06	66.8	1.7	0.0	0.0	81.5	2.1	4.8	0.3	<LOQ	-	0.06	0.01	72.0	2.0	4.3	0.0	7.1	0.0
10	18.5	7.88	9.52	125.1	59.1	0.06	55.4	0.5	0.0	0.0	67.5	0.6	5.5	0.1	<LOQ	-	0.04	0.01	71.3	1.5	5.1	0.2	7.2	0.0
11	19.7	8.15	9.06	385.0	185.2	0.18	152.4	0.9	2.0	0.5	184.9	0.9	47.5	2.8	<LOQ	-	0.09	0.01	198.0	2.0	4.6	0.0	5.1	0.0
12	19.6	7.52	7.84	610.0	296.0	0.30	219.4	0.8	0.0	0.0	267.7	0.9	65.0	0.6	<LOQ	-	0.09	0.01	299.7	1.5	5.6	0.1	10.1	0.3
13	19.3	7.62	3.80	816.0	399.0	0.40	349.1	1.9	0.0	0.0	425.9	2.3	74.5	1.1	0.022	0.003	0.33	0.02	282.3	2.5	3.7	0.0	3.2	0.1
14	21.2	7.75	9.51	663.0	323.0	0.32	250.0	2.0	0.0	0.0	305.0	2.5	79.2	1.5	<LOQ	-	0.27	0.02	333.0	2.0	5.8	0.2	7.6	0.1
15	18.4	8.08	9.71	206.1	98.0	0.10	105.9	1.7	5.1	1.0	126.6	2.4	5.7	0.3	<LOQ	-	0.05	0.01	127.7	2.5	4.0	0.1	9.8	0.0
Ortalama	19.8	7.85	8.83	344.3	166.1	0.17	143.4	0.3	0.7	0.1	174.5	0.4	26.7	0.2	0.022	-	0.10	0.0	171.7	0.6	4.3	0.0	8.0	0.0
Maks.	21.4	8.15	10.18	816	399.0	0.40	349.1		5.1		425.9		79.2		0.022		0.3		333.0		5.8		11.7	
Min.	18.0	7.52	3.80	123.5	58.4	0.06	55.4		0.0		67.5		2.2		0.022		0.0		71.0		1.9		3.2	
LOQ	-	-	-	-	-	-	1.0		1.0		1.0		0.1		0.02		0.02		1.0		0.2		0.2	

Not: Kırmızı renkli hücreler bağıl olarak yüksek değerlere işaret etmektedir.

Tablo 3.3. İkinci dönem su numunelerinin bazı su kalite parametreleri açısından içerikleri

2. DÖNEM SU KALİTE PARAMETRE SONUÇLARI																								
	1	2	3	4	5	6	7		8		9		10		11		12		13		14		15	
	Sıcaklık (°C)	pH	Çözünmüş O ₂ (mg/L)	İletkenlik (µS/cm)	Toplam çözünmüş katı (mg/L)	Tuzluluk (ppt)	Toplam Alkalinite (mg/L CaCO ₃)		Karbonat (CO ₃ ²⁻ , mg/L)		Bikarbonat (HCO ₃ ⁻ , mg/L)		Sülfat (mg/L)		Nitrit (mg/L)		Amonyum (mg/L)		Sertlik (mg/L CaCO ₃)		Nitrat (mg/L)		Klorür (mg/L)	
							Ort.	s	Ort.	s	Ort.	s	Ort.	s	Ort.	s	Ort.	s	Ort.	s	Ort.	s	Ort.	s
1	21.8	7.69	8.45	614.0	310.0	0.30	266.8	5.1	0.0	0.0	325.5	6.2	55.8	1.1	<LOQ	-	0.17	0.01	358.0	2.0	4.7	0.0	9.8	0.1
2	20.5	7.89	9.45	520.0	246.6	0.25	208.4	1.6	0.0	0.0	254.2	1.9	6.2	0.1	<LOQ	-	0.13	0.01	241.0	9.8	5.8	0.2	14.1	0.4
3	19.1	7.97	10.06	201.4	95.8	0.09	103.8	2.3	0.0	0.0	122.1	2.2	5.0	0.2	<LOQ	-	0.09	0.01	128.0	2.0	5.0	0.1	9.6	0.1
4	19.8	8.05	10.09	205.0	98.7	0.10	99.9	2.1	7.1	0.5	114.7	2.2	42.6	0.9	<LOQ	-	0.10	0.01	162.7	3.1	5.7	0.0	9.6	0.1
5	19.9	8.02	9.76	192.5	91.5	0.09	92.1	1.0	2.5	0.5	109.8	0.8	4.8	0.2	<LOQ	-	0.08	0.01	118.3	1.5	4.0	0.2	9.5	0.2
6	19.5	8.06	9.29	204.5	97.3	0.10	116.3	0.3	2.6	0.4	139.3	0.8	2.6	0.1	<LOQ	-	0.07	0.01	135.3	2.5	5.9	1.2	8.7	0.1
7	18.7	7.82	9.03	169.5	80.4	0.08	72.1	0.7	0.0	0.0	88.0	0.9	6.0	0.2	<LOQ	-	0.08	0.01	86.7	1.5	2.1	0.0	8.3	0.1
8	20.8	7.88	9.21	168.0	79.7	0.08	69.3	0.4	0.0	0.0	84.6	0.5	4.6	0.1	<LOQ	-	0.06	0.01	82.3	2.1	3.7	0.1	8.4	0.2
9	21.1	7.89	9.43	171.5	81.4	0.08	71.2	1.6	0.0	0.0	86.9	1.9	5.5	0.1	<LOQ	-	0.07	0.01	81.7	1.5	4.5	0.0	8.7	0.2
10	19.4	7.94	9.34	168.5	80.0	0.08	63.8	2.5	0.0	0.0	77.8	3.1	5.8	0.0	<LOQ	-	0.07	0.01	75.3	1.5	6.2	0.1	7.8	0.3
11	19.8	7.98	8.99	411.0	198.0	0.20	176.3	2.2	5.1	0.5	209.9	2.5	53.0	3.8	<LOQ	-	0.12	0.01	207.0	1.0	4.8	0.0	6.2	0.1
12	21.7	7.55	8.67	639.0	311.0	0.31	230.8	1.5	0.0	0.0	281.5	1.8	69.7	2.2	<LOQ	-	0.11	0.02	302.0	3.0	6.1	0.0	11.3	0.1
13	20.1	7.58	2.47	817.0	400.0	0.40	380.0	2.8	0.0	0.0	463.6	3.5	79.7	0.8	0.032	0.007	0.40	0.02	311.7	3.5	3.9	0.1	3.7	0.0
14	20.9	7.77	9.53	675.0	329.0	0.33	269.5	3.2	0.0	0.0	328.8	3.9	83.9	0.8	<LOQ	-	0.30	0.04	346.7	2.1	6.3	0.1	8.1	0.2
15	19.4	8.10	9.45	217.0	103.3	0.10	115.8	0.9	9.5	0.8	136.4	0.8	6.6	0.4	<LOQ	-	0.06	0.01	140.0	2.0	4.4	0.0	10.5	0.2
Ortalama	20.2	7.88	8.88	334.6	162.3	0.16	155.7	0.6	1.8	0.1	188.2	0.7	28.8	0.3	0.032		0.13	0.00	184.6	1.3	4.9	0.1	8.9	0.0
Maks.	21.8	8.10	10.09	817.0	400.0	0.40	380.0		9.5		463.6		83.9		0.032		0.40		358.0		6.3		14.1	
Min.	18.7	7.55	2.47	165.3	78.4	0.08	63.8		0.0		77.8		2.6		0.032		0.06		75.3		2.1		3.7	
LOQ	-	-	-	-	-	-	1.0		1.0		1.0		0.1		0.02		0.02		1.0		0.2		0.2	

Not: Kırmızı renkli hücreler bağıl olarak yüksek değerlere işaret etmektedir.

Sülfat verileri incelendiğinde; 1, 4, 11, 12, 13 ve 14. işletmelerden alınan su örneklerindeki değerlerin diğer su örneklerine nispeten ortalama değer bazında düşünüldüğünde oldukça yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Ancak bu yüksek değerler bile mevzuatta bildirilen 250 mg/L değerinin oldukça altındadır. Nitrit ve nitrat değerleri incelendiğinde ise nitritin her iki dönemde de sadece 13. işletmeden alınan su örneğinde tespit edilebildiği, nitrat değerlerinin ise diğer parametrelerde olduğu gibi genel olarak 2. dönem analiz verilerinde %5–30 arasında değişen artışlar gösterdiği tespit edilmiştir. Her ne kadar 2. dönem sularında nitrat değerlerinde önemli artışlar gözlene de mevzuatta (İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik) ve EPA'nın (Çevre Koruma Ajansı) nitrat için belirlediği sınır değerlere yaklaşan değerler görülmemektedir. Bu bağlamda da işletmelerde üretim, temizlik, sanitasyon ve içme suyu olarak kullanılan suların nitrat ve nitrit değerlerinin sağlık açısından önemli bir risk teşkil etmediği görülmüştür.

Sertlik değerleri açısından veriler değerlendirildiğinde; 1, 2, 11, 12, 13 ve 14. işletmelerden alınan su örneklerinin ortalama değer üzerinde olduğu ve diğer örneklere göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Tablo 3.5 ve Tablo 3.6'da görüldüğü üzere suya sertlik veren Ca ve Mg elementlerinin de aynı şekilde 1, 2, 11, 12, 13 ve 14. işletmelerden alınan su örneklerindeki değerlerinin yüksek olması bu elementlerin (Ca, Mg) sertlik üzerinde etkili olduğu üzerinde tespit edilmesini sağlamıştır.

Suların sertliği açısından bir değerlendirme yapılırsa incelenen suların farklı karakterlerde oldukları görülür. Suların sertlik değerleri ile ilgili bir kriter şablonu türetilmiştir: 50 mg/L CaCO₃ eşdeğerine kadar sertlik değerine sahip sular “yumuşak su” olarak değerlendirilir. 51–100 mg/L arası “orta derecede yumuşak su”, 101–150 mg/L arası “hafif sert su”, 151–250 mg/L arası sular “orta derecede sert sular”, 251–350 mg/L arası “sert su” ve 350 mg/L'den daha büyük olan sular da “çok sert su” olarak sınıflandırılır (Sawyer vd., 2013). Tablo 3.4 incelenen suların sertlik açısından durumlarını göstermektedir. WHO (Dünya Sağlık Örgütü) içme sularında sertlik değerinin 100–200 mg/L CaCO₃ arasında olmasını tavsiye etmektedir (WHO, 2017). Yani içme sularında, hafif veya orta derecede sert su kullanımı tavsiye edilmektedir. Bu bakımdan Tablo 3.4 tekrar incelendiğinde; 2, 3, 4, 6, 11 ve 15 nolu numunelerin sertlik açısından uygun olduğu söylenebilir. Özellikle 1, 12, 13 ve 14 nolu numuneler sert su sınıfında olup bu suların kaynaklarının yumuşatılması ve o şekilde şebekeye verilmesinin uygun olacağı görülmektedir. Suların sert olması içimi zorlaştırdığı gibi sabunu da köpürtmezler, dolayısıyla çamaşır yıkamada ve temizlik yapmada zorluklar oluşur. Ayrıca pişirilen

yemekler de lezzetli olmaz. Diğer taraftan, sulara az da olsa sertlik istenirken yumuşak ve çok yumuşak suların özellikle içme suyu olarak kullanımı da çok fazla tavsiye edilmez. Dolayısıyla, özellikle 7, 8, 9 ve 10 nolu numuneler de yumuşak su kategorisinde olduğundan Ca ve Mg açısından bir miktar daha zenginleştirilmiş olmaları tavsiye edilebilir. Tüm bu açılardan bakıldığında, sertlik parametresinin su kalite parametreleri içinde önemli bir yeri olduğu aşıkardır.

Klorür değerleri incelendiğinde, numune alınan bütün su örneklerinin içeriklerinin mevzuatta belirlenen sınır değerin (250 mg/L) çok altında olduğu, hatta 10 mg/L değerinin üzerine sadece iki numunenin (2 ve 12 nolu) çıktığı tespit edilmiştir. Amonyum değerleri açısından veriler incelendiğinde, Tablo 3.2 ve Tablo 3.3’de görüldüğü üzere 13 ve 14. işletmelerin amonyum değerleri diğer numunelere göre biraz daha yüksek olsa da belirlenen sınır değerin altında olduğu tespit edilmiştir.

Ekler bölümünde Ek Şekil 1 – Ek Şekil 5 arasında birinci dönem ve ikinci dönem verileri için karşılaştırma dağılım grafikleri ve Ek Şekil 6 – Ek Şekil 8 arasında da karşılaştırmalı sütun grafikleri verilmiştir. Bu grafiklerden de yukarıda ifade edilen karşılaştırmalar daha belirgin bir şekilde resmedilmiştir. 15 istasyondan alınan değerler arasında dağılımların genelde heterojen olduğu dikkati çekmektedir.

Tablo 3.4. İncelenen su örneklerinin sertlik açısından durumları

Num.No	1. dönem	2.dönem
1	Sert	Çok sert
2	Orta sert	Orta sert
3	Hafif sert	Hafif sert
4	Hafif sert	Orta sert
5	Orta yumuşak	Hafif sert
6	Hafif sert	Hafif sert
7	Orta yumuşak	Orta yumuşak
8	Orta yumuşak	Orta yumuşak
9	Orta yumuşak	Orta yumuşak
10	Orta yumuşak	Orta yumuşak
11	Orta sert	Orta sert
12	Sert	Sert
13	Sert	Sert
14	Sert	Sert
15	Hafif sert	Hafif sert

3.2. Mineral, Eser Elementler ve Ağır Metallere Ait Bulgular

Akçaabat ilçesindeki farklı faaliyet konularında ve farklı mahallelerdeki gıda üretim işletmelerinden alınan 15 adet su örneklerine ait 1. dönem ve 2. döneme ait mineral, eser element ve ağır metallerle ait analiz sonuçları Tablo 3.5’de ve Tablo 3.6’de verilmiştir.

Tablo 3.5 ve Tablo 3.6’da her iki dönemde de görüldüğü üzere Ca içeriklerinin diğer metallerle oranla genelde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Ca ve Mg metallerinin 1, 2, 11, 12, 13, ve 14. işletmelerden alınan su örneklerindeki seviyelerinin diğer örneklere göre daha yüksek (>50 mg/L) olduğu görülmektedir. Bu bağlamda da bikarbonat ve toplam alkalinite değerlerinin de aynı numaralı işletmelerdeki değerler ile paralellik gösterdiği, yani yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Na, Fe, K ve Mn değerlerinin her iki dönemde alınan su örneklerinde de “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelikte” belirtilen sınır değerlerin oldukça altında olduğu görülmektedir. İlk dönem 5 numunede Cu tayin edilemezken ikinci dönem hem değerler daha yüksek hem de tüm numunelerde Cu tayin edilebilmiştir. Ancak tüm seviyeler mevzuatta bildirilen sınır değerin çok altındadır. Al değerleri ise 1. ve 2. dönemdeki su örneklerinde yönetmelikte belirlenen değerlerin altında olduğu, ayrıca ikinci dönem verilerinin genelde daha yüksek gözlemlendiği tespiti yapılmıştır.

Pb, Cr, Co, Ni ve Cd metalleri için tüm değerler LOQ’nun altında kalmıştır. Zn metaline 1. dönem su numunelerinde 1, 2, 5, 6, 7, ve 10. işletmeden alınan örneklerde rastlanılmamış olup 2. dönemde alınan su örneklerinde ise 5, 6 ve 7. işletmeden alınan su örneklerinde Zn tespit edilememiştir. Diğer tespit edilen örneklerdeki değerlerin de sınır değerlerin altında olduğu görülmüştür.

Ekler bölümünde metaller için dağılım grafiklerine bakıldığında ise genelde veriler heterojen dağılım göstermiştir. Bu durum için sertlik, iletkenlik, tuzluluk, sülfat, bikarbonat ve TDS değerleri örnek verilebilir. Numune içeriklerinin ise özellikle bazı parametreler açısından oldukça farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Bu durum için iletkenlik değerlerinin ikinci işletmeden alınan 1. dönemle ile 2. dönem değerleri (Tablo 3.2 ve Tablo 3.3) arasında oldukça yüksek farklılık olduğu söylenebilir. Bunun dışında yine aynı işletmedeki toplam çözünmüş katı, tuzluluk değerlerinin de 1. dönem ile 2. dönem arasında belirgin anlamda düşüş olduğu görülmektedir. Başka bir örneklendirme yapılacak olursa; Zn metalinin 1. dönemdeki su örneklerinde dokuz işletmede (Tablo 3.5) varlığından bahsedebilirken 2. dönemde (Tablo 3.6) on iki işletmede Zn tespit edildiği görülmektedir.

Ekler bölümünde Ek Şekil 9 – Ek Şekil 11 arasında metaller için dağılım grafikleri resmedilmiştir. 15 istasyon arasında bir karşılaştırma yapılırsa, istasyonlar arasında bazı parametreler açısından belli derecede bir uyum varken bazı parametreler açısından ise belirgin farklar göze çarpmaktadır. İşletmelerin temin ettiği su kaynakları farklı yüzey sularından gelmektedir. Bölgede üç farklı yerde su arıtım tesisi bulunmaktadır. Bu tesisler genel olarak farklı kaynaklardan gelen suları arıtmakta ve şebekeye vermektedir. Muhtemelen bu kaynakların farklı olmasından kaynaklanan bir heterojenlik söz konusu olabilir.

Tablo 3.7’de 1. dönem su numunelerinin incelenen tüm su kalite parametre değerleri açısından birbirleri arasındaki korelasyonlarını göstermektedir. 2. dönem numuneleri için yapılan korelasyon analizi 1. dönemle oldukça paralellik gösterdiğinden burada verilmemiştir. Korelasyon analizinin uygulanma amacı, en az iki değişken arasında bir ilişkinin varlığını tespit etmek için uygulanır. Eğer bir ilişki gözleniyorsa korelasyon analizi bu ilişkinin büyüklüğünü ortaya koymaya yarayan istatistiksel bir analizdir. Korelasyon katsayısı r ; -1 ila $+1$ ($-1 \leq r \leq +1$) arasında değişen değerler alır. Bunun yanında, veriler arasında hesaplanan r değerleri $0.00 - 0.25$ arasında değişiyorsa korelasyonun ‘çok zayıf’, $0.26 - 0.49$ arasında değişiyorsa korelasyonun ‘zayıf’, $0.50 - 0.69$ arasında değişiyorsa korelasyonun ‘orta’, $0.70 - 0.89$ arasında değişiyorsa korelasyonun ‘yüksek’ ve $0.90 - 1.00$ arasında değişiyorsa korelasyonun ‘çok yüksek’ olduğu sonucuna varılır. İki veri grubu arasında yapılan korelasyonun pozitif çıkması, değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin var olduğunu yani biri artarken diğerrinin de arttığını veya tersi olduğunu, korelasyonun negatif çıkması ise değişkenler arasında ters yönde bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Yani negatif korelasyonda biri artarken diğerrinin ters yönde azaldığı gözlemlenir.

Bu amaçla Tablo 3.7 incelendiğinde ilginç fakat bir o kadar da normal karşılanacak korelasyonlar gözlemlenmektedir. Tabloda renksiz hücreler ilgili iki parametre arasında ya ‘çok zayıf’ ya da ‘zayıf’ korelasyonun olduğunu göstermektedir. Tabloda ilk göze çarpan, Mn, Zn, nitrat ve klorürün hiçbir parametre ile yüksek korelasyonunun olmamasıdır. Genelde bu parametrelerin korelasyonları zayıf veya çok zayıftır. Sadece, nitratın Ca ile orta büyüklükte pozitif, klorürün Na ile orta büyüklükte negatif, Cu’nun Al ile orta büyüklükte pozitif, alkalinite ve sertlik ile negatif, Mn’nin Zn ile orta şiddette pozitif korelasyonları dikkati çekmektedir. İlginç olan bir durum da Mn’nin Zn hariç hiçbir tür ile orta ya da yüksek korelasyonu söz konusu olmamasıdır.

Tablo 3.5. Birinci dönem su numunelerinin MP-AES ile belirlenen metal içerikleri

1.DÖNEM METAL SONUÇLARI																								
	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	11	12	13	14	
	mg/L								µg/L															
	Ca		Mg		Na		K		Fe		Cu		Mn		Zn		Al		Co	Ni	Cd	Pb	Cr	
	Ort	s	Ort	s	Ort	s	Ort	s	Ort	s	Ort	s	Ort	s	Ort	s	Ort	s	Ort	Ort	Ort	Ort	Ort	
1	70.2	1.9	32.8	1.3	6.2	0.2	4.6	0.2	15.2	0.0	3.9	0.2	8.4	0.2	<LOQ	-	8.7	1.2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
2	48.7	1.2	21.1	0.9	7.3	0.1	5.6	0.3	20.2	0.7	5.1	0.1	9.4	0.3	<LOQ	-	56.8	2.2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
3	33.5	1.1	5.4	0.1	2.4	0.1	2.1	0.1	24.1	0.9	8.3	0.3	10.9	0.4	19.0	0.7	146.8	3.2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
4	47.3	1.0	6.4	0.2	2.3	0.1	2.0	0.1	12.7	0.3	5.8	0.2	9.7	0.4	20.8	1.0	103.3	3.2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
5	31.0	1.2	4.8	0.2	2.6	0.1	2.0	0.1	40.5	1.4	6.3	0.2	8.9	0.3	<LOQ	-	140.0	4.1	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
6	37.2	0.8	6.3	0.2	2.3	0.1	2.0	0.1	33.9	1.2	5.2	0.2	10.5	0.4	<LOQ	-	138.7	4.2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
7	22.6	0.5	3.5	0.1	3.0	0.1	2.1	0.0	39.2	1.1	<LOQ	-	8.8	0.4	<LOQ	-	191.1	3.9	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
8	20.6	0.3	3.2	0.2	2.9	0.1	2.1	0.0	43.2	1.2	7.8	0.3	8.9	0.4	23.3	1.7	170.5	3.7	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
9	21.7	0.3	3.5	0.2	3.0	0.1	2.3	0.0	34.1	1.0	<LOQ	-	8.8	0.3	30.5	2.2	187.6	4.2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
10	21.3	0.3	3.3	0.1	3.0	0.2	2.1	0.0	39.9	1.1	<LOQ	-	8.8	0.4	<LOQ	-	190.0	4.6	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
11	53.4	1.2	15.4	0.5	11.0	0.6	3.3	0.1	32.1	0.9	4.6	0.2	8.3	0.3	14.5	1.1	18.3	1.1	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
12	66.5	2.3	28.7	1.1	19.0	1.0	2.7	0.1	15.2	0.3	<LOQ	-	7.9	0.3	18.5	1.3	17.5	1.9	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
13	43.2	1.2	37.9	1.3	71.5	2.0	16.1	0.6	14.6	0.4	5.2	0.2	10.9	0.5	16.6	0.9	15.6	2.0	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
14	75.0	2.2	32.3	1.0	13.1	0.5	12.5	0.6	15.4	0.6	<LOQ	-	9.1	0.4	18.5	0.8	19.5	1.4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
15	40.4	1.2	5.9	0.1	2.5	0.1	2.0	0.1	25.5	0.7	4.0	0.2	11.6	0.4	55.0	2.2	151.6	3.0	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	
Ort.	42.2	0.3	14.0	0.2	10.1	0.2	4.2	0.1	27.1	0.2	5.61	0.0	9.4	0.1	24.1	2.2	103.7	0.8	-	-	-	-	-	
Mak	75.0		37.9		71.5		16.1		43.2		8.3		11.6		55.0		191.1		-	-	-	-	-	
Min	20.6		3.2		2.3		2.0		12.7		3.9		7.9		14.5		8.7		-	-	-	-	-	
LOQ	5.6		6.2		14.4		3.3		10.7		3.9		4.8		14.4		5.5		12.6	12.7	15.5	18.4	6.1	

Not: Kırmızı renkli hücreler bağıl olarak yüksek değerlere işaret etmektedir.

Tablo 3.6. İkinci dönem su numunelerinin MP-AES ile belirlenen metal içerikleri

2.DÖNEM METAL SONUÇLARI																												
	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14	
	mg/L								µg/L																			
	Ca		Mg		Na		K		Fe		Cu		Mn		Zn		Al		Co		Ni		Cd		Pb		Cr	
	Ort	s	Ort	s	Ort	s	Ort	s	Ort	s	Ort	s	Ort	s	Ort	s	Ort	s	Ort	Ort	Ort	Ort	Ort	Ort	Ort	Ort	Ort	Ort
1	75.0	1.7	35.4	1.2	7.0	0.3	5.2	0.2	18.7	0.9	5.6	0.2	9.2	0.4	19.6	2.2	13.6	0.8	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
2	53.1	1.1	22.8	1.0	7.8	0.4	5.8	0.3	21.2	0.8	6.2	0.3	10.3	0.4	20.9	2.0	60.7	3.3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
3	37.9	1.9	6.2	0.2	2.9	0.1	2.5	0.1	29.5	1.3	9.2	0.4	13.3	0.4	22.5	2.0	150.5	4.2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
4	50.0	1.2	7.1	0.3	2.6	0.2	2.4	0.1	14.6	0.9	6.7	0.3	13.0	0.3	24.7	2.2	108.2	4.0	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
5	34.3	1.0	5.5	0.2	3.0	0.2	2.4	0.1	46.6	2.0	7.0	0.3	10.6	0.2	<LOQ	-	144.2	4.2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
6	41.0	0.9	6.9	0.2	2.7	0.2	2.2	0.1	38.6	1.8	6.1	0.3	11.5	0.3	<LOQ	-	143.4	4.4	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
7	26.3	0.4	4.3	0.1	3.8	0.2	2.8	0.1	43.4	1.4	7.9	0.3	9.0	0.2	<LOQ	-	193.7	5.0	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
8	25.0	0.5	3.7	0.1	3.3	0.2	2.4	0.1	48.5	2.0	8.2	0.4	9.8	0.3	26.5	2.2	174.8	6.2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
9	25.0	0.7	3.9	0.1	3.3	0.2	2.6	0.7	36.2	1.2	7.9	0.3	10.6	0.3	32.2	1.1	191.0	5.3	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
10	23.6	0.6	3.7	0.2	3.4	0.2	2.4	0.1	40.2	1.7	6.7	0.3	9.8	0.3	16.2	2.2	193.7	6.2	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
11	55.0	1.7	17.0	1.0	11.9	0.7	3.7	0.2	35.2	0.8	8.6	0.3	9.0	0.2	18.6	2.3	23.6	1.9	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
12	71.2	3.0	28.4	1.3	23.0	1.7	2.8	0.2	17.5	0.8	7.6	0.3	8.4	0.3	20.2	2.3	22.7	2.0	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
13	48.2	1.2	42.1	1.2	74.4	3.7	18.9	1.6	18.4	0.7	6.2	0.3	11.6	0.3	20.0	2.3	19.1	2.1	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
14	79.3	2.3	35.0	1.3	15.0	0.7	14.5	0.7	17.4	0.8	5.8	0.3	12.7	0.4	21.7	2.0	22.7	2.1	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
15	43.2	1.4	6.5	0.4	2.7	0.1	2.3	0.2	28.6	1.0	5.3	0.3	11.9	0.4	60.2	1.9	175.7	3.7	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Ort.	45.9	0.4	15.2	0.2	11.1	0.3	4.9	0.1	30.3	0.3	7.0	0.1	10.7	0.1	25.28	0.5	109.2	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mak	79.3		42.1		74.4		18.9		48.5		9.2		13.3		60.2		193.7		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Min	23.6		3.7		2.6		2.2		14.6		5.3		8.4		16.2		13.6		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LOQ	5.6		6.2		14.4		3.3		10.7		3.9		4.8		14.4		5.5		12.6	12.7	15.5	18.4	6.1					

Not: Kırmızı renkli hücreler bağıl olarak yüksek değerlere işaret etmektedir.

Yüksek korelasyonlara bakıldığında; beklendiği gibi Ca ile sertlik arasında çok yüksek pozitif korelasyon (0.933) söz konusudur. Aynı şekilde yine beklendiği gibi Ca ile Mg arasında da yüksek pozitif korelasyon (0.809) vardır. Diğer taraftan, Ca ile Al arasında da çok yüksek korelasyon var ancak bu korelasyon negatif yöndedir. Yani, yüksek Ca içeriği olan numunelerde bağıl olarak düşük Al değerleri gözlenmiştir. Tam tersi olarak da Ca içerikleri düşük numunelerde yüksek Al değerleri tayin edilmiştir. Tablo 3.5 ve 3.6 incelendiğinde; 3 ve 5 – 10 arasındaki örneklerin Ca ve Mg değerleri bağıl olarak düşük olmasına rağmen Fe ve Al değerleri yüksektir. Dolayısıyla Ca ve Mg'un Fe ve Al ile korelasyonları negatif çıkacaktır.

Aynı şekilde Ca ile Fe ve Cu arasında da yüksek negatif korelasyonlar (-0.797 ve -0.751) söz konusudur. Yine beklendiği gibi Ca ile iletkenlik, alkalinite ve sülfat arasında da yüksek pozitif korelasyonlar vardır (0.804, 0.743 ve 0.802). Bağıl olarak sularda Ca iyonları yüksek olduğundan bu durum direkt olarak başta sertlik, sonra iletkenlik ve alkalinite üzerinde de pozitif yansıyacaktır. Benzer şekilde Ca için gözlemlenen korelasyon ilişkileri Mg için de neredeyse birebir gözlemlenmektedir.

Mg değerleri ile iletkenlik, alkalinite ve sertlik değerleri çok yüksek pozitif, Al değerleri ise çok yüksek negatif korelasyon göstermektedir. Burada ilginç olan bir durum da, K ile amonyumun çok yüksek pozitif korelasyon ilişkisi olmasıdır. Diğer çok yüksek korelasyonlar incelendiğinde; Al ile iletkenlik ve sertlik değerlerinin çok yüksek negatif, alkalinite ve sülfatla da güçlü negatif korelasyonlar göstermesidir. Al metali diğer bileşenlerle genel olarak negatif bir korelasyon ilişkisi söz konusudur. Beklendiği gibi iletkenlikle alkalinite ve sertlik arasında çok yüksek pozitif korelasyon vardır. Yine alkalinite ile sertlik arasında da son derece doğal olarak çok yüksek pozitif korelasyon söz konusudur. Bilindiği gibi sertlik Ca ve Mg iyonlarından kaynaklanmaktadır. Sertlik değeri yüksek olan suların Ca ve Mg değerleri de yüksektir. Ca ve Mg değerleri yüksek suların elbetteki alkalinite değerleri de yüksek olacaktır. Çünkü alkaliniteye de başlıca karbonat ve bikarbonatlar katkı yapar.

Tablo 3.7. Birinci dönem su numunelerinin su kalite prametreleri arasında korelasyon analizi sonuçları

	Ca	Mg	Na	K	Fe	Cu	Mn	Zn	Al	İletkenlik	T.Alkalinite	Sülfat	Amonyum	Sertlik	Nitrat	Klorür
Ca	1.000	0.809	0.227	0.437	-0.797	-0.751	-0.188	-0.313	-0.901	0.804	0.743	0.802	0.512	0.933	0.562	0.200
Mg		1.000	0.685	0.787	-0.749	-0.514	-0.120	-0.447	-0.912	0.992	0.982	0.867	0.834	0.965	0.344	-0.135
Na			1.000	0.829	-0.435	-0.167	0.230	-0.333	-0.531	0.721	0.773	0.635	0.824	0.506	0.013	-0.594
K				1.000	-0.528	-0.234	0.206	-0.332	-0.610	0.806	0.839	0.711	0.990	0.663	0.175	-0.470
Fe					1.000	0.398	-0.178	0.207	0.754	-0.780	-0.741	-0.730	-0.577	-0.811	-0.475	-0.198
Cu						1.000	0.060	-0.399	0.603	-0.485	-0.504	-0.433	-0.243	-0.638	-0.440	0.049
Mn							1.000	0.506	0.189	-0.047	0.032	-0.194	0.151	-0.157	-0.132	-0.018
Zn								1.000	0.563	-0.458	-0.383	-0.552	-0.392	-0.424	-0.239	0.423
Al									1.000	-0.924	-0.888	-0.861	-0.671	-0.947	-0.452	0.066
İletkenlik										1.000	0.989	0.866	0.848	0.957	0.366	-0.133
T.Alkalinite											1.000	0.830	0.874	0.924	0.285	-0.202
Sülfat												1.000	0.776	0.871	0.418	-0.325
Amonyum													1.000	0.725	0.163	-0.460
Sertlik														1.000	0.451	0.028
Nitrat															1.000	0.235
Klorür																1.000

Renksiz hücreler çok zayıf veya zayıf korelasyonu,
 Yeşil renkli hücreler orta büyüklükte korelasyonu,
 Turuncu renkli hücreler yüksek büyüklükte korelasyonu,
 Kırmızı renkli hücreler çok yüksek korelasyonu temsil etmektedir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar literatürde bildirilen benzer bazı çalışmalardan elde edilen sonuçlarla da ayrıca karşılaştırılmıştır. Tablo 3.8’de literatürdeki bazı çalışmalardan elde edilen sonuçların ortalama değerleri ile elde edilen en büyük ve en küçük değerler verilmiştir. Öncelikle şunu belirtmek gerekir ki; bu çalışmada su kalite parametresi olarak 27 parametrenin analizi iki dönem boyunca gerçekleştirilmiş olup literatürde içme sularının analizi ile ilgili bu kadar geniş kapsamlı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Tablo 3.8’den de görüldüğü gibi incelenen 27 parametrenin tamamını inceleyen başka bir çalışma yoktur. Ancak bazı çalışmalarda bu çalışmada analizi yapılmayan başka parametreler de araştırılmıştır. Tablo 3.8’de bildirilen çalışma sonuçları için ilgili mevzuat sınır değerleri dışında kalan değerler kırmızı ile belirtilmiştir.

Literatürdeki diğer çalışmalara bakıldığında, bu çalışmada olduğu gibi sonuçların oldukça heterojen dağıldığı, bazı parametre sonuçlarının en küçük değeri ile en büyük değeri arasında oldukça büyük farkların olduğu dikkati çekmektedir. Dolayısıyla kırmızı renklerde gösterilen birkaç parametre değerinin mevzuatta bildirilen limit değerlerin dışında kaldığı görülmektedir. Dolayısıyla bu parametreler açısından incelenen suların kalitesi düşüktür. Tablo 3.8’de bildirilen literatür çalışmalarından elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

Çetin ve ark. (2016) yaptıkları bir çalışmada, Kırklareli ilinde faaliyet gösteren gıda işletmelerindeki suların kalitesini belirlemek ve mevcut durumu gözlemlemek amacıyla toplam 33 farklı işletmeden 83 şebeke ve kuyu suyunu incelediler. Yaz dönemi toplanan 27 şebeke suyunda pH değerini minimum 6.14 (Tablo 3.8) ve kış döneminde alınan 11 kuyu suyu örneğinde pH değerini minimum 5.87 olarak tespit ettiler. Bu değerler mevzuatta bildirilen aralığın (6.5–9.5) dışındadır. Ayrıca, mikrobiyolojik kalite açısından bazı numunelerde *E. coli*, koliform bakteri, psikrofil bakteri ve toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) için belirtilen yasal limit değerlerin aşıldığı gözlenmiştir.

Çavuş ve ark. (2017) “Van-Merkez İçme Sularının Su Kalite Kriterlerinin İncelenmesi” başlıklı çalışmalarında, içme suyu olarak şebekelere verilen farklı kaynakların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik açıdan analizlerini yaparak tüketime uygun olup olmadıklarını araştırdılar. 19 istasyondan aldıkları su örneklerinde çözünmüş oksijen içeriğini 2.65–7.78 mg/L aralığında tespit ederken (ort. 5.61 mg/L) birçok değer bağl olarak düşük olduğu görülmektedir. Deniz seviyesinde (1 atm) yüzey sularında maks. oksijen doygunluğu 0 °C’de 14.6 mg/L iken 35 °C’de 7 mg/L olabilmektedir (URL–10). Bu çalışmada 19 istasyondan alınan suların ortalama sıcaklık değeri 12.3 °C’dir. Bu sıcaklıkta suyun maks. çözünmüş oksijen doygunluğu yaklaşık 10.8 mg/L’dir (URL–10). Dolayısıyla

incelenen suların çözünmüş oksijen içeriğinin düşük olduğu söylenebilir. Çalışma sonunda Taşocağı bölgesinden aldıkları numunede 0.766 mg/L nitrit ve birçok numunede de 0.5–1.0 mg/L arasında Mn içeriği tespit ettiler (Tablo 3.8). Mevzuatta (İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelikte) nitrit için 0.5 mg/L sınır değeri bildirilmektedir. Ancak WHO’nun 2017 kılavuzunda içme sularında nitrit için sınır değer 1.5 mg/L olarak bildirilmektedir. Diğer taraftan Mn için mevzuatta 0.05 mg/L, WHO kılavuzunda ise 0.1 mg/L sınır değerleri verilmektedir. Bu açıdan sonuçlar değerlendirildiğinde, bir numunede nitrit ve birkaç numunede de Mn içerikleri açısından problemlili sonuçlar elde edilmiştir.

Atıcı ve ark. (2016) yaptıkları bir çalışmada, Van’ın Erciş ilçesindeki içme sularının su kalitesini fizikokimyasal ve mikrobiyolojik bazı parametreler açısından incelediler ve elde ettikleri sonuçları “Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği”, “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”, “TS-266” ve “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” kriterlerine göre değerlendirdiler. Belirlenen 18 istasyondan alınan suların analizi neticesinde “Kışla Mah. Sondajı” ve “Örene Köprüsü Sondajı” isimli istasyonlardaki içme sularının sırasıyla 6.03 ve 6.44 pH değerlerine sahip olduklarını belirlediler. Bu değerler mevzuatlarda veya yönetmeliklerde bildirilen sınırların dışında kalmaktadır. Birçok numunede ayrıca Mn içeriklerinin de kılavuz değerler sınırında veya dışında kaldığı bildirilirken bu değerlerin çok hassas olarak tayin edilmediği görülmüştür. Bu çalışma oldukça fazla sayıda su kalite parametresinin tayin edildiği bir çalışmadır.

Tekeli ve ark. (2018) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, Hatay ilinde içme suyu olarak kullanılan kuyu sularının içme suyu kalitesi bazı parametrelerle incelenerek elde edilen sonuçların TS 266 ve WHO’nun bildirdiği kriterlere uygunluğu değerlendirilmiştir. Antakya ilçesinde belirlenen 35 istasyondan Mayıs – Haziran 2012 tarihlerinde alınan kuyu suyu numuneleri pH ve sertlik parametrelerinin yanında özellikle ağır metal içerikleri açısından analiz edilmiştir. Elde edilen pH sonuçlarına göre İskenderun bölgesinden alınan dört numunede sırasıyla 6.39–6.43 aralığında pH değerleri ölçülmüştür. Bu değerler mevzuatlarda içme suları için bildirilen pH aralığının dışında kalmaktadır. Suların ağır metal içerikleri incelendiğinde bazı numuneler için Pb değerleri hariç diğer sonuçların uygun olduğu görülmüştür. Mevzuatlarda kurşun için sınır değer 10 µg/L veya 50 µg/L olarak bildirilmektedir. Bu açıdan bakıldığında, bazı numunelerin Pb içeriklerinin 10 µg/L sınır değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Aryal ve ark. (2012) tarafından Nepal’in Arthunge VDC of Myagdi bölgesindeki içme suyu potansiyeli bulunan 84 adet su numunesi üzerinde APHA 1998 standardına göre

yapılan bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizler sonucunda elde edilen sonuçlar WHO'nun bildirdiği kılavuz değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda bazı numunelerde arsenik ve toplam koliform bakteri sonuçları hariç tüm sonuçların WHO'nun bildirdiği kılavuz değerleri geçmediği sonucuna varılmıştır. Bu çalışma ile ilgili olarak Tablo 3.8 incelendiğinde kırmızı ile belirtilen hiçbir sonuç söz konusu değildir. Ancak tabloda mikrobiyolojik sonuçlara yer verilmemiştir. Aryal ve ark. tarafından toplam 73 numunede toplam koliform bakteri tespit edildiği ve bunun da standartlara uygun olmadığı bildirilmiştir. 84 numunede arsenik değerlerinin 0.003–0.048 mg/L aralığında (ort. 0.021 mg/L) olduğu bildirilmekle birlikte bazı sonuçların WHO'nun bildirdiği 0.01 mg/L sınır değerinin üzerinde olduğu ve hatta ortalama değer dahi sınır değeri geçtiği bildirilmiştir. Ancak WHO'ya göre yüksek olduğu bildirilen As değerlerinin ulusal standartlar dahilinde olduğu ve ayrıca içme sularında As ile ilgili herhangi bir hastalık vakasının da görülmediği bildirilmiştir.

Meride ve Ayenew (2016) tarafından yapılan ve Etiyopya'da Wondo bölgesindeki bir kolej kampüsünde içme suyu olarak tüketilen 11 istasyondan alınan içme sularının sağlık üzerine etkilerinin değerlendirildiği bir çalışmada, Tablo 3.8'de de görüldüğü üzere incelenen herhangi bir fizikokimyasal ve bakteriyolojik parametrede WHO kılavuz değerlerine göre sağlık açısından endişe verici bir sonuca rastlanmamıştır.

Ullah ve ark. (2014) tarafından gerçekleştirilen “An integrated approach for quality assessment of drinking water using GIS: A case study of Lower Dir” başlığı ile literatürde bildirilen bir çalışmada, Pakistan'ın kuzeyinde Khyber Pakhtunkhwa'daki Lower Dir bölgesinde tüketilen içme sularının kalitesi değerlendirilmiştir. Toplam 33 içme suyu numunesinin çeşitli su kalite parametreleri açısından analiz edildiği bu çalışmada, dikkat çekici bazı sonuçlara ulaşılmıştır. Genelde sonuçların WHO'nun bildirdiği kılavuz değerleri aşmamasına rağmen bazı örneklerin birkaç parametre açısından alarm verdiği bildirilmiştir. WHO'ya göre tavsiye edilen TDS sınırının 600 mg/L ve karşılık gelen iletkenlik değerinin de 1000 μ S/cm olduğu hesaba katıldığında, bazı değerlerin bu sınırların üzerinde olduğu görülmüştür (Tablo 3.8). Bunların dışında, içme sularında sülfat ve klorür için müsaade edilen 250 mg/L üst sınır değerinin de bazı numunelerde geçildiği tespit edilmiştir.

Güneydoğu Nijerya'da mevcut bazı yeraltı ve yüzey sularının içme ve kullanma suyu amacıyla incelendiği bir çalışmada toplam 124 su numunesi (13'ü doğal kaynak, 24'ü dere, 80'i sondaj ve 7'si el yapımı kuyu suyu) içerdiği 21 metal ile pH ve iletkenlik değerleri açısından incelenmiştir (Nnorom vd., 2018). Tablo 3.8 bu çalışmada incelenen kuyu

sularının analiz sonuçlarını da içermektedir. İçme ve kullanma suyu olarak kullanılması planlanan bu suların pH içeriklerinin oldukça düşük olduğu görülmektedir. Hemen hemen tüm standartlarda içilebilir ve çeşitli amaçlar için kullanılabilir bir suyun 6.5–9.5 arasında bir pH'ya sahip olması beklenir. Ayrıca incelenen kuyu sularının bazılarında sınır değerlerin üzerinde Fe, Mn, Al ve Pb gözlemlenmiştir. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik'te Fe için 200 µg/L sınır değeri bildirilirken EPA'da bu sınır 300 µg/L olarak bildirilmektedir. Ancak bu çalışmada incelenen bir numune 770 µg/L Fe içermektedir. Mangan çoğu standartta üst sınır olarak 50 µg/L tavsiye edilirken WHO'da 100 µg/L'ye kadar tolerans gösterilmektedir. Nnorom ve ark. (2018) inceledikleri kuyu suyunda 154 µg/L Mn içeriği tespit ettiler. WHO Al için 100 µg/L üst sınır bildirirken İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik'te 200 µg/L sınır değeri bildirilmektedir. Kurşun için ise genelde tüm standartlar 10 µg/L üst sınırı uygun görmektedir. Ancak Nnorom ve ark. (2018) inceledikleri kuyu sularında en yüksek 289 µg/L Al ve 32.34 µg/L Pb tayin ettiklerini bildirmişlerdir. Sonuç olarak bu çalışmada incelenen kuyu sularının içme ve kullanma amacı ile değerlendirilebilmeleri için arıtmadan geçmelerinin uygun olacağı söylenebilir.

Aish (2013), Filistin Gazze Şeridi'nin orta bölgesinde su üretimi ve dağıtımı sürecinde birçok farklı kaynaktan aldığı su numunelerinde bazı mikrobiyolojik ve fizikokimyasal parametrelerin analizi ile içme suyu kirliliğini araştırmak ve potansiyel kirlilik kaynaklarını belirlemek amacı ile gerçekleştirdiği bir çalışmada, 9 yeraltı kuyu suyu örneklerinde herhangi bir bakteriyolojik üreme gözlemezken oldukça yüksek TDS (3106.6 mg/L), sülfat (496.8), klorür (1231.5 mg/L) ve sodyum (680 mg/L) değerleri tespit etmiştir (Tablo 3.8). Çalışma sonunda incelenen kuyu suları için yetersiz dezenfeksiyon ve depolama tanklarının temizlenmesiyle ilişkili sağlık riskleri konusunda halkın farkındalığının artırılması tavsiyelerinde bulunulmuştur.

Alsulaili ve ark. (2015) tarafından Kuveyt'teki musluk suyu kalitesinin içme suyu açısından uluslararası standartları karşılayıp karşılamadığını belirlemek ve ayrıca Kuveyt pazarında satılan şişe sularının içme kalitesi parametrelerini inceleyerek üzerlerindeki etiket değerleri ile karşılaştırmak amacı ile bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada 43 musluk suyu ve 21 adet farklı marka şişe suyu içerdikleri çeşitli fizikokimyasal parametreler açısından analiz edilmiştir. Bu çalışma ile ilgili Tablo 3.8'de verilen sonuçlara bakıldığında sadece Aquafina bölgesindeki bir numunede 6.32 ile standartların altında pH değerine sahip bir numune söz konusudur. Diğer parametreler açısından incelenen sularda herhangi bir sağlık riski söz konusu değildir. Ancak bu çalışmada Tablo 3.8'de verilen parametrelerden

farklı olarak başka parametreler de analiz edilmiş ve bazı numunelerin Se, As ve B içerikleri açısından yüksek riskli değerlere sahip oldukları tespit edilmiştir.

Nazir-ur-Rehman ve ark. (2020) Pakistan'ın Karak bölgesinde içme suyu olarak değerlendirilen yüzey ve yeraltı sularının sağlık riski oluşturup oluşturmadıklarını tespit etmek için bazı fizikokimyasal parametrelerin analizlerini gerçekleştirdiler. Bazı parametre değerlerinin WHO ve EPA kılavuz değerlerine uygunluk gösterdiği fakat bazı numunelerin Na, TDS ve pH değerlerinin kılavuz değerlerini aştığı bildirilmiştir.



Tablo 3.8. Verilerin literatürle karşılaştırılması

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
LİTERATÜR		pH	Çözünmüş O ₂ (mg/L)	İletkenlik (µS/cm)	TDS (mg/L)	Tuzluluk (ppt)	T.Alkalinite (mg/L CaCO ₃)	Bikarbonat (HCO ₃ ⁻ , mg/L)	Sülfat (mg/L)	Nitrit (mg/L)	Amonyum (mg/L)	Sertlik (mg/L CaCO ₃)	Nitrat (mg/L)	Klorür (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Fe (µg/L)	Cu (µg/L)	Mn (µg/L)	Zn (µg/L)	Al (µg/L)	Co (µg/L)	Ni (µg/L)	Cd (µg/L)	Pb (µg/L)	Cr (µg/L)
Çetin vd., 2016	Ort. Maks. Min.	7.71 8.45 6.14	 	394 916 201	 	 	 	 	 	0.015 0.058 0.009	0.022 0.043 0.015	 	2.863 19.250 0.078	 	 	 	 	 	 	 	 	 	 	 	 	 	 	
Çavuş vd., 2017	Ort. Maks. Min.	7.43 8.17 6.86	5.61 7.78 2.65	578.7 920.0 345.5	 	0.38 0.60 0.21	283 440 150	280 537 146	28.7 82.0 7.0	0.052 0.766 0.007	0.012 0.030 0.000	181.2 296.0 105.6	11.5 21.4 0	 	36.0 80.0 9.6	22.0 52.5 0.6	 	4.84 24.50 0.00	13.0 15.3 0.0	1.2 9.0 0.0	570 1000 200	163.0 300.0 10.0	 	 	 	 	15.0 37.0 8.0	
Atıcı vd., 2016	Ort. Maks. Min.	6.95 7.98 6.03	7.00 8.67 3.09	313.0 559.2 11.3	 	0.15 0.27 0	213.0 266.7 133.3	171.7 264.3 101.7	5.94 21.00 0	0.012 0.078 0.009	 	169.6 266.7 80.0	7.1 16.8 1.4	 	27.6 64.0 13.3	24.5 45.4 3.2	 	4.4 10.5 2.1	10.0 20.0 0.0	0.4 6.0 0.0	100 200 100	10 40 10	3.0 30.0 0.0	 	 	 	8.0 17.0 6.0	
Tekeli vd., 2018	Ort. Maks. Min.	7.30 8.61 6.39	 	 	 	 	 	 	 	 	 	224 321 115	 	 	 	 	 	 	1.9 6.9 1.0	7.9 11.7 4.8	2.8 58.4 0.5	12.3 74.4 0.4	7.3 17.9 4.1	5.8 10.9 3.9	8.4 22.6 4.5	1.1 1.6 0.6	16.1 25.8 6.9	13.4 40.1 0.4
Aryal vd., 2012	Ort. Maks. Min.	7.68 7.73 7.65	 	200 489 74	 	 	 	106 225 15	 	 	 	70 190 12	0.040 0.100 0.001	10.37 35.50 4.26	 	 	 	 	18.0 100.0 9.0	 	 	 	 	 	 	 	 	
Meride ve Ayenew, 2016	Ort. Maks. Min.	6.66 6.83 6.52	 	192.1 201.0 179.3	118.6 121.2 114.7	 	 	 	0.30 3.00 0.00	 	 	 	2.67 4.97 1.42	3.7 4.4 3.0	5.08 7.31 2.16	13.67 17.05 10.42	31.23 34.19 28.54	23.14 27.51 20.83	 	 	 	 	 	 	 	 	 	
Ullah vd., 2014	Ort. Maks. Min.	7.3 7.8 6.9	 	1203 2250 680	831 900 720	 	283 420 190	 	194 305 60	 	 	339 425 260	0.83 1.80 0.50	152 210 60	65.8 96.0 60.0	38.9 49.8 18.2	183 250 120	7.7 21.3 1.9	 	 	 	 	 	 	 	 	 	
Nnorom vd., 2018	Ort. Maks. Min.	4.7 5.4 4.3	 	270 20 91	151 11 50	 	 	 	 	 	 	 	 	 	10.53 0.90 4.64	2.02 0.07 0.75	31.91 0.82 7.64	6.10 0.30 3.12	152 770 10	3.8 10.0 1.2	47.4 154.0 4.9	24.3 97.6 0.0	129 289 30	1.64 4.82 0.00	2.62 5.64 0.00	0 0 0	5.18 32.34 0.00	1.58 3.99 0.00
Aish, 2013	Ort. Maks. Min.	7.33 7.65 7.14	 	 	1996.5 3106.6 680.4	 	 	270.8 395.0 210.0	185.0 496.8 75.0	 	 	 	 	718.8 1231.5 179.3	95 178 39	58 161 37	465 680 109	4.1 16.3 2.1	 	 	 	 	 	 	 	 	 	
Alsulaili vd., 2015	Ort. Maks. Min.	7.11 7.67 6.32	 	249 342 94	124 171 47	 	 	 	0 0 0	 	 	 	 	8.34 16.90 1.24	10.60 30.60 0.88	7.31 12.85 1.91	8.72 10.70 0.07	2.5 7.6 0.5	 	 	 	 	 	 	 	 	 	
Nazir-ur-Rehman vd., 2020	Ort. Maks. Min.	8.40 6.69 7.60	 	 	306 737 141	 	208 415 120	 	36.6 126.0 1.0	 	 	269 358 208	 	42.8 173.0 3.0	38.1 78.0 8.0	20.7 55.0 4.0	104.7 248.0 18.0	2.7 6.0 1.0	69 120 10	 	 	1.4 3.0 0.1	 	 	 	 	40 70 10	
Bu çalışma (1.dönem)	Ort. Maks. Min.	7.85 8.15 7.52	8.83 10.18 3.80	344.3 816.0 123.5	166.1 399.0 58.4	0.17 0.40 0.06	143.4 349.1 55.4	174.5 425.9 67.5	26.7 79.2 2.2	0.022 0.022 0.022	0.10 0.33 0.04	171.7 333.0 71.0	4.3 5.8 1.9	8.0 11.7 3.2	42.2 75.0 20.6	14.0 37.9 3.2	10.1 71.5 2.3	4.2 16.1 2.0	27.1 43.2 12.7	5.6 8.3 3.9	9.4 11.6 7.9	24.1 55.0 14.5	103.7 191.1 8.7	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gıda üretimi yapan işletmeler gıda güvenliği ve halk sağlığı yönünden oldukça önem arz etmektedir. Trabzon ili Akçaabat ilçesinde üretim yapan bazı gıda işletmelerinde üretim prosesi aşamalarında, depolama, paketlenme bölümleri ile içme ve kullanma suyu olarak kullandıkları sularda su kalite verilerinin ve hijyenik kalitesinin saptanması amacıyla yapılan bu çalışmada çeşitli alanlarda gıda üretimi 15 farklı işletmeden birer ay ara ile iki kez örnekleme yaparak toplamda 30 adet su numunesi alınmıştır. Yapılan fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizler sonucu elde edilen veriler, tüm su örneklerinin “*İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelikte*” belirtilen sınır değerlerini aşmadığı, bazı parametrelerde çok altında kaldığı ve bu nedenle bu suların halk sağlığı açısından herhangi bir sorun teşkil etmediği görülmüştür.

Gıda işletmelerinde su, üretimin bütün aşamaları haricinde işletmenin ve personel hijyeninin bütün aşamalarında da kullanılmaktadır. Topluma hizmet veren bu işletmelerde kullanılan suyun sağlıklı, güvenli ve hijyenik olması oldukça önemlidir.

“*Gıda Hijyeni Yönetmeliği*” (Resmi Gazete: 28145) üçüncü bölümü 16’ncı maddesi gıda işletmelerinde kullanılacak suyun kapsamını belirlemiştir. Üretim hattı ve diğer aşamalarda gıdaya bulaşmayı önlemek üzere, her daim yeterli miktarda ve kullanıma hazır su sağlanması gerekmektedir. Bu bağlamda yönetmelikteki hususlar da göz önünde bulundurularak işletmeye suyun tedarikini sağlayan tesisat ve şebeke sistemlerinin periyodik olarak bakım ve temizliğinin sağlanması gerekmektedir.

Ayrıca gıda üretim işletmelerinde üretim ve diğer bölümlerde kullanılan muslukların mikrobiyolojik üremeye ortam sağlamayacak malzemelerden yapılması ve musluk ağızlarına el ile temastan kaçınılması gerekmektedir.

Akçaabat ilçesinde 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu kapsamında Tarım ve Orman Bakanlığından onay ve kayıt belgesi olarak faaliyet gösteren çiğ süt işleme tesisleri, hazırlanmış et karışımları üreten işletmeler, unlu gıda mamulleri üreten işletmeler, ekmek ve ekmek çeşitleri üreten işletmeler ve yöresel ürün üreten işletmeler bakımından oldukça fazla sayıda işletme mevcuttur. Bu bağlamda gıda endüstrisindeki işletme sularının sürekli olarak izlenmesi, yönetim planlarının yapılması, tespit edilen problemlerin çözümü veya en aza indirilmesi konusunda ilgili kurum ve

kuruluşlar tarafından ortak çalışmaların yürütülmesi, kalite kontrol ve klorlama işlemlerinin rutin olarak yapılması halk sağlığı açısından önemli bulunmuştur.

Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlara bakıldığında, seçilen 15 istasyondan alınan numuneler içinde özellikle 13 nolu örnek dikkat çekmektedir. Bu suyu kullanan işletmenin bildirdiğine göre bu su kaynak suyudur. Kaynak sularında bazı değerlerin yüksek çıkması normaldir. Ancak bu suları kullanırken dikkat etmek gerekir. Bu suların analizleri için farklı parametrelerin de analiz edilmesi (B ve S gibi) uygun olacaktır. Ancak içme ve kullanma sularındaki bazı parametrelerin kabul edilebilir sınır değerlerinin yüksek olması bu kaynak sularının da kullanımını mümkün kılabilir. 13 nolu numunenin Mg, K, Na, iletkenlik, TDS, tuzluluk, alkalinite, bikarbonat ve amonyum değerleri diğer örneklerden daha yüksektir. Hatta sülfat ve sertlik değerleri de 14 nolu numuneden sonra ikinci en yüksek değerlerdir. Ayrıca bu numunenin çözünmüş oksijen içeriği de diğer sulara göre oldukça düşüktür. Ancak bu numunenin birçok parametre açısından değerleri bağl olarak çok yüksek olmasına rağmen “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelikte” bildirilen değerlere yine de uymaktadır.

Sonuç olarak, her ne kadar incelenen 15 su örneği, incelenen parametreler açısından heterojen bir dağılım gösterse de, hiçbir numune “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelikte” bildirilen sınır değerleri aşmamaktadır.

5. KAYNAKLAR

- Aish, A.M., 2013. Drinking water quality assessment of the Middle Governorate in the Gaza Strip, Palestine, Water Resources and Industry, 4, 13–20.
- Addy, K., ve Green, L., 1997. Dissolved oxygen and temperature. Natural Resources Facts, 96, 3, 1-4.
- Akkaya, C., Efeoğlu, A. ve Yeşil, K., 2006. Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve Türkiye’de Uygulanabilirliği, TMMOB Su Politikaları Kongresi, 03-10 Ekim, Ankara, s.195-205.
- Akyürek, E., 2009. Atıksu Arıtım Tesislerinin Model Öngörmeli Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 142s.
- Alemdar, S., Kahraman T., Ağaoğlu S. ve Alişarlı M., 2009. Bitlis İli İçme Sularının Bazı Mikrobiyolojik ve Fizikokimyasal Özellikleri, Ekoloji, 19, 73, 29-38.
- Alsulaili, A., Al-Harbi, M., Al-Tawari, K., 2015. Physical and chemical characteristics of drinking water quality in Kuwait: tap vs. bottled water, Journal of Engg. Research, 3, 25-50.
- Anonim, 2010. Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda Ve Yem Kanunu Kanun Numarası: 5996 Kabul Tarihi: 11.06.2010 Yayımlandığı Resmî Gazete: Tarih: 13/6/2010 Sayı: 27610, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Anonymous, 2015. Guidelines for Drinking-Water Quality. Incorporating First Addendum, Vol. 1, Recommendations, 3rd Ed., World Health Organization. http://www.who.int/water_sanitation_health.
- APHA, 2017a. Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, Part 2000 Physical & Aggregate Properties, Conductivity 2510 B. Laboratory Method, 23nd edition, Washington, USA.
- APHA, 2017b. Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, Part 2000 Physical & Aggregate Properties, Salinity 2520 B. Electrical Conductivity Method, 23nd edition, Washington, USA.
- APHA, 2017c. Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, Part 2000 Physical & Aggregate Properties, Alkalinity 2320 B. Titration Method, 23nd edition, Washington, USA.
- APHA, 2017d. Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, Part 4000 Inorganic Nonmetallic Constituents, 4500-SO₄²⁻ E. Turbidimetric Method, 23nd edition, Washington, USA.
- APHA, 2017e. Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, Part 2000 Sertlik 2340 C. EDTA Titrimetrik Method, 23nd edition, Washington, USA.

- APHA, 2017f. Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, Part 4000 Inorganic Nonmetallic Constituents, Chloride 4500 D. Potentiometric Method, 23rd edition, Washington, USA.
- APHA, 2017g. Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, Part 4000 Inorganic Nonmetallic Constituents, 4500-NO₂⁻ B. Colorimetric Method, 23rd edition, Washington, USA.
- APHA, 2017h. Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater, Part 1000 Introduction, 1030 E Checking Analyses Correctness, 1. Anion-Cation Balance, 23rd Edition, Washington, USA.
- Appelo, C.A.J., Postma, D., 2005. Geochemistry, Groundwater and Pollution, 2nd ed.; A.A. Balkema Publishers: Leiden, The Netherlands.
- Aryal, J., Gautam, B., Sapkota, N., 2012. Drinking Water Quality Assessment, J. Nepal Health Res. Counc., 10, 192-6.
- Atıcı, A., Gültekin, A., Şen, F., Elp, M., 2016. Erciş (Van) İlçesi İçme Sularının Su Kalitesi Özellikleri, YYÜ Tar. Bil. Derg., 26, 517-528.
- Balaram, V., 2020. Microwave plasma atomic emission spectrometry (MP-AES) and its applications – A critical review, Microchem J., 159, 105483.
- Baysal, A., 2002. Beslenme, 9. Baskı, Hatiboğlu Yayınevi, No: 93, Ankara, 107-149.
- Bitton, G., 2014. Microbiology of drinking water production and distribution, Hoboken, New Jersey, ISBN 978-1-118-74391-1, OCLC 886382400.
- Boysan, F., Şengörür, B., 2009. Su Sertliğinin İnsan Sağlığı İçin Önemi, SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi, 13, 7-10.
- Brender, J.D., Olive, J.M., Felkner, M., Suarez, L., Marckwardt, W., Hendricks, K.A., 2004. Dietary nitrates, nitrosatable drugs, and neural tube defects, Epidemiology, 15, 330–336.
- Burkut, E., 2013. Alkalinite Nedir?, Su Dünyası, 54. Sayı. http://www.suvecevre.com/yayin/573/alkalinite-nedir-_16949.html.
- Burkut, E., 2018 Suda amonyum, nitrit ve nitrat, <http://www.burkut.com.tr/makale/98/suda-amonyum-nitrit-ve-nitrat>, Erişim, Eylül 2019.
- Cabral, J.P.S., 2010. Water Microbiology, Bacterial Pathogens and Water, International Journal of Environmental Research and Public Health, 7, 3657-3703.
- Cartwright, R.Y., 1995. Food and waterborne infections associated with package holidays, Journal of Applied Microbiology, 94, 12-24.
- Çavuş, A., Altuğ, A., Şen, F., 2017. Van-Merkez İçme Sularının Su Kalite Kriterlerinin İncelenmesi, YYÜ Tar. Bil. Derg., 27, 326-336.
- Chapman, B., Eversley, T., Fillion, K., Maclaurin, T., Powell, D., 2010. Assessment of Food Safety Practices of Food Service Food Handlers (Risk Assessment Data): Testing a

- Communication Intervention (Evaluation of Tools), Journal of Food Protection, 73, 6, 1101– 1107.
- Cavaş, B., 1982. Nehir Suyundan İçme Suyuna, Kimyada Özel Konular, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir, <https://kompy.info/download/kimyada-ozel-konular-nehir-suyundan-icme-suyuna-ogretim-gorevl.doc>.
- Çetin, B., Şanlıdere-Aloğlu, H., Uran, H., Yanardağ-Karabulut, Ş., 2016. Gıda İşletmelerinde Kullanılan Suların Gıda Güvenliği Yönünden İncelenmesi, Akademik Gıda, 14, 375-381.
- Çetinkaya, O., 2003. Su Kalitesi Ders Notları, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü, Van, 76s.
- Çepel, N., ve Ergün, C., 2003. Suyun Önemi ve Ekolojik Sorunları, Tema Vakfı Yayınları.
- Çetin, B., Aloğlu Şanlıdere, H., Uran, H. ve Karabulut Yanardağ, Ş., 2016. Gıda İşletmelerinde Kullanılan Suların Gıda Güvenliği Yönünden İncelenmesi, Araştırma Makalesi, Kırklareli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Kırklareli.
- Çiçek, A., 2009. Çevre kirliliği. C. Türe, (Editör), Ekoloji (ss. 135-155), (1. Baskı), Eskişehir Anadolu Üniversitesi Web-Ofset Tesisleri.
- Dedeakayaogulları, H., Emel Önal, A., 2009. Çevre – İnsan Sağlığı İlişkisi Açısından Su ve Su Analizinin Önemi, İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 72, 65-70.
- Dinçer, B. ve Sarımehtemoğlu, B., 2011. Veteriner Hekimlik, Veteriner Halk Sağlığı, Şafak Matbaacılık San. Tic. Ltd. Şti., Sıhhiye, Ankara.
- Erciyes Üniversitesi, 2014. Çevre Mühendisliği Bölümü Çevre Kimyası Laboratuvarı Dersi, Ph, İletkenlik, Çözünmüş Oksijen, Sıcaklık, TDS ve Bulanıklık Tayini.
- Espejo-Herrera, N., Gràcia-Lavedan, E., Boldo, E., Aragonés, N., Pérez-Gómez, B., Pollán, M., Molina, A.J., Fernández, T., Martín, V., La Vecchia, C., 2016. Colorectal cancer risk and nitrate exposure through drinking water and diet, Int. J. Cancer, 139, 334–346.
- Eurolab, 2021. Sülfat (SO_4^{2-}) Tayini, İstanbul. <https://www.laboratuvar.com/gida-analizleri/kimyasal-analizler/sulfat-so4-2-tayini>.
- Fritz, S.J., 1994. A Survey of Charge Balance Errors on Published Analyses of Potable Ground and Surface Waters, Ground Water, 32, 539-546.
- Geter, S. Ö., 2019. Eyyübiye İlçesi (Şanlıurfa) İçme-Kullanma Suları Kalitesinin Çevre Sağlığı Açısından Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Şanlıurfa, 45s.
- Göktaş, M. A., 2019. İstanbulda Bazı Gıda İşletmelerinde Hijyenik Kalitenin Saptanması, Yüksek Lisans Tezi, Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul, 87s.

- Gundogdu, A., Bulut, V.N., Duran, C., Bekircan, O., Soylak M., 2018. Separation and Pre-concentration of Trace Heavy Metals from Environmental Matrices by a Novel Carrier Element-Free Coprecipitation (CEFC) Method Using a Thiosemicarbazide Derivative Ligand Prior to Their Microwave Plasma-Atomic Emission Spectrometric (MP-AES) Determinations, 1st Eurasia Environmental Chemistry Congress, Proceedings Book PP-93, 01-04 November 2018, Side-Antalya/Turkey.
- Gundogdu, A., Şentürk, H.B., Soylak, M., Baltacı, C., Yılmaz, F., 2013. Mikrodalga Plazma – Atomik Emisyon Spektrometri (MP-AES) ile Gıda Numunelerinde Mineral-Eser Element ve Ağır Metal Tayinleri, XIII. Ulusal Spektroskopi Kongresi, Bildiri Özetleri Kitapçığı, P-73, S:100, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, 15-18 Mayıs 2013, Burdur.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1994. Su kirliliği, T.C Sağlık Bakanlığı Matbaası, Ankara, 102s.
- Güler, Ç., Çobanoğlu, Z., 1997. Su Kalitesi, Çevre Sağlığı Genel Kaynak Dizisi No: 43, Ankara.
- Günay, A., 2018. Su Kimyası ve Kimyasal Temel İşlemler, Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Balıkesir, http://cevre.balikesir.edu.tr/wp-content/uploads/2018/11/2_%C3%87evre-Kimyas%C4%B1-Ders-Notlar%C4%B1-II_Bask%C4%B1-VPDF2018.pdf, 19.10.2020.
- Hansen, B., Dalgaard, T., Thorling, L., Sørensen, B., Erlandsen, M., 2012. Regional analysis of groundwater nitrate concentrations and trends in Denmark in regard to agricultural influence, *Biogeosciences*, 9, 3277–3286.
- Holvoet, K., Jacxsens, L., Sampeers, I., Uyttendaele, M., 2012. In sight into the prevalence and distribution of microbial contamination to evaluate water management in the fresh produce processing industry, *Journal of Food Protection*, 75, 671- 681.
- Hounslow, A.W., 1995. Water quality data analysis and interpretation, Lewis, Boca Raton, FL.
- Jones, R.R., Weyer, P.J., DellaValle, C.T., Inoue-Choi, M., Anderson, K.E., Cantor, K.P., Krasner, S., Robien, K., Beane Freeman, L.E., Silverman, D.T., 2016. Nitrate from drinking water and diet and bladder cancer among postmenopausal women in Iowa, *Environ, Health Perspect*, 124, 1751–1758.
- Keleş, R. ve Hamamcı, C., 2005. Çevre politikası, (5. Baskı), İmge Kitabevi, Ankara.
- Koçak, Ö., Güner, A., 2009. Erzurum İl Merkezindeki İçme ve Kullanma Sularının Kimyasal, Fiziksel ve Mikrobiyolojik Kalitesi, Araştırma Makalesi, Et ve Balık Kurumu Erzurum Et Kombinasi, Erzurum, Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Konya.
- Kostas, M., Pantelis, E.Z., Angelos, P., Marios, M. and Eleftherios, H.D., 2013. Techno-managerial factors related to food safety management system in food businesses, *British Food Journal*, 115, 1381-1399.
- Küçükgül, E.Y., Özdağlar, D., 2004. İçme Suyunda Korozyonun Önlenmesi, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6, 13-39.

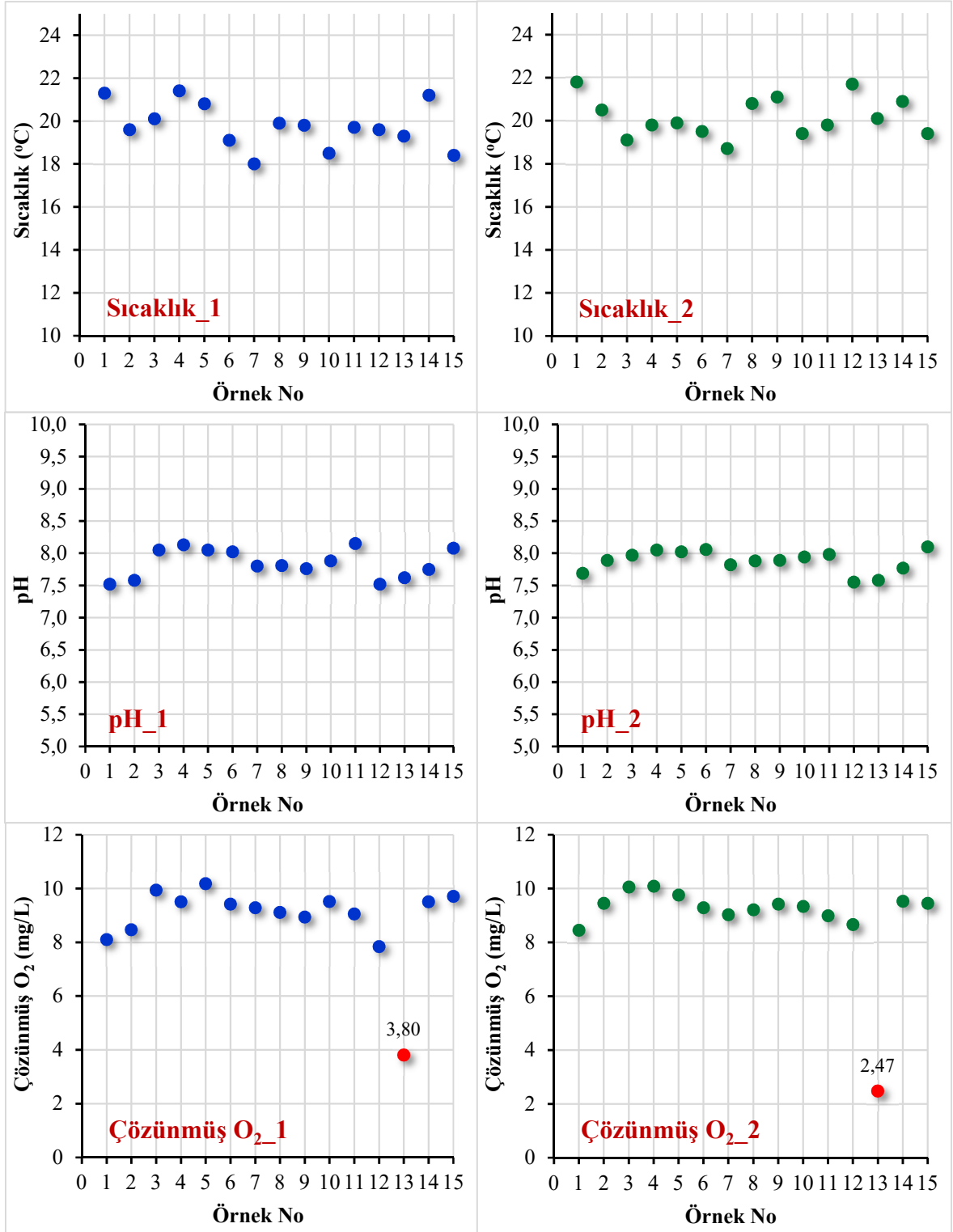
- Lawson, T. B., 1995. Fundamentals of Aquacultural Engineering, New York, Chapman and Hall.
- Li, W., Simmons, P., Shrader, D., Herrman, T.J., Dai, S.Y., 2013. Microwave plasma-atomic emission spectroscopy as a tool for the determination of copper, iron, manganese and zinc in animal feed and fertilizer, Talanta, 112, 43-48.
- Meb, 2010. Gıda Teknolojisi, Gıdadaki Suyun Özellikleri, Ankara.
- Meb, 2011. Çevre Sağlığı, Suların Analiz Parametreleri, Ankara.
- MEGEP, 2012. Aile ve Tüketici Hizmetleri İçme Ve Kullanma Suyunun Kontrolü 850CK0068, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- Meride, Y., Ayenew, B., 2016. Drinking water quality assessment and its effects on residents health in Wondo genet campus, Ethiopia, Environ. Syst. Res., 5, 1-7.
- Mozaffarian, D., Benjamin, E. J., Go, A. S., Arnett, D. K., Blaha, M. J., Cushman, M., Das, S. R., De Ferranti, S., Després, J. P. ve Fullerton, C., 2016. Heart disease and stroke statistics-2016 update a report from the American Heart Association, Circulation, 133, 38-48.
- Müezzinoğlu, M., 2014. Çok Paydaşlı Sağlık Sorumluluğunu Geliştirme Programı 2013 – 2023, Sağlığın Korunması ve Geliştirilmesine Çok Paydaşlı Yaklaşım, Fiziksel Çevrenin Geliştirilmesi, Suyun Kullanımı Etkileyen Faktörler 3.3.1. Suların Sertlik Dereceleri ve Sağlık Etkileri, T.C. Sağlık Bakanlığı Türkiye Halk Sağlığı Kurumu (Çevre Sağlığı Daire Başkanlığı) Yayınları, Ankara.
- Nazir-ur-Rehman, Sajjad Ahmad, Faisal, S., Ali, F., Ullah, S., Ullah, R., Khan, M.A., Afrasiab, Azeem, M.W., 2020. Assessment of drinking water quality and human health risks in Karak and adjoining areas, Southeastern Kohat Basin, Pakistan, Journal of Himalayan Earth Sciences, 53, 126–139.
- Nazlı, B., 2017. Gıda Hijyeni ve Sanitasyon. Gıda Mühendisliği Bölümü Ders Notları, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Halkalı, Küçükçekmece, İstanbul.
- Nnorom, I.C., Ewuzie, U., Eze, S.O., 2018. Multivariate statistical approach and water quality assessment of natural springs and other drinking water sources in Southeastern Nigeria, Heliyon, 5, e01123.
- Nolan, B.T., Stoner, J.D., 2000. Nutrients in Groundwaters of the Conterminous United States, 1992–1995, Environ. Sci. Technol., 34, 1156–1165.
- Oliveira, C.A.F., Cruz, A .G., Tavolaro, P. and Corassin, C.H., 2016. Food Safety: Good Manufacturing Practices(GMP), Sanitation Standard Operating Procedures (SSOP). Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP), Antimicrobial Food Packaging, 129-139.
- Ozkan, A., Uygur, V., 2019. Determination of heavy metal concentrations in agricultural lands of Amik plain with MP-AES, Fresenius Environmental Bulletin, 28, 416-425.

- Ozbek, N., 2018. Elemental analysis of henna samples by MP AES, Journal of the Turkish Chemical Society, Section A: Chemistry 5, 857-868.
- Ölmez, M., Saraç, D., 2009. Su Ürünleri İçin pH'nın Önemi, Ziraat Mühendisliği Temmuz-Aralık, Sayı: 353.
- Önal, B., Ötleş, S., 2015. Gıda Endüstrisinde Suyun Yeniden Kullanımı ve Haccp Uygulamaları, Plastik & Ambalaj Teknolojisi Dergisi, 76-83
- Özcan, H., Ekinci, H., Baba, A., Kavdır, Y., Yüksel, O. ve Yiğini, Y., 2007. Assessment of the Water Quality of Troia for the Multipurpose Usages, Environ. Monit. Assess., 130, 389-402.
- Patrick, M., Berendes, D., Murphy, J., Bertrand, F., Husain, F., Handzel, T., 2013. Access to safe water in rural artibonite, Haiti 16 months after the onset of the cholera epidemic, The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 89, 647-653.
- Rodríguez-Solana, R., Carlier, J.D., Costa, M.C., Romano, A., 2018. Multi-element characterisation of carob, fig and almond liqueurs by MP-AES, Journal of the Institute of Brewing 124, 300-309.
- Saldamlı, İ., 1998. Gıda Kimyası, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, s.384-410.
- Sajtos, Z., Herman, P., Harangi, S., Baranyai, E., 2019. Elemental analysis of Hungarian honey samples and bee products by MP-AES method, Microchemical Journal 149, 103968, 1-8.
- Sawyer, C.N., McCarty, P.L. ve Parkin G.F., 2013. Çevre mühendisliği ve bilimi için kimya (Chemistry for environmental engineering and science), Çeviri Editörü: İsmail Toröz, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, Türkiye.
- Sharma, S., Sachdeva, P., Viridi, J.S., 2003. Emerging water-borne pathogens, Applied Microbiology and Biotechnology, 61, 424-428.
- Skoog, D.A., West, D.M., Holler, F.J. ve Crouch, S.R., 2004. Analitik Kimyanın Temelleri, Çeviri Ed.: Kılıç, E. ve Yılmaz, H., 8. Baskı, Bilim Yayıncılık, Ankara.
- SM 9221 E (99 means Method 9221 E, Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure, only the version in the 21st edition. Referenced in Section 611,531.
- Stayner, L.T., Almberg, K., Jones, R., Graber, J., Pedersen, M., Turyk, M., 2017. Atrazine and nitrate in drinking water and the risk of preterm delivery and low birth weight in four Midwestern states, Environ Res., 152, 294-303.
- Şahin, Y., 2011. Kentleşme Politikası, Murathan Yayınları, 2. Baskı, Trabzon.
- Tekeli, T., Yücel, Y., Tekeli, Y., 2018. Hatay'da Kullanılan Kuyu Sularının İçme Suyu Kalite Parametreleri Bakımından İncelenmesi ve Kemometrik Yöntemlerle Karakterizasyonu, Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 8, 70-83.
- TS EN ISO 9308-2, 2012. Su kalitesi - *Escherichia coli* ve koliform bakterilerin tespiti ve sayımı - Bölüm 2, En muhtemel sayı yöntemi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

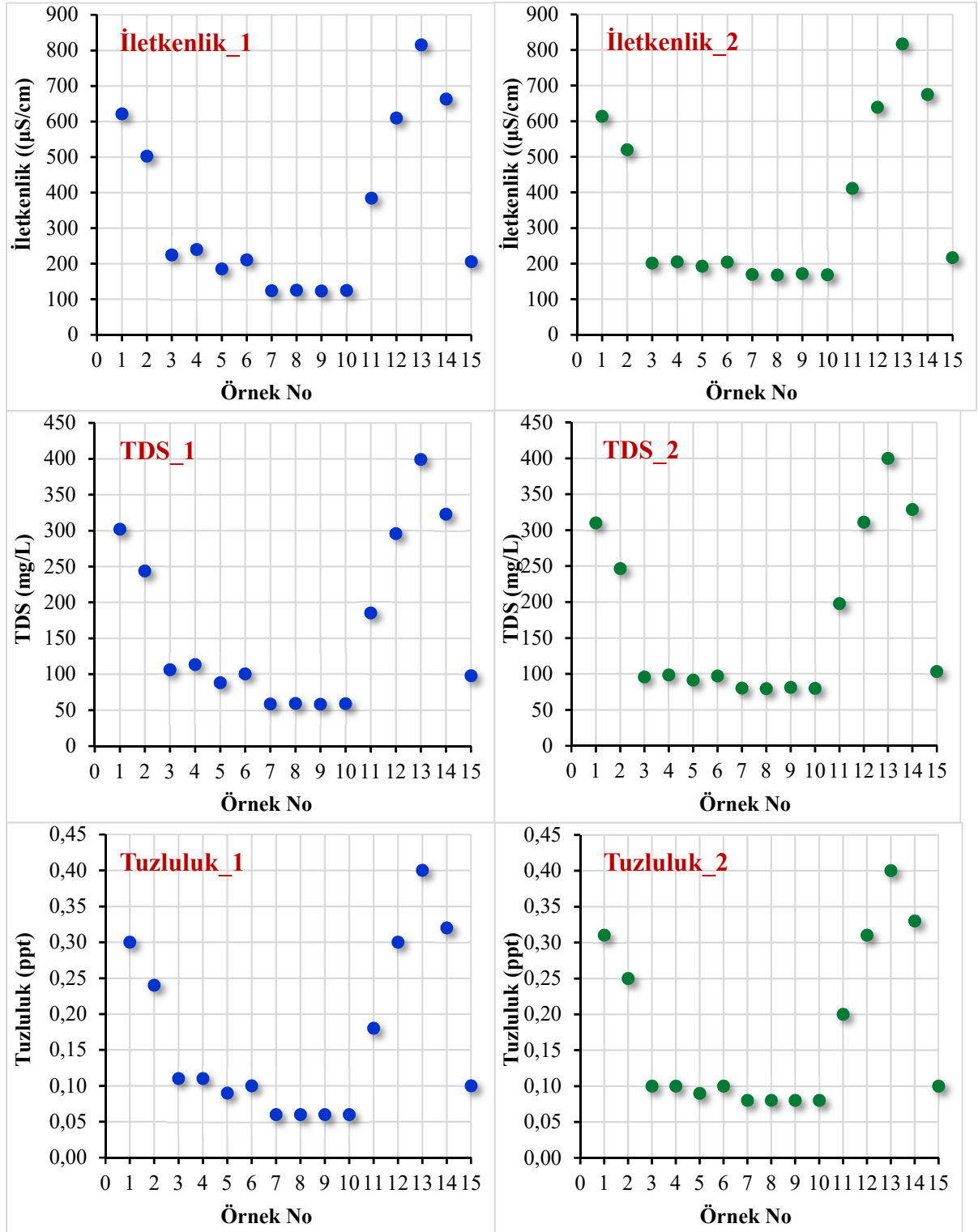
- TS EN ISO 9308-3, 1999. Su kalitesi-Yüzey ve atık sularda *Escherichia coli* ve koliform bakterilerin tespit edilme ve sayımı-Bölüm 3, Sıvı ortamlarda aşılama ile küçültme metodu (en muhtemel sayı), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN ISO 10523, 2012. Su kalitesi-pH tayini, Türk Standartları Enstitüsü.
- Tümen, F., Bildik, M., Baybay, M., Cici, M., Solmaz, B., 1992. Ergani Bakır İşletmesi Katı Atıklarının Kirlilik Potansiyeli, Doga Tr. J. of Engineering and Environmantal Sciences, 16, 43-53.
- Ullah, S., Javed, M.W., Shafique, M., Khan, S.F., 2014. An integrated approach for quality assessment of drinking water using GIS, A case study of Lower Dir, Journal of Himalayan Earth Sciences, 47, 2, 163-174.
- URL-1, TDS (Toplam Çözünmüş Katılar) Nedir ve EC İle İlişkisi Nedir?, <https://www.growkent.com/blog/icerik/tds-toplam-cozunmus-katilar-nedir-ve-ec-ile-iliskisi-nedir>. 19.10.2020.
- URL-2, Water microbiology - Latest research and news | Nature, www.nature.com. 14 Erişim tarihi, 8 Nisan 2021.
- URL-3, Aquatic Microbiology, www.frontiersin.org. Erişim tarihi, 8 Nisan 2021.
- URL-4, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. www.mevzuat.gov.tr. T.C.Sağlık Bakanlığı. Erişim tarihi, 8 Nisan 2021.
- URL-5, Agilent 4200 Microwave Plasma-Atomic Emission Spectrometer, Change Is In The Air, <https://sem.com.tr/wp-content/uploads/5991-3696EN.pdf>, 01.12.2019.
- URL-6, Microwave Plasma Atomic Emission Spectroscopy (MP-AES), Application eHandbook, https://www.agilent.com/cs/library/applications/5991-7282EN_MP-AES-eBook.pdf, 01.12.2019.
- URL-7, MP-AES Instruments, 4210 MP-AES, <https://www.agilent.com/en/products/mp-aes/mp-aes-systems/4200-mp-aes>, 01.12.2019.
- URL-8, Geochemisrty quick tips: Cation Anion Balance or Charge Balance Error (C.B.E)!, <http://www.coalgeology.com/geochemisrty-quick-tips-cation-anion-balance-or-charge-balance-error-cbe/32/>. Erişim tarihi: 19.10.2020.
- URL-9, Charge-Balance Error (CBE), <https://www.aqion.de/site/92>. Erişim tarihi, 19.10.2020.
- URL-10, Prof. Dr. Senar Aydın, Çevre Mühendisliği Ders Notları, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakülte, Çevre Mühendisliğine Giriş Ders Notları, <https://docplayer.biz.tr/15363683-Cevre-muhendisligine-giris-dersi-doc-dr-senar-aydin.html>. Erişim, 19.10.2019.
- Vandecasteele, C., Block, C. B., 1993. Modern Methods for Trace Element Determination, John Wiley&Sons Ltd., England, 1-118.

- Velicangil S., Hekimler, Sanayi (İş) Hekimleri, Diş Hekimleri, Eczacılar ve Sağlık (Çevre) Mühendisleri için Koruyucu ve Sosyal Tıp, Filiz Kitabevi, 1980, s:126-150, 337, 398.
- Villanueva, C.M., Kogevinas, M., Cordier, S., Templeton, M.R., Vermeulen, R., Nuckols, J.R., Nieuwenhuijsen, M.J., Levallois, P., 2014. Review Assessing Exposure and Health Consequences of Chemicals in Drinking Water, Current State of Knowledge and Research Needs, Environ. Health Perspect., 122, 213–221.
- Ward, M.H., De Kok, T.M., Levallois, P., Brender, J., Gulis, G., Nolan, B.T., 2005. Workgroup Report: Drinking-Water Nitrate and Health—Recent Findings and Research Needs. Environ. Health Perspect., 113, 1607–1614.
- Wetzel, R. G., 1983. Limnology. W.B. Saunders Co., p, 1-767, Philadelphia.
- WHO, 2004b. Preventing Travellers Diarrhoea, How to Make Drinking Water Safe. Geneva, World Health Organization (http://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/envsan/sdwtravel.pdf).
- WHO, 2011. World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality, 4th ed.; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2011, pp. 398–403.
- WHO, 2017. Guidelines for Drinking-water Quality, Fourth edition incorporating the first addendum, WHO Headquarters in Geneva, https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/drinking-water-quality-guidelines-4-including-1st-addendum/en/.
- Yılmaz, M., Peker, H., 2013. Su Kaynaklarının Türkiye Açısından Ekono-Politik Önemi Ekseninde Olası Bir Tehlike, Su Savaşları, Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 3, 57-74.
- Zamanian, F., Kashanaki, R., 2018. Microwave Plasma Atomic Emission Spectroscopy (MP-AES), Iranian Journal of Laboratory Knowledge, 6, 7-14.

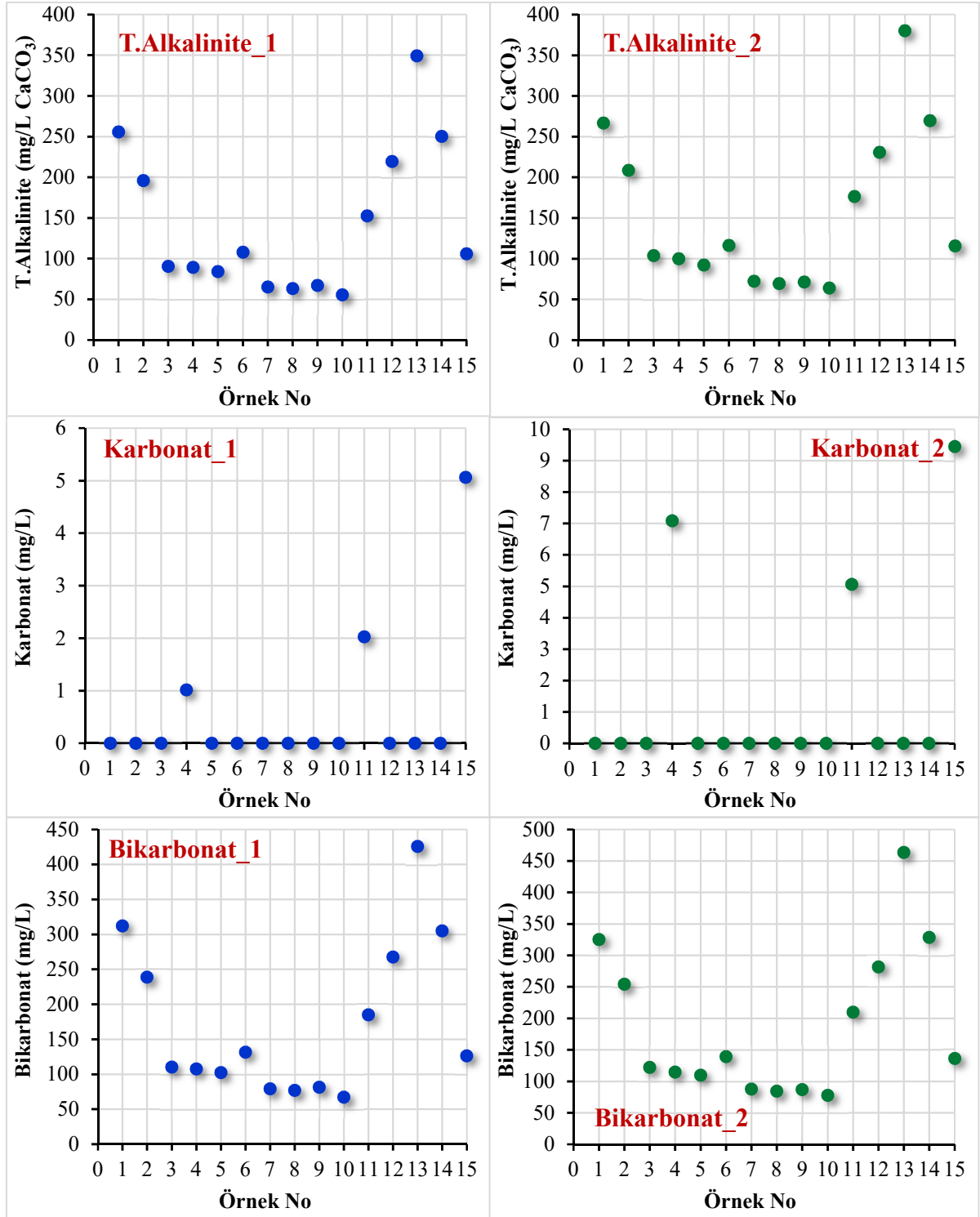
6. EKLER



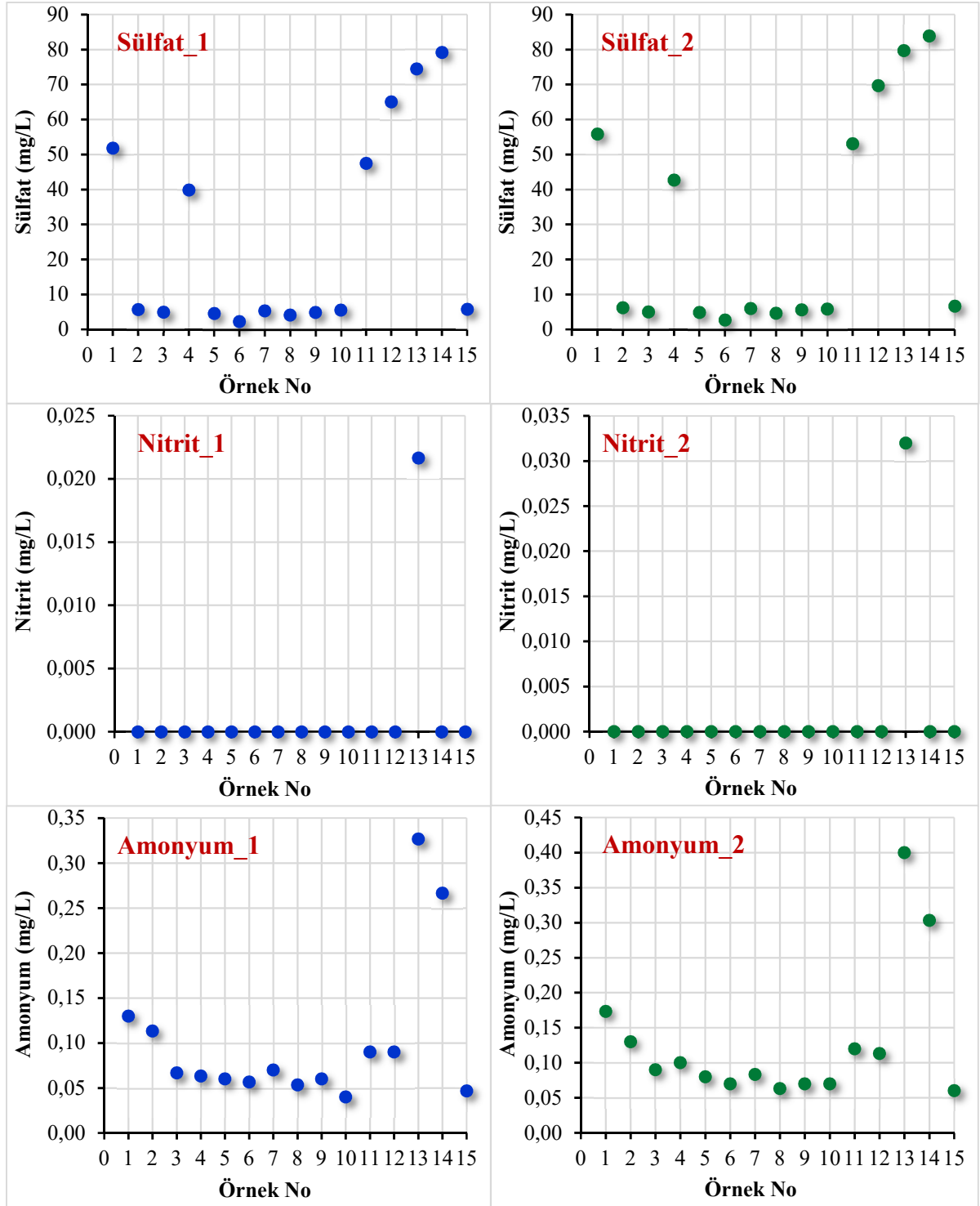
Ek Şekil 1. 1.dönem ve 2.dönem su numunelerinin Sıcaklık, pH ve Çözünmüş O₂ dağılımları



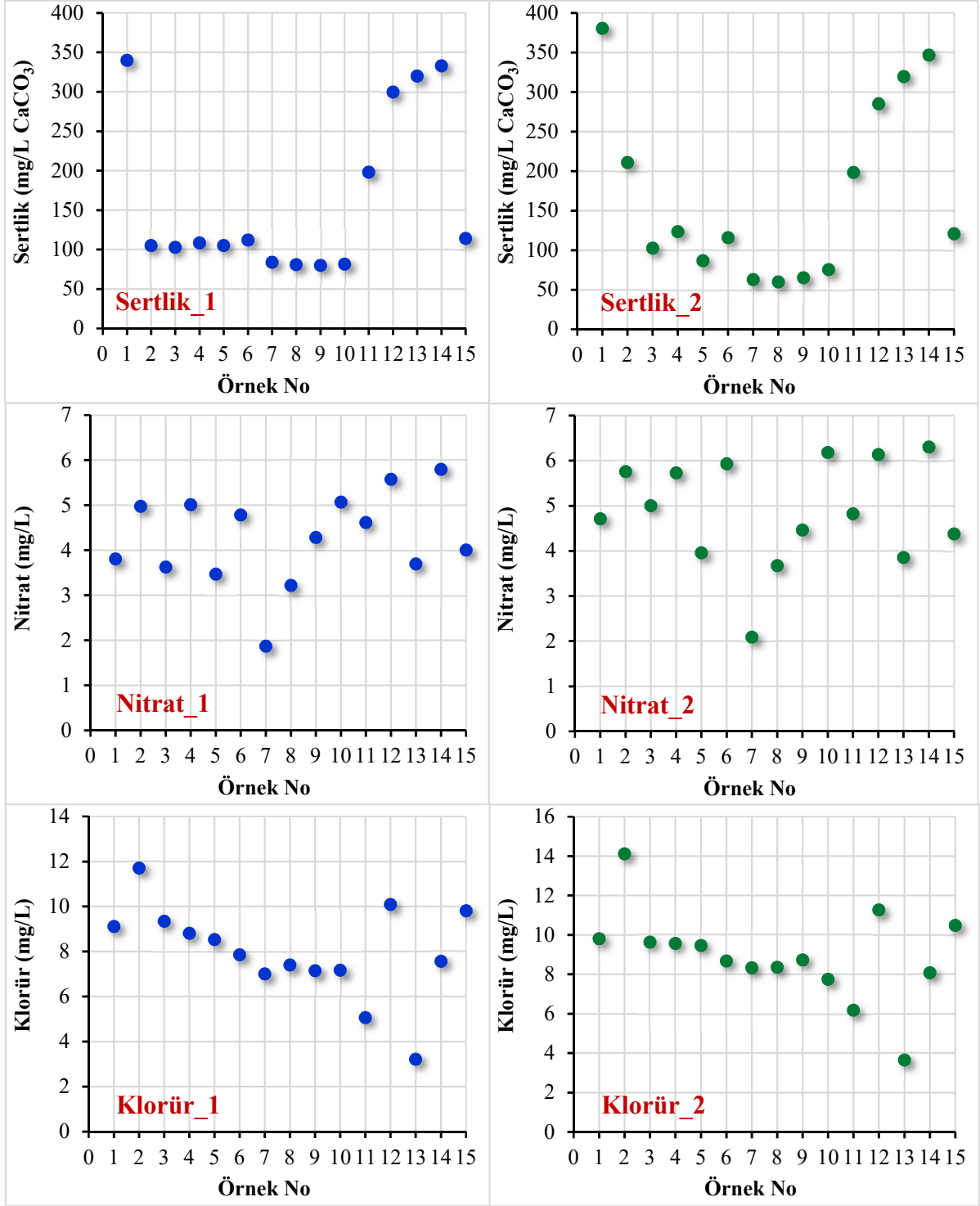
Ek Şekil 2. 1. dönem ve 2. dönem su numunelerinin İletkenlik, TDS ve Tuzluluk dağılımları



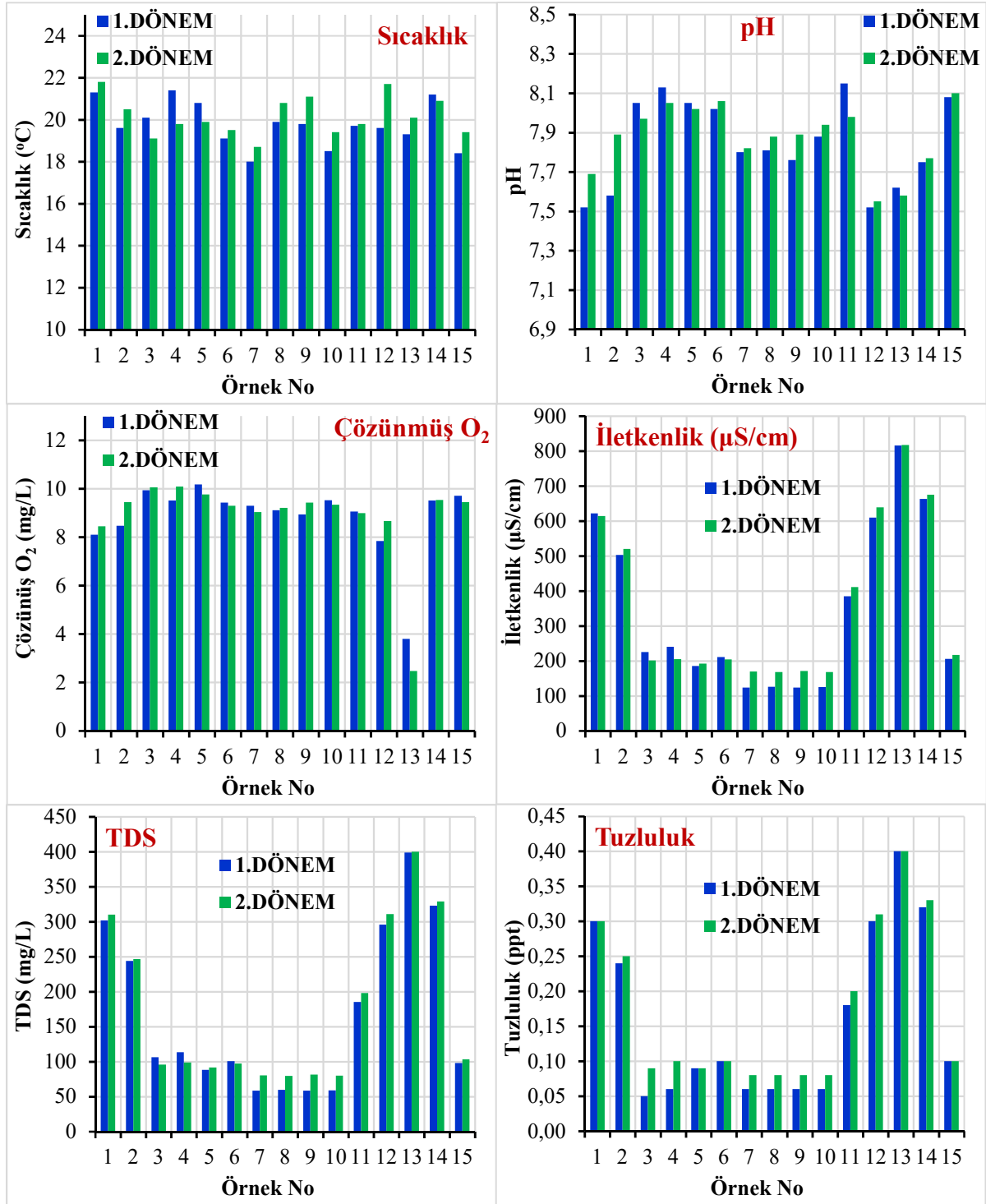
Ek Şekil 3. 1.dönem ve 2. dönem su numunelerinin T.Alkalinite, Karbonat ve Bikarbonat dağılımları



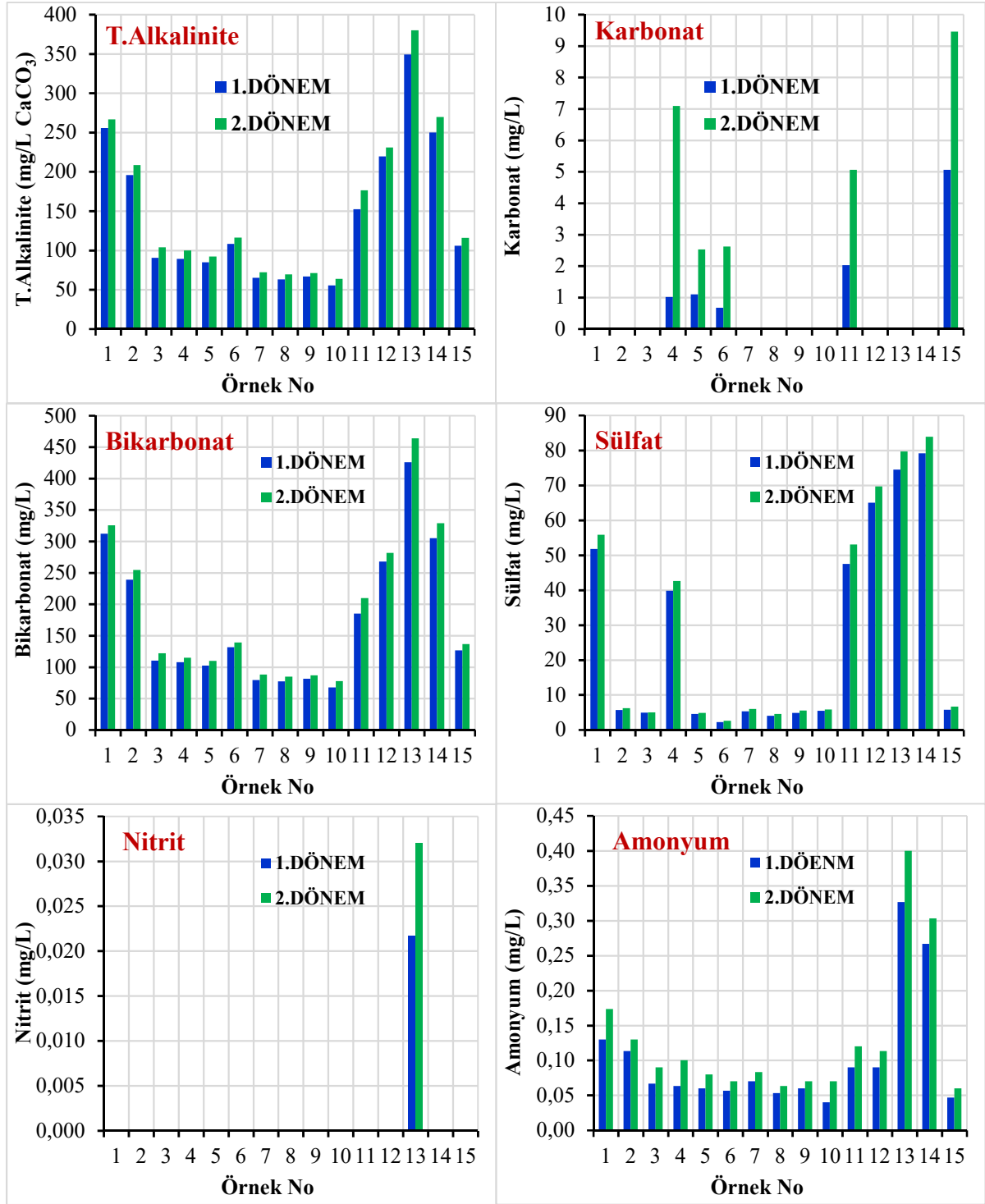
Ek Şekil 4. 1. dönem ve 2. dönem su numunelerinin Sülfat, Nitrit ve Amonyum dağılımları



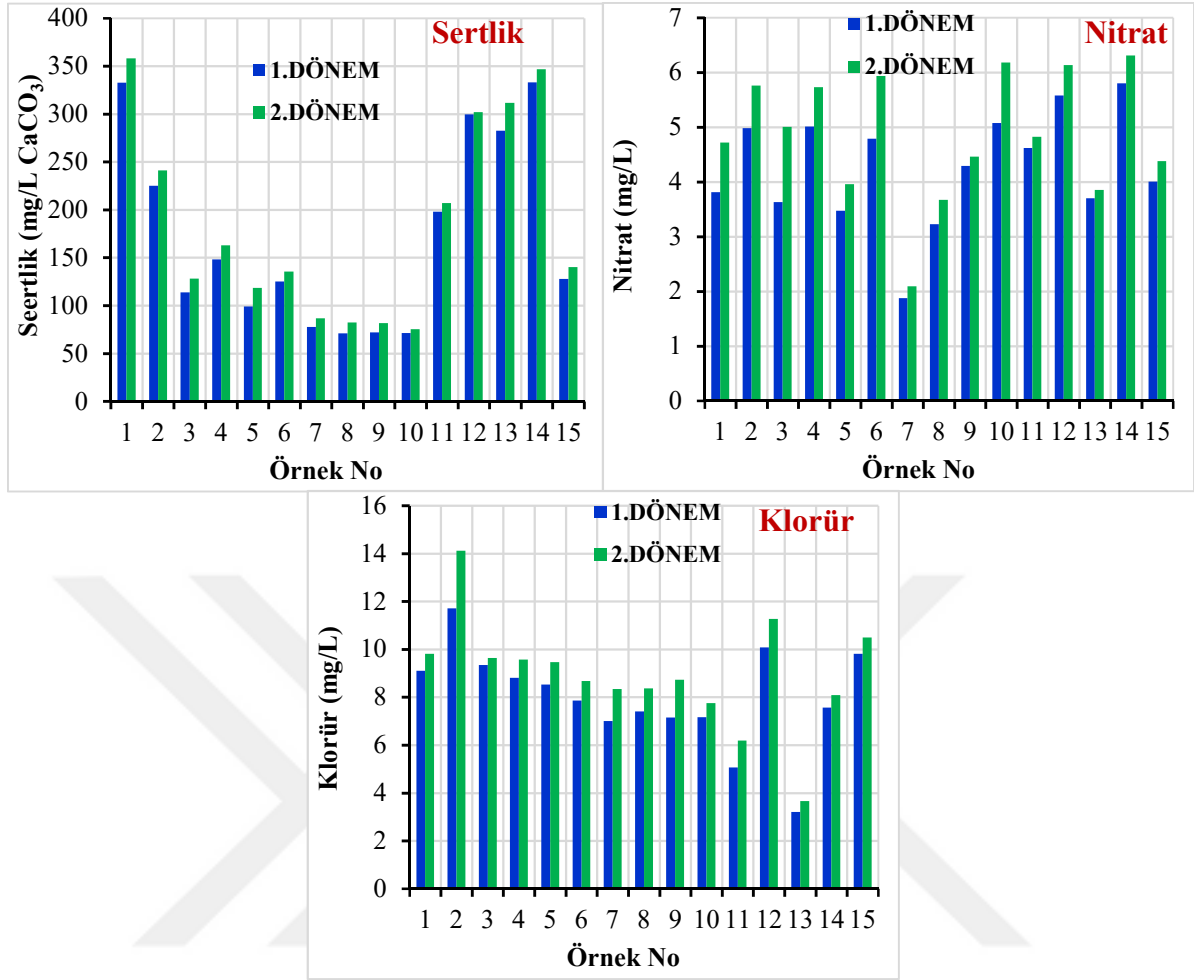
Ek Şekil 5. 1. dönem ve 2. dönem su numunelerinin Sertlik, Nitrat ve Klorür dağılımları



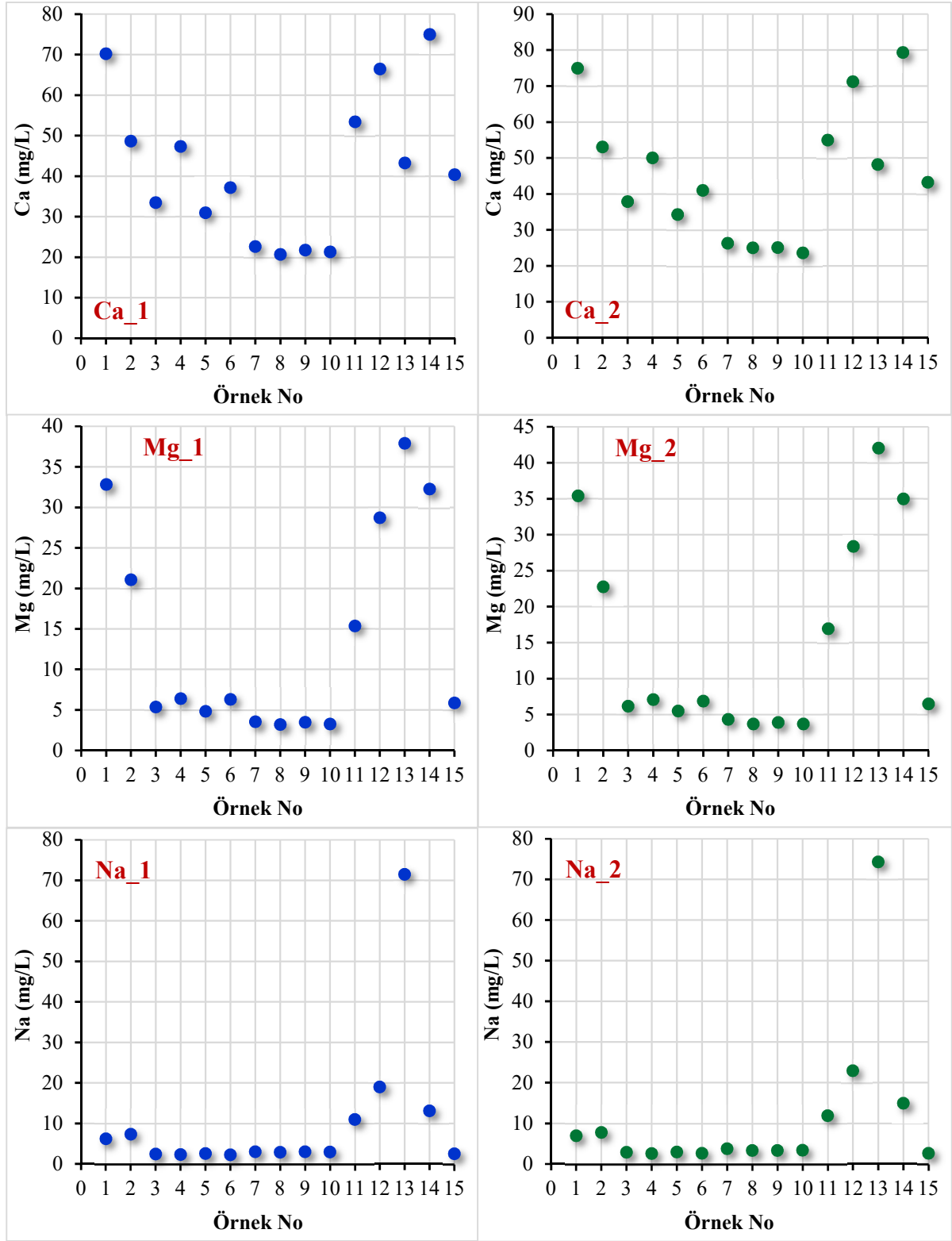
Ek Şekil 6. 1. dönem ve 2. dönem su numunelerinin su kalite parametre içerikleri açısından karşılaştırılması (1)



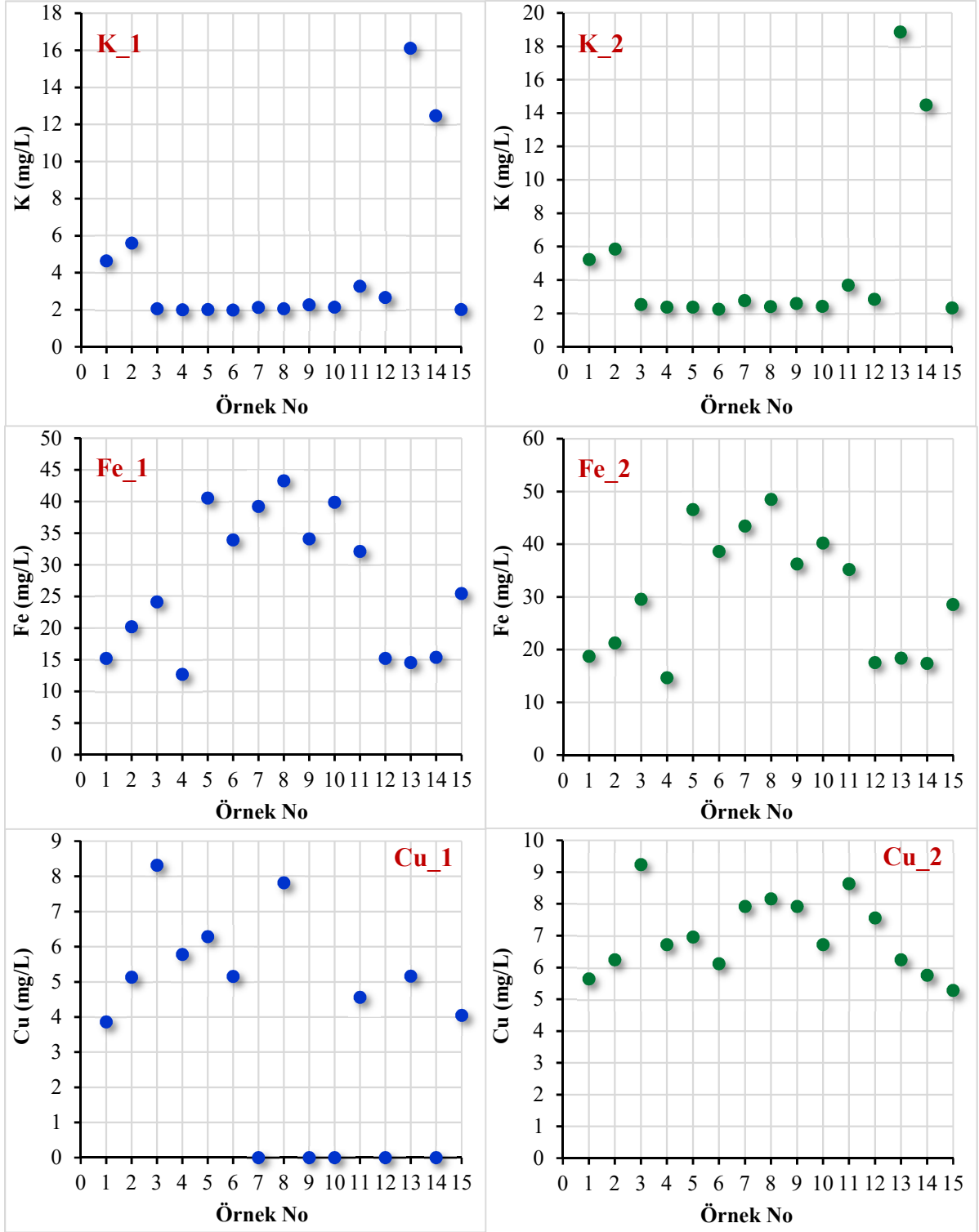
Ek Şekil 7. 1. dönem ve 2. dönem su numunelerinin su kalite parametre içerikleri açısından karşılaştırılması (2)



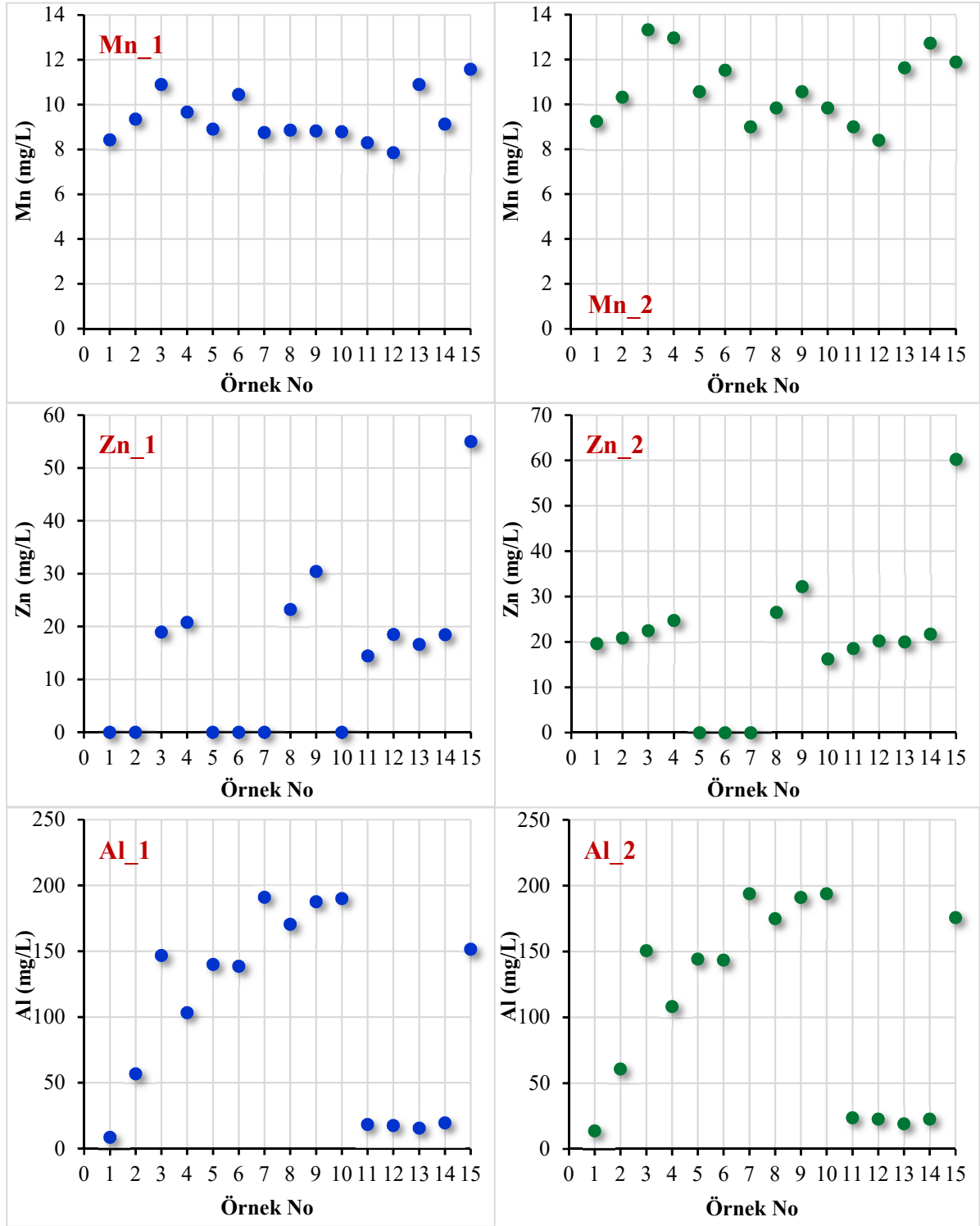
Ek Şekil 8. 1. dönem ve 2. dönem su numunelerinin su kalite parametre içerikleri açısından karşılaştırılması (3)



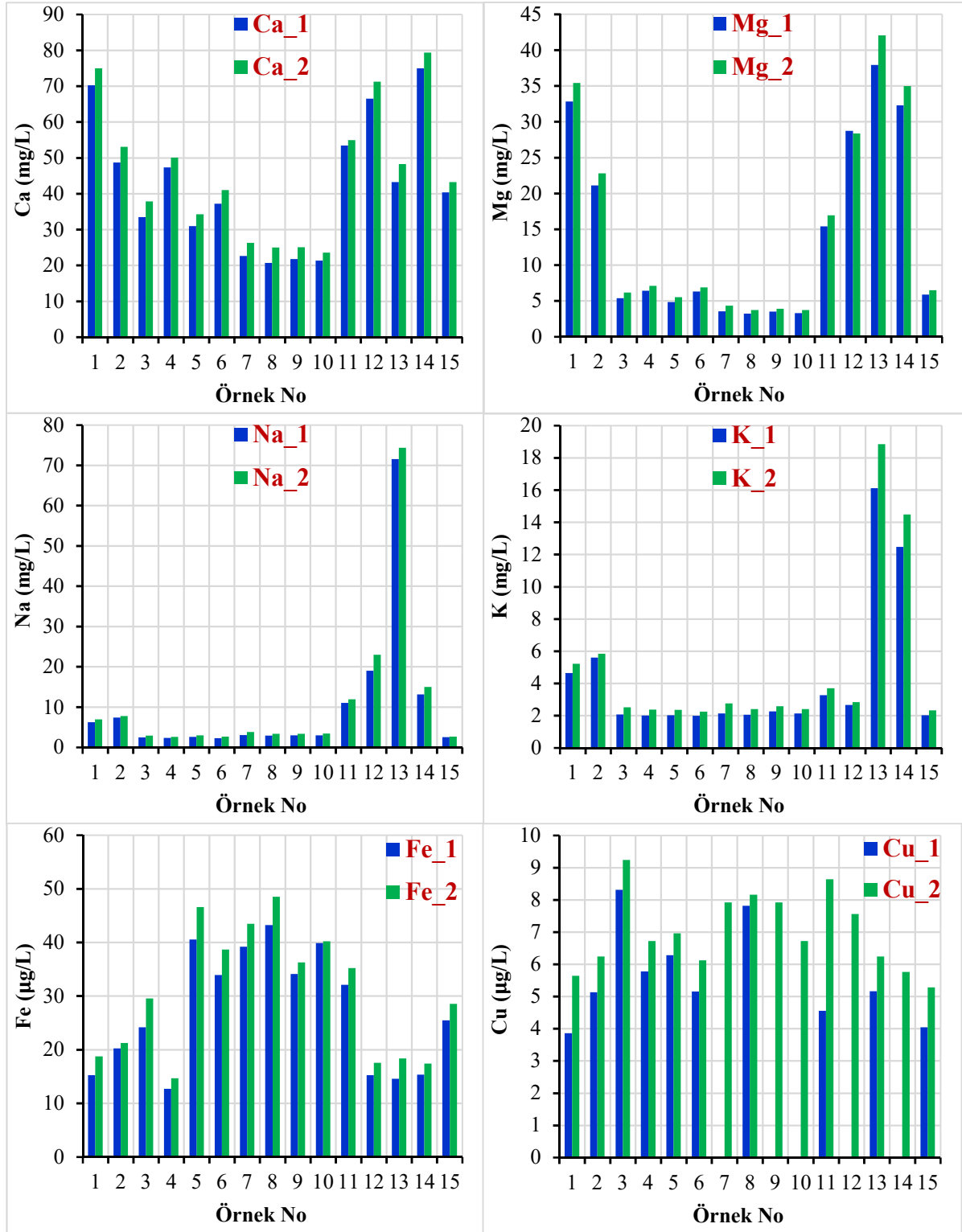
Ek Şekil 9. 1. dönem ve 2. dönem su numunelerinin Ca, Mg ve Na dağılımları



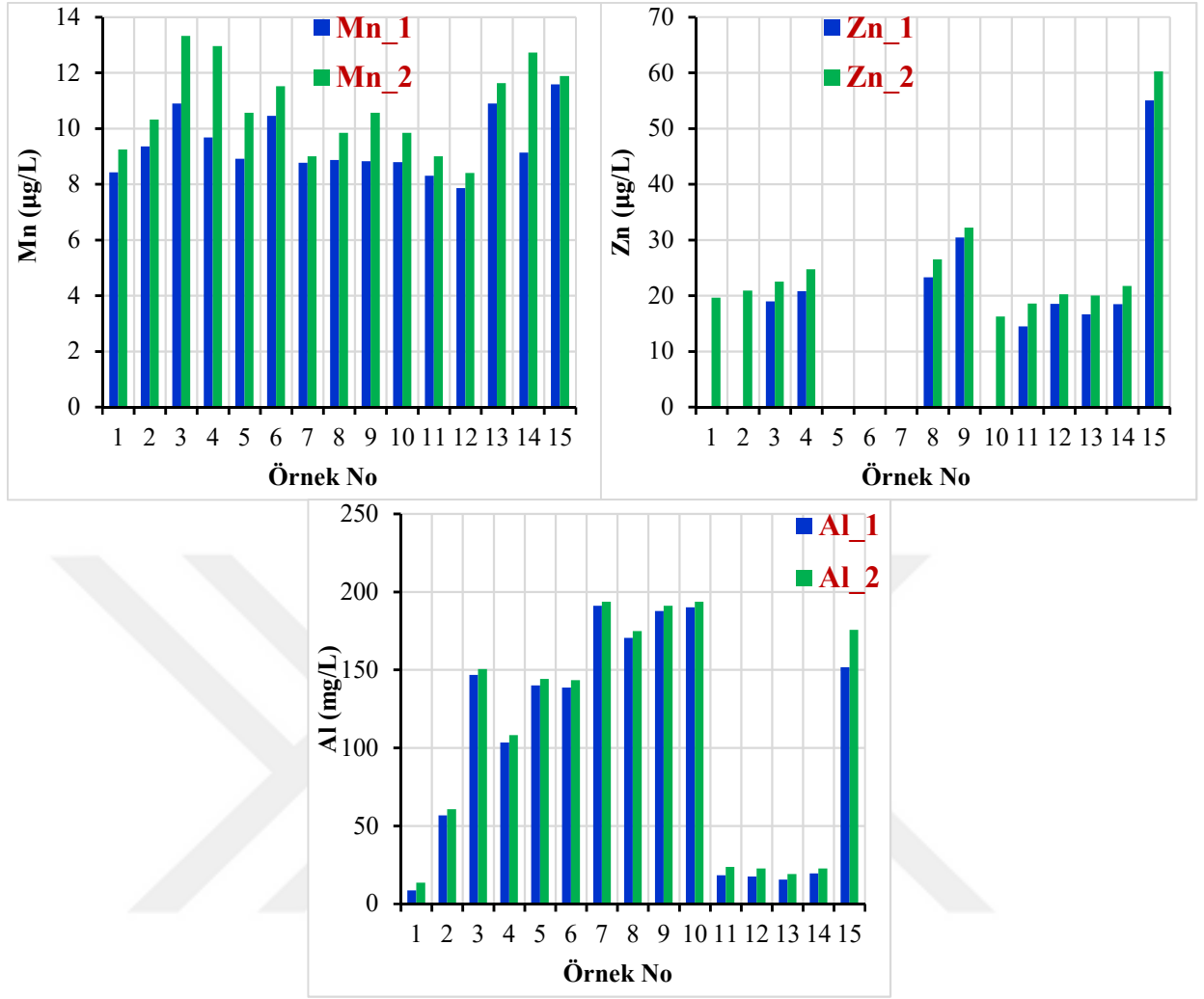
Ek Şekil 10. 1. dönem ve 2. dönem su numunelerinin K, Fe ve Cu dağılımları



Ek Şekil 11. 1. dönem ve 2. dönem su numunelerinin Mn, Zn ve Al dağılımları



Ek Şekil 12. 1. dönem ve 2. dönem su numunelerinin metal içerikleri açısından karşılaştırılması (1)



Ek Şekil 13. 1. dönem ve 2. dönem su numunelerinin metal içerikleri açısından karşılaştırılması (2)

Ek Tablo 1. 1. dönem ve 2. dönem su kalite parametre içeriklerinin t-testi ile karşılaştırılması

Num. No	T.ALKALİNİTE															
	1.DÖNEM		2.DÖNEM		SD _{birleşik}						t-testi					
	X ₁	SD ₁	X ₂	SD ₂	(N ₁ -1)	(SD ₁) ²	(N ₂ -1)	(SD ₂) ²	(N ₁ +N ₂ -2)	SD _{bir.}	X ₁ - X ₂	1/N ₁	1/N ₂	t _{kritik}	t _{deneyssel}	Sonuç
1	255.7	0.8	266.8	5.1	2	0.71	2	25.66	4	3.631	11.04	0.333	0.333	2.776	3.72	Fark var
2	195.9	1.8	208.4	1.6	2	3.22	2	2.42	4	1.679	12.52	0.333	0.333	2.776	9.13	Fark var
3	90.3	0.8	103.8	2.3	2	0.71	2	5.40	4	1.749	13.52	0.333	0.333	2.776	9.47	Fark var
4	89.0	0.8	99.9	2.1	2	0.58	2	4.47	4	1.588	10.90	0.333	0.333	2.776	8.41	Fark var
5	84.0	0.4	92.1	1.0	2	0.18	2	0.95	4	0.751	8.16	0.333	0.333	2.776	13.31	Fark var
6	107.8	0.9	116.3	0.3	2	0.77	2	0.10	4	0.662	8.58	0.333	0.333	2.776	15.88	Fark var
7	64.9	0.5	72.1	0.7	2	0.28	2	0.55	4	0.645	7.17	0.333	0.333	2.776	13.63	Fark var
8	63.2	1.1	69.3	0.4	2	1.17	2	0.19	4	0.826	6.19	0.333	0.333	2.776	9.17	Fark var
9	66.8	1.7	71.2	1.6	2	2.91	2	2.42	4	1.632	4.43	0.333	0.333	2.776	3.33	Fark var
10	55.4	0.5	63.8	2.5	2	0.28	2	6.34	4	1.819	8.44	0.333	0.333	2.776	5.68	Fark var
11	152.4	0.9	176.3	2.2	2	0.77	2	4.91	4	1.686	23.84	0.333	0.333	2.776	17.32	Fark var
12	219.4	0.8	230.8	1.5	2	0.58	2	2.24	4	1.187	11.32	0.333	0.333	2.776	11.68	Fark var
13	349.1	1.9	380.0	2.8	2	3.67	2	8.06	4	2.421	30.95	0.333	0.333	2.776	15.65	Fark var
14	250.0	2.0	269.5	3.2	2	4.05	2	10.21	4	2.670	19.48	0.333	0.333	2.776	8.94	Fark var
15	105.9	1.7	115.8	0.9	2	2.86	2	0.77	4	1.348	9.92	0.333	0.333	2.776	9.01	Fark var

Num. No	BİKARBONAT															
	1.DÖNEM		2.DÖNEM		SD _{birleşik}						t-testi					
	X ₁	SD ₁	X ₂	SD ₂	(N ₁ -1)	(SD ₁) ²	(N ₂ -1)	(SD ₂) ²	(N ₁ +N ₂ -2)	SD _{bir.}	X ₁ - X ₂	1/N ₁	1/N ₂	t _{kritik}	t _{deneyssel}	Sonuç
1	312.0	1.0	325.5	6.2	2	1.06	2	38.19	4	4.430	13.47	0.333	0.333	2.776	3.72	Fark var
2	239.0	2.2	254.2	1.9	2	4.79	2	3.60	4	2.049	15.27	0.333	0.333	2.776	9.13	Fark var
3	110.2	1.0	122.1	2.2	2	1.06	2	4.79	4	1.710	11.95	0.333	0.333	2.776	8.55	Fark var
4	107.6	0.8	114.7	2.2	2	0.60	2	4.93	4	1.662	7.12	0.333	0.333	2.776	5.25	Fark var
5	102.5	0.5	109.8	0.8	2	0.27	2	0.62	4	0.665	7.38	0.333	0.333	2.776	13.60	Fark var
6	131.5	1.1	139.3	0.8	2	1.15	2	0.60	4	0.934	7.81	0.333	0.333	2.776	10.24	Fark var
7	79.2	0.6	88.0	0.9	2	0.42	2	0.82	4	0.786	8.75	0.333	0.333	2.776	13.63	Fark var
8	77.1	1.3	84.6	0.5	2	1.74	2	0.29	4	1.008	7.55	0.333	0.333	2.776	9.17	Fark var
9	81.5	2.1	86.9	1.9	2	4.33	2	3.60	4	1.991	5.41	0.333	0.333	2.776	3.33	Fark var
10	67.5	0.6	77.8	3.1	2	0.42	2	9.43	4	2.219	10.30	0.333	0.333	2.776	5.68	Fark var
11	184.9	0.9	209.9	2.5	2	0.82	2	6.12	4	1.862	24.97	0.333	0.333	2.776	16.42	Fark var
12	267.7	0.9	281.5	1.8	2	0.86	2	3.34	4	1.449	13.81	0.333	0.333	2.776	11.68	Fark var
13	425.9	2.3	463.6	3.5	2	5.46	2	11.99	4	2.954	37.75	0.333	0.333	2.776	15.65	Fark var
14	305.0	2.5	328.8	3.9	2	6.03	2	15.20	4	3.258	23.77	0.333	0.333	2.776	8.94	Fark var
15	126.6	2.4	136.4	0.8	2	5.72	2	0.60	4	1.777	9.87	0.333	0.333	2.776	6.80	Fark var

Num. No	SÜLFAT															
	1.DÖNEM		2.DÖNEM		SD _{birleşik}						t-testi					
	X ₁	SD ₁	X ₂	SD ₂	(N ₁ -1)	(SD ₁) ²	(N ₂ -1)	(SD ₂) ²	(N ₁ +N ₂ -2)	SD _{bir.}	X ₁ - X ₂	1/N ₁	1/N ₂	t _{kritik}	t _{deneyse}	Sonuç
1	51.7	0.7	55.8	1.1	2	0.43	2	1.24	4	0.915	4.06	0.333	0.333	2.776	5.44	Fark var
2	5.7	0.2	6.2	0.1	2	0.04	2	0.02	4	0.169	0.51	0.333	0.333	2.776	3.69	Fark var
3	4.9	0.2	5.0	0.2	2	0.04	2	0.04	4	0.203	0.13	0.333	0.333	2.776	0.78	Fark yok
4	39.8	0.6	42.6	0.9	2	0.41	2	0.84	4	0.791	2.84	0.333	0.333	2.776	4.40	Fark var
5	4.5	0.1	4.8	0.2	2	0.01	2	0.03	4	0.144	0.29	0.333	0.333	2.776	2.43	Fark yok
6	2.2	0.2	2.6	0.1	2	0.03	2	0.02	4	0.166	0.41	0.333	0.333	2.776	3.04	Fark var
7	5.3	0.1	6.0	0.2	2	0.02	2	0.02	4	0.153	0.69	0.333	0.333	2.776	5.56	Fark var
8	4.0	0.1	4.6	0.1	2	0.02	2	0.02	4	0.131	0.53	0.333	0.333	2.776	4.97	Fark var
9	4.8	0.3	5.5	0.1	2	0.07	2	0.01	4	0.203	0.71	0.333	0.333	2.776	4.27	Fark var
10	5.5	0.1	5.8	0.0	2	0.02	2	0.00	4	0.104	0.34	0.333	0.333	2.776	3.97	Fark var
11	47.5	2.8	53.0	3.8	2	7.73	2	14.58	4	3.340	5.58	0.333	0.333	2.776	2.04	Fark yok
12	65.0	0.6	69.7	2.2	2	0.35	2	4.84	4	1.611	4.60	0.333	0.333	2.776	3.50	Fark var
13	74.5	1.1	79.7	0.8	2	1.18	2	0.64	4	0.955	5.18	0.333	0.333	2.776	6.65	Fark var
14	79.2	1.5	83.9	0.8	2	2.34	2	0.67	4	1.226	4.69	0.333	0.333	2.776	4.68	Fark var
15	5.7	0.3	6.6	0.4	2	0.07	2	0.13	4	0.312	0.90	0.333	0.333	2.776	3.55	Fark var

Num. No	AMONYUM															
	1.DÖNEM		2.DÖNEM		SD _{birleşik}						t-testi					
	X ₁	SD ₁	X ₂	SD ₂	(N ₁ -1)	(SD ₁) ²	(N ₂ -1)	(SD ₂) ²	(N ₁ +N ₂ -2)	SD _{bir.}	X ₁ - X ₂	1/N ₁	1/N ₂	t _{kritik}	t _{deneyse}	Sonuç
1	0.13	0.01	0.17	0.01	2	0.00	2	0.00	4	0.011	0.04	0.333	0.333	2.776	5.00	Fark var
2	0.11	0.02	0.13	0.01	2	0.00	2	0.00	4	0.013	0.02	0.333	0.333	2.776	1.58	Fark yok
3	0.07	0.02	0.09	0.01	2	0.00	2	0.00	4	0.013	0.02	0.333	0.333	2.776	2.21	Fark yok
4	0.06	0.02	0.10	0.01	2	0.00	2	0.00	4	0.013	0.04	0.333	0.333	2.776	3.48	Fark var
5	0.06	0.02	0.08	0.01	2	0.00	2	0.00	4	0.014	0.02	0.333	0.333	2.776	1.73	Fark yok
6	0.06	0.01	0.07	0.01	2	0.00	2	0.00	4	0.008	0.01	0.333	0.333	2.776	2.00	Fark yok
7	0.07	0.02	0.08	0.01	2	0.00	2	0.00	4	0.015	0.01	0.333	0.333	2.776	1.11	Fark yok
8	0.05	0.01	0.06	0.01	2	0.00	2	0.00	4	0.006	0.01	0.333	0.333	2.776	2.12	Fark yok
9	0.06	0.01	0.07	0.01	2	0.00	2	0.00	4	0.010	0.01	0.333	0.333	2.776	1.22	Fark yok
10	0.04	0.01	0.07	0.01	2	0.00	2	0.00	4	0.010	0.03	0.333	0.333	2.776	3.67	Fark var
11	0.09	0.01	0.12	0.01	2	0.00	2	0.00	4	0.010	0.03	0.333	0.333	2.776	3.67	Fark var
12	0.09	0.01	0.11	0.02	2	0.00	2	0.00	4	0.013	0.02	0.333	0.333	2.776	2.21	Fark yok
13	0.33	0.02	0.40	0.02	2	0.00	2	0.00	4	0.018	0.07	0.333	0.333	2.776	5.05	Fark var
14	0.27	0.02	0.30	0.04	2	0.00	2	0.00	4	0.029	0.04	0.333	0.333	2.776	1.56	Fark yok
15	0.05	0.01	0.06	0.01	2	0.00	2	0.00	4	0.008	0.01	0.333	0.333	2.776	2.00	Fark yok

Num. No	SERTLİK															
	1.DÖNEM		2.DÖNEM		SD _{birleşik}						t-testi					
	X ₁	SD ₁	X ₂	SD ₂	(N ₁ -1)	(SD ₁) ²	(N ₂ -1)	(SD ₂) ²	(N ₁ +N ₂ -2)	SD _{bir.}	X ₁ - X ₂	1/N ₁	1/N ₂	t _{kritik}	t _{deneyse}	Sonuç
1	332.7	3.1	358.0	2.0	2	9.33	2	4.00	4	2.582	25.33	0.333	0.333	2.776	12.02	Fark var
2	225.0	1.0	241.0	9.8	2	1.00	2	97.00	4	7.000	16.0	0.333	0.333	2.776	2.80	Fark var
3	113.7	3.5	128.0	2.0	2	12.33	2	4.00	4	2.858	14.33	0.333	0.333	2.776	6.14	Fark var
4	148.0	2.0	162.7	3.1	2	4.00	2	9.33	4	2.582	14.67	0.333	0.333	2.776	6.96	Fark var
5	99.0	1.0	118.3	1.5	2	1.00	2	195.9	4	9.921	11.47	0.333	0.333	2.776	1.42	Fark var
6	125.0	2.0	135.3	2.5	2	4.00	2	6.33	4	2.273	10.33	0.333	0.333	2.776	5.57	Fark var
7	77.7	2.5	86.7	1.5	2	6.33	2	2.33	4	2.082	9.00	0.333	0.333	2.776	5.30	Fark var
8	71.0	1.0	82.3	2.1	2	1.00	2	4.33	4	1.633	11.33	0.333	0.333	2.776	8.50	Fark var
9	72.0	2.0	81.7	1.5	2	4.00	2	2.33	4	1.780	9.67	0.333	0.333	2.776	6.65	Fark var
10	71.3	1.5	75.3	1.5	2	2.33	2	2.33	4	1.528	4.00	0.333	0.333	2.776	3.21	Fark var
11	198.0	2.0	207.0	1.0	2	4.00	2	1.00	4	1.581	9.00	0.333	0.333	2.776	6.97	Fark var
12	299.7	1.5	302.0	3.0	2	2.33	2	9.00	4	2.380	2.33	0.333	0.333	2.776	1.20	Fark yok
13	282.3	2.5	311.7	3.5	2	6.33	2	12.33	4	3.055	29.33	0.333	0.333	2.776	11.76	Fark var
14	333.0	2.0	346.7	2.1	2	4.00	2	4.33	4	2.041	13.67	0.333	0.333	2.776	8.20	Fark var
15	127.7	2.5	140.0	2.0	2	6.33	2	4.00	4	2.273	12.33	0.333	0.333	2.776	6.65	Fark var

Num. No	NİTRAT															
	1.DÖNEM		2.DÖNEM		SD _{birleşik}						t-testi					
	X ₁	SD ₁	X ₂	SD ₂	(N ₁ -1)	(SD ₁) ²	(N ₂ -1)	(SD ₂) ²	(N ₁ +N ₂ -2)	SD _{bir.}	X ₁ - X ₂	1/N ₁	1/N ₂	t _{kritik}	t _{deneyse}	Sonuç
1	3.8	0.0	4.7	0.0	2	0.00	2	0.00	4	0.036	0.90	0.333	0.333	2.776	30.68	Fark var
2	5.0	0.2	5.8	0.2	2	0.03	2	0.03	4	0.177	0.78	0.333	0.333	2.776	5.41	Fark var
3	3.6	0.1	5.0	0.1	2	0.01	2	0.01	4	0.076	1.37	0.333	0.333	2.776	22.07	Fark var
4	5.0	0.2	5.7	0.0	2	0.03	2	0.00	4	0.120	0.71	0.333	0.333	2.776	7.30	Fark var
5	3.5	0.1	4.0	0.2	2	0.01	2	0.03	4	0.139	0.48	0.333	0.333	2.776	4.25	Fark var
6	4.8	0.1	5.9	1.2	2	0.01	2	1.50	4	0.868	1.14	0.333	0.333	2.776	1.61	Fark yok
7	1.9	0.1	2.1	0.0	2	0.01	2	0.00	4	0.067	0.22	0.333	0.333	2.776	3.99	Fark var
8	3.2	0.1	3.7	0.1	2	0.02	2	0.01	4	0.111	0.45	0.333	0.333	2.776	4.96	Fark var
9	4.3	0.0	4.5	0.0	2	0.00	2	0.00	4	0.032	0.17	0.333	0.333	2.776	6.62	Fark var
10	5.1	0.2	6.2	0.1	2	0.02	2	0.01	4	0.120	1.11	0.333	0.333	2.776	11.29	Fark var
11	4.6	0.0	4.8	0.0	2	0.00	2	0.00	4	0.023	0.21	0.333	0.333	2.776	10.78	Fark var
12	5.6	0.1	6.1	0.0	2	0.02	2	0.00	4	0.104	0.56	0.333	0.333	2.776	6.56	Fark var
13	3.7	0.0	3.9	0.1	2	0.00	2	0.01	4	0.067	0.15	0.333	0.333	2.776	2.73	Fark yok
14	5.8	0.2	6.3	0.1	2	0.05	2	0.01	4	0.171	0.51	0.333	0.333	2.776	3.65	Fark var
15	4.0	0.1	4.4	0.0	2	0.00	2	0.00	4	0.053	0.37	0.333	0.333	2.776	8.53	Fark var

Num. No	KLORÜR															
	1.DÖNEM		2.DÖNEM		SD _{birleşik}						t-testi					
	X ₁	SD ₁	X ₂	SD ₂	(N ₁ -1)	(SD ₁) ²	(N ₂ -1)	(SD ₂) ²	(N ₁ +N ₂ -2)	SD _{bir.}	X ₁ - X ₂	1/N ₁	1/N ₂	t _{kritik}	t _{deneyse}	Sonuç
1	9.1	0.1	9.8	0.1	2	0.01	2	0.01	4	0.076	0.71	0.333	0.333	2.776	11.36	Fark var
2	11.7	0.2	14.1	0.4	2	0.06	2	0.17	4	0.335	2.42	0.333	0.333	2.776	8.84	Fark var
3	9.3	0.0	9.6	0.1	2	0.00	2	0.01	4	0.082	0.29	0.333	0.333	2.776	4.27	Fark var
4	8.8	0.1	9.6	0.1	2	0.01	2	0.02	4	0.126	0.76	0.333	0.333	2.776	7.43	Fark var
5	8.5	0.1	9.5	0.2	2	0.02	2	0.04	4	0.162	0.93	0.333	0.333	2.776	7.05	Fark var
6	7.9	0.0	8.7	0.1	2	0.00	2	0.01	4	0.075	0.82	0.333	0.333	2.776	13.48	Fark var
7	7.0	0.1	8.3	0.1	2	0.00	2	0.02	4	0.110	1.33	0.333	0.333	2.776	14.89	Fark var
8	7.4	0.0	8.4	0.2	2	0.00	2	0.03	4	0.132	0.96	0.333	0.333	2.776	8.89	Fark var
9	7.1	0.0	8.7	0.2	2	0.00	2	0.02	4	0.111	1.59	0.333	0.333	2.776	17.53	Fark var
10	7.2	0.0	7.8	0.3	2	0.00	2	0.08	4	0.195	0.59	0.333	0.333	2.776	3.71	Fark var
11	5.1	0.0	6.2	0.1	2	0.00	2	0.01	4	0.082	1.12	0.333	0.333	2.776	16.78	Fark var
12	10.1	0.3	11.3	0.1	2	0.06	2	0.01	4	0.190	1.19	0.333	0.333	2.776	7.63	Fark var
13	3.2	0.1	3.7	0.0	2	0.00	2	0.00	4	0.049	0.45	0.333	0.333	2.776	11.27	Fark var
14	7.6	0.1	8.1	0.2	2	0.01	2	0.03	4	0.140	0.52	0.333	0.333	2.776	4.53	Fark var
15	9.8	0.0	10.5	0.2	2	0.00	2	0.03	4	0.130	0.68	0.333	0.333	2.776	6.41	Fark var

Ek Tablo 2. 1. dönem ve 2. dönem su numunelerinin metal içeriklerinin t-testi ile karşılaştırılması

Num. No	KALSİYUM															
	1.DÖNEM		2.DÖNEM		SD _{birleşik}						t-testi					
	X ₁	SD ₁	X ₂	SD ₂	(N ₁ -1)	(SD ₁) ²	(N ₂ -1)	(SD ₂) ²	(N ₁ +N ₂ -2)	SD _{bir.}	X ₁ - X ₂	1/N ₁	1/N ₂	t _{kritik}	t _{deneyse}	Sonuç
1	70.2	1.9	75.0	1.7	2	3.44	2	2.78	4	1.764	4.74	0.333	0.333	2.776	3.29	Fark var
2	48.7	1.2	53.1	1.1	2	1.40	2	1.24	4	1.149	4.42	0.333	0.333	2.776	4.71	Fark var
3	33.5	1.1	37.9	1.9	2	1.13	2	3.55	4	1.531	4.38	0.333	0.333	2.776	3.50	Fark var
4	47.3	1.0	50.0	1.2	2	1.01	2	1.49	4	1.119	2.72	0.333	0.333	2.776	2.97	Fark var
5	31.0	1.2	34.3	1.0	2	1.39	2	1.05	4	1.103	3.32	0.333	0.333	2.776	3.69	Fark var
6	37.2	0.8	41.0	0.9	2	0.60	2	0.78	4	0.832	3.79	0.333	0.333	2.776	5.58	Fark var
7	22.6	0.5	26.3	0.4	2	0.22	2	0.13	4	0.418	3.61	0.333	0.333	2.776	10.58	Fark var
8	20.6	0.3	25.0	0.5	2	0.11	2	0.22	4	0.402	4.34	0.333	0.333	2.776	13.22	Fark var
9	21.7	0.3	25.0	0.7	2	0.08	2	0.48	4	0.529	3.32	0.333	0.333	2.776	7.69	Fark var
10	21.3	0.3	23.6	0.6	2	0.07	2	0.37	4	0.469	2.27	0.333	0.333	2.776	5.93	Fark var
11	53.4	1.2	55.0	1.7	2	1.50	2	2.77	4	1.462	1.52	0.333	0.333	2.776	1.27	Fark yok
12	66.5	2.3	71.2	3.0	2	5.24	2	8.97	4	2.666	4.77	0.333	0.333	2.776	2.19	Fark yok
13	43.2	1.2	48.2	1.2	2	1.41	2	1.52	4	1.210	4.97	0.333	0.333	2.776	5.03	Fark var
14	75.0	2.2	79.3	2.3	2	4.94	2	5.46	4	2.280	4.37	0.333	0.333	2.776	2.35	Fark yok
15	40.4	1.2	43.2	1.4	2	1.44	2	2.00	4	1.311	2.85	0.333	0.333	2.776	2.66	Fark yok

	MAGNEZYUM															
	1.DÖNEM		2.DÖNEM		SD _{birleşik}						t-testi					
	X ₁	SD ₁	X ₂	SD ₂	(N ₁ -1)	(SD ₁) ²	(N ₂ -1)	(SD ₂) ²	(N ₁ +N ₂ -2)	SD _{bir.}	X ₁ - X ₂	1/N ₁	1/N ₂	t _{kritik}	t _{deneyssel}	Sonuç
1	32.8	1.3	35.4	1.2	2	1.62	2	1.35	4	1.218	2.57	0.333	0.333	2.776	2.58	Fark yok
2	21.1	0.9	22.8	1.0	2	0.73	2	1.00	4	0.930	1.70	0.333	0.333	2.776	2.23	Fark yok
3	5.4	0.1	6.2	0.2	2	0.01	2	0.05	4	0.182	0.79	0.333	0.333	2.776	5.33	Fark var
4	6.4	0.2	7.1	0.3	2	0.06	2	0.12	4	0.299	0.67	0.333	0.333	2.776	2.75	Fark yok
5	4.8	0.2	5.5	0.2	2	0.04	2	0.04	4	0.206	0.66	0.333	0.333	2.776	3.91	Fark var
6	6.3	0.2	6.9	0.2	2	0.04	2	0.05	4	0.213	0.55	0.333	0.333	2.776	3.15	Fark var
7	3.5	0.1	4.3	0.1	2	0.02	2	0.01	4	0.114	0.78	0.333	0.333	2.776	8.37	Fark var
8	3.2	0.2	3.7	0.1	2	0.02	2	0.01	4	0.133	0.49	0.333	0.333	2.776	4.50	Fark var
9	3.5	0.2	3.9	0.1	2	0.04	2	0.02	4	0.164	0.41	0.333	0.333	2.776	3.02	Fark var
10	3.3	0.1	3.7	0.2	2	0.01	2	0.04	4	0.156	0.43	0.333	0.333	2.776	3.38	Fark var
11	15.4	0.5	17.0	1.0	2	0.21	2	1.02	4	0.786	1.57	0.333	0.333	2.776	2.45	Fark yok
12	28.7	1.1	28.4	1.3	2	1.14	2	1.65	4	1.182	0.35	0.333	0.333	2.776	0.36	Fark yok
13	37.9	1.3	42.1	1.2	2	1.65	2	1.50	4	1.255	4.12	0.333	0.333	2.776	4.02	Fark var
14	32.3	1.0	35.0	1.3	2	1.00	2	1.57	4	1.135	2.71	0.333	0.333	2.776	2.93	Fark var
15	5.9	0.1	6.5	0.4	2	0.02	2	0.13	4	0.273	0.61	0.333	0.333	2.776	2.74	Fark yok

	SODYUM															
	1.DÖNEM		2.DÖNEM		SD _{birleşik}						t-testi					
	X ₁	SD ₁	X ₂	SD ₂	(N ₁ -1)	(SD ₁) ²	(N ₂ -1)	(SD ₂) ²	(N ₁ +N ₂ -2)	SD _{bir.}	X ₁ - X ₂	1/N ₁	1/N ₂	t _{kritik}	t _{deneyssel}	Sonuç
1	6.2	0.2	7.0	0.3	2	0.04	2	0.11	4	0.278	0.73	0.333	0.333	2.776	3.20	Fark var
2	7.3	0.1	7.8	0.4	2	0.02	2	0.20	4	0.331	0.42	0.333	0.333	2.776	1.55	Fark yok
3	2.4	0.1	2.9	0.1	2	0.01	2	0.02	4	0.116	0.48	0.333	0.333	2.776	5.04	Fark var
4	2.3	0.1	2.6	0.2	2	0.00	2	0.02	4	0.117	0.30	0.333	0.333	2.776	3.19	Fark var
5	2.6	0.1	3.0	0.2	2	0.00	2	0.03	4	0.129	0.42	0.333	0.333	2.776	4.03	Fark var
6	2.3	0.1	2.7	0.2	2	0.00	2	0.02	4	0.119	0.41	0.333	0.333	2.776	4.16	Fark var
7	3.0	0.1	3.8	0.2	2	0.02	2	0.03	4	0.156	0.75	0.333	0.333	2.776	5.87	Fark var
8	2.9	0.1	3.3	0.2	2	0.01	2	0.05	4	0.175	0.45	0.333	0.333	2.776	3.17	Fark var
9	3.0	0.1	3.3	0.2	2	0.02	2	0.04	4	0.181	0.36	0.333	0.333	2.776	2.41	Fark yok
10	3.0	0.2	3.4	0.2	2	0.03	2	0.04	4	0.177	0.44	0.333	0.333	2.776	3.08	Fark var
11	11.0	0.6	11.9	0.7	2	0.33	2	0.44	4	0.622	0.92	0.333	0.333	2.776	1.82	Fark yok
12	19.0	1.0	23.0	1.7	2	1.04	2	2.77	4	1.381	3.95	0.333	0.333	2.776	3.50	Fark var
13	71.5	2.0	74.4	3.7	2	3.99	2	13.44	4	2.952	2.84	0.333	0.333	2.776	1.18	Fark yok
14	13.1	0.5	15.0	0.7	2	0.22	2	0.44	4	0.575	1.87	0.333	0.333	2.776	3.98	Fark var
15	2.5	0.1	2.7	0.1	2	0.01	2	0.01	4	0.111	0.16	0.333	0.333	2.776	1.79	Fark yok

POTASYUM																
	1.DÖNEM		2.DÖNEM		SD _{birleşik}						t-testi					
	X ₁	SD ₁	X ₂	SD ₂	(N ₁ -1)	(SD ₁) ²	(N ₂ -1)	(SD ₂) ²	(N ₁ +N ₂ -2)	SD _{bir.}	X ₁ - X ₂	1/N ₁	1/N ₂	t _{kritik}	t _{deneyssel}	Sonuç
1	4.6	0.2	5.2	0.2	2	0.05	2	0.06	4	0.233	0.58	0.333	0.333	2.776	3.02	Fark var
2	5.6	0.3	5.8	0.3	2	0.07	2	0.10	4	0.291	0.24	0.333	0.333	2.776	1.03	Fark yok
3	2.1	0.1	2.5	0.1	2	0.01	2	0.01	4	0.107	0.46	0.333	0.333	2.776	5.23	Fark var
4	2.0	0.1	2.4	0.1	2	0.02	2	0.02	4	0.135	0.36	0.333	0.333	2.776	3.30	Fark var
5	2.0	0.1	2.4	0.1	2	0.00	2	0.02	4	0.103	0.34	0.333	0.333	2.776	4.10	Fark var
6	2.0	0.1	2.2	0.1	2	0.00	2	0.01	4	0.082	0.26	0.333	0.333	2.776	3.92	Fark var
7	2.1	0.0	2.8	0.1	2	0.00	2	0.01	4	0.079	0.63	0.333	0.333	2.776	9.68	Fark var
8	2.1	0.0	2.4	0.1	2	0.00	2	0.01	4	0.071	0.35	0.333	0.333	2.776	6.02	Fark var
9	2.3	0.0	2.6	0.7	2	0.00	2	0.44	4	0.471	0.32	0.333	0.333	2.776	0.83	Fark yok
10	2.1	0.0	2.4	0.1	2	0.00	2	0.00	4	0.055	0.27	0.333	0.333	2.776	5.97	Fark var
11	3.3	0.1	3.7	0.2	2	0.01	2	0.03	4	0.146	0.43	0.333	0.333	2.776	3.58	Fark var
12	2.7	0.1	2.8	0.2	2	0.02	2	0.02	4	0.151	0.17	0.333	0.333	2.776	1.39	Fark yok
13	16.1	0.6	18.9	1.6	2	0.40	2	2.42	4	1.188	2.74	0.333	0.333	2.776	2.82	Fark var
14	12.5	0.6	14.5	0.7	2	0.35	2	0.47	4	0.641	2.01	0.333	0.333	2.776	3.84	Fark var
15	2.0	0.1	2.3	0.2	2	0.00	2	0.02	4	0.118	0.31	0.333	0.333	2.776	3.20	Fark var

DEMİR																
	1.DÖNEM		2.DÖNEM		SD _{birleşik}						t-testi					
	X ₁	SD ₁	X ₂	SD ₂	(N ₁ -1)	(SD ₁) ²	(N ₂ -1)	(SD ₂) ²	(N ₁ +N ₂ -2)	SD _{bir.}	X ₁ - X ₂	1/N ₁	1/N ₂	t _{kritik}	t _{deneyssel}	Sonuç
1	15.2	0.0	18.7	0.9	2	0.00	2	0.79	4	0.629	3.50	0.333	0.333	2.776	6.81	Fark var
2	20.2	0.7	21.2	0.8	2	0.44	2	0.64	4	0.737	1.03	0.333	0.333	2.776	1.71	Fark yok
3	24.1	0.9	29.5	1.3	2	0.79	2	1.58	4	1.088	5.37	0.333	0.333	2.776	6.05	Fark var
4	12.7	0.3	14.6	0.9	2	0.11	2	0.78	4	0.670	1.95	0.333	0.333	2.776	3.56	Fark var
5	40.5	1.4	46.6	2.0	2	2.08	2	3.98	4	1.741	6.04	0.333	0.333	2.776	4.25	Fark var
6	33.9	1.2	38.6	1.8	2	1.50	2	3.15	4	1.525	4.73	0.333	0.333	2.776	3.80	Fark var
7	39.2	1.1	43.4	1.4	2	1.24	2	2.10	4	1.292	4.24	0.333	0.333	2.776	4.02	Fark var
8	43.2	1.2	48.5	2.0	2	1.50	2	4.00	4	1.657	5.24	0.333	0.333	2.776	3.87	Fark var
9	34.1	1.0	36.2	1.2	2	1.07	2	1.50	4	1.136	2.15	0.333	0.333	2.776	2.32	Fark yok
10	39.9	1.1	40.2	1.7	2	1.24	2	2.76	4	1.415	0.34	0.333	0.333	2.776	0.29	Fark yok
11	32.1	0.9	35.2	0.8	2	0.78	2	0.60	4	0.832	3.13	0.333	0.333	2.776	4.61	Fark var
12	15.2	0.3	17.5	0.8	2	0.11	2	0.60	4	0.596	2.30	0.333	0.333	2.776	4.73	Fark var
13	14.6	0.4	18.4	0.7	2	0.20	2	0.44	4	0.568	3.81	0.333	0.333	2.776	8.21	Fark var
14	15.4	0.6	17.4	0.8	2	0.31	2	0.60	4	0.674	2.05	0.333	0.333	2.776	3.72	Fark var
15	25.5	0.7	28.6	1.0	2	0.43	2	1.05	4	0.859	3.08	0.333	0.333	2.776	4.40	Fark var

	BAKIR															
	1.DÖNEM		2.DÖNEM		SD _{birleşik}						t-testi					
	X ₁	SD ₁	X ₂	SD ₂	(N ₁ -1)	(SD ₁) ²	(N ₂ -1)	(SD ₂) ²	(N ₁ +N ₂ -2)	SD _{bir.}	X ₁ - X ₂	1/N ₁	1/N ₂	t _{kritik}	t _{deneyssel}	Sonuç
1	3.9	0.2	5.6	0.2	2	0.05	2	0.05	4	0.223	1.78	0.333	0.333	2.776	9.78	Fark var
2	5.1	0.1	6.2	0.3	2	0.02	2	0.10	4	0.244	1.11	0.333	0.333	2.776	5.57	Fark var
3	8.3	0.3	9.2	0.4	2	0.08	2	0.13	4	0.323	0.93	0.333	0.333	2.776	3.50	Fark var
4	5.8	0.2	6.7	0.3	2	0.04	2	0.11	4	0.278	0.94	0.333	0.333	2.776	4.14	Fark var
5	6.3	0.2	7.0	0.3	2	0.05	2	0.11	4	0.285	0.68	0.333	0.333	2.776	2.92	Fark var
6	5.2	0.2	6.1	0.3	2	0.05	2	0.11	4	0.287	0.97	0.333	0.333	2.776	4.13	Fark var
7	<LOQ	-	7.9	0.3	2	-	2	0.12	4	-	-	0.333	0.333	2.776	-	Fark var
8	7.8	0.3	8.2	0.4	2	0.07	2	0.13	4	0.311	0.35	0.333	0.333	2.776	1.36	Fark yok
9	<LOQ	-	7.9	0.3	2	-	2	0.10	4	-	-	0.333	0.333	2.776	-	Fark var
10	<LOQ	-	6.7	0.3	2	-	2	0.07	4	-	-	0.333	0.333	2.776	-	Fark var
11	4.6	0.2	8.6	0.3	2	0.02	2	0.11	4	0.258	4.08	0.333	0.333	2.776	19.34	Fark var
12	<LOQ	-	7.6	0.3	2	-	2	0.11	4	-	-	0.333	0.333	2.776	-	Fark var
13	5.2	0.2	6.2	0.3	2	0.05	2	0.07	4	0.239	1.08	0.333	0.333	2.776	5.54	Fark var
14	<LOQ	-	5.8	0.3	2	-	2	0.07	4	-	-	0.333	0.333	2.776	-	Fark var
15	4.0	0.2	5.3	0.3	2	0.05	2	0.08	4	0.251	1.23	0.333	0.333	2.776	-	Fark var

	MANGAN															
	1.DÖNEM		2.DÖNEM		SD _{birleşik}						t-testi					
	X ₁	SD ₁	X ₂	SD ₂	(N ₁ -1)	(SD ₁) ²	(N ₂ -1)	(SD ₂) ²	(N ₁ +N ₂ -2)	SD _{bir.}	X ₁ - X ₂	1/N ₁	1/N ₂	t _{kritik}	t _{deneyssel}	Sonuç
1	8.4	0.2	9.2	0.4	2	0.05	2	0.17	4	0.330	0.82	0.333	0.333	2.776	3.02	Fark var
2	9.4	0.3	10.3	0.4	2	0.06	2	0.18	4	0.349	0.96	0.333	0.333	2.776	3.38	Fark var
3	10.9	0.4	13.3	0.4	2	0.16	2	0.19	4	0.421	2.42	0.333	0.333	2.776	7.05	Fark var
4	9.7	0.4	13.0	0.3	2	0.13	2	0.11	4	0.346	3.28	0.333	0.333	2.776	11.61	Fark var
5	8.9	0.3	10.6	0.2	2	0.11	2	0.05	4	0.280	1.64	0.333	0.333	2.776	7.19	Fark var
6	10.5	0.4	11.5	0.3	2	0.17	2	0.10	4	0.370	1.06	0.333	0.333	2.776	3.52	Fark var
7	8.8	0.4	9.0	0.2	2	0.20	2	0.05	4	0.353	0.24	0.333	0.333	2.776	0.82	Fark yok
8	8.9	0.4	9.8	0.3	2	0.20	2	0.11	4	0.390	0.97	0.333	0.333	2.776	3.05	Fark var
9	8.8	0.3	10.6	0.3	2	0.10	2	0.10	4	0.322	1.73	0.333	0.333	2.776	6.58	Fark var
10	8.8	0.4	9.8	0.3	2	0.15	2	0.11	4	0.363	1.05	0.333	0.333	2.776	3.52	Fark var
11	8.3	0.3	9.0	0.2	2	0.07	2	0.05	4	0.241	0.70	0.333	0.333	2.776	3.57	Fark var
12	7.9	0.3	8.4	0.3	2	0.07	2	0.08	4	0.277	0.54	0.333	0.333	2.776	2.40	Fark yok
13	10.9	0.5	11.6	0.3	2	0.20	2	0.07	4	0.371	0.73	0.333	0.333	2.776	2.39	Fark yok
14	9.1	0.4	12.7	0.4	2	0.13	2	0.15	4	0.373	3.59	0.333	0.333	2.776	11.78	Fark var
15	11.6	0.4	11.9	0.4	2	0.15	2	0.20	4	0.416	0.30	0.333	0.333	2.776	0.88	Fark yok

ÇİNKO																
	1.DÖNEM		2.DÖNEM		SD _{birleşik}						t-testi					
	X ₁	SD ₁	X ₂	SD ₂	(N ₁ -1)	(SD ₁) ²	(N ₂ -1)	(SD ₂) ²	(N ₁ +N ₂ -2)	SD _{bir.}	X ₁ - X ₂	1/N ₁	1/N ₂	t _{kritik}	t _{deneyisel}	Sonuç
1	<LOQ	-	19.6	2.2	2	-	2	4.89	4	-	-	0.333	0.333	2.776	-	Fark var
2	<LOQ	-	20.9	2.0	2	-	2	3.98	4	-	-	0.333	0.333	2.776	-	Fark var
3	19.0	0.7	22.5	2.0	2	0.55	2	4.00	4	1.508	3.52	0.333	0.333	2.776	2.86	Fark var
4	20.8	1.0	24.7	2.2	2	1.04	2	4.94	4	1.729	3.92	0.333	0.333	2.776	2.77	Fark yok
5	<LOQ	-	<LOQ	-	2	-	2	-	4	-	-	0.333	0.333	2.776	-	Fark var
6	<LOQ	-	<LOQ	-	2	-	2	-	4	-	-	0.333	0.333	2.776	-	Fark var
7	<LOQ	-	<LOQ	-	2	-	2	-	4	-	-	0.333	0.333	2.776	-	Fark var
8	23.3	1.7	26.5	2.2	2	2.76	2	4.93	4	1.962	3.27	0.333	0.333	2.776	2.04	Fark yok
9	30.5	2.2	32.2	1.1	2	4.93	2	1.21	4	1.752	1.77	0.333	0.333	2.776	1.24	Fark yok
10	<LOQ	-	16.2	2.2	2	-	2	4.95	4	-	-	0.333	0.333	2.776	-	Fark var
11	14.5	1.1	18.6	2.3	2	1.24	2	5.46	4	1.830	4.09	0.333	0.333	2.776	2.74	Fark yok
12	18.5	1.3	20.2	2.3	2	1.78	2	5.46	4	1.902	1.73	0.333	0.333	2.776	1.11	Fark yok
13	16.6	0.9	20.0	2.3	2	0.78	2	5.46	4	1.767	3.39	0.333	0.333	2.776	2.35	Fark yok
14	18.5	0.8	21.7	2.0	2	0.60	2	3.99	4	1.516	3.26	0.333	0.333	2.776	2.63	Fark yok
15	55.0	2.2	60.2	1.9	2	4.95	2	3.55	4	2.062	5.22	0.333	0.333	2.776	3.10	Fark var

ALÜMİNYUM																
	1.DÖNEM		2.DÖNEM		SD _{birleşik}						t-testi					
	X ₁	SD ₁	X ₂	SD ₂	(N ₁ -1)	(SD ₁) ²	(N ₂ -1)	(SD ₂) ²	(N ₁ +N ₂ -2)	SD _{bir.}	X ₁ - X ₂	1/N ₁	1/N ₂	t _{kritik}	t _{deneyisel}	Sonuç
1	8.7	1.2	13.6	0.8	2	1.50	2	0.60	4	1.025	4.95	0.333	0.333	2.776	5.91	Fark var
2	56.8	2.2	60.7	3.3	2	4.95	2	11.11	4	2.834	3.92	0.333	0.333	2.776	1.69	Fark yok
3	146.8	3.2	150.5	4.2	2	10.40	2	17.86	4	3.759	3.74	0.333	0.333	2.776	1.22	Fark yok
4	103.3	3.2	108.2	4.0	2	10.38	2	15.99	4	3.631	4.86	0.333	0.333	2.776	1.64	Fark yok
5	140.0	4.1	144.2	4.2	2	16.90	2	17.83	4	4.167	4.23	0.333	0.333	2.776	1.24	Fark yok
6	138.7	4.2	143.4	4.4	2	17.85	2	19.75	4	4.336	4.70	0.333	0.333	2.776	1.33	Fark yok
7	191.1	3.9	193.7	5.0	2	15.09	2	24.99	4	4.477	2.65	0.333	0.333	2.776	0.72	Fark yok
8	170.5	3.7	174.8	6.2	2	13.44	2	38.75	4	5.108	4.32	0.333	0.333	2.776	1.04	Fark yok
9	187.6	4.2	191.0	5.3	2	17.85	2	28.44	4	4.811	3.38	0.333	0.333	2.776	0.86	Fark yok
10	190.0	4.6	193.7	6.2	2	20.76	2	38.70	4	5.453	3.72	0.333	0.333	2.776	0.84	Fark yok
11	18.3	1.1	23.6	1.9	2	1.24	2	3.57	4	1.550	5.28	0.333	0.333	2.776	4.17	Fark var
12	17.5	1.9	22.7	2.0	2	3.45	2	4.09	4	1.941	5.22	0.333	0.333	2.776	3.29	Fark var
13	15.6	2.0	19.1	2.1	2	4.04	2	4.46	4	2.062	3.49	0.333	0.333	2.776	2.08	Fark yok
14	19.5	1.4	22.7	2.1	2	2.08	2	4.60	4	1.827	3.20	0.333	0.333	2.776	2.14	Fark yok
15	151.6	3.0	175.7	3.7	2	8.97	2	13.47	4	3.350	24.08	0.333	0.333	2.776	8.81	Fark var

Ek Tablo 3. İki yanlı t-testi için kritik t değerleri tablosu

	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.04	0.02	0.01	0.005	0.002	0.001
sd												
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.710	15.890	31.820	63.660	127.300	318.300	636.600
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	4.849	6.965	9.925	14.090	22.330	31.600
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	3.482	4.541	5.841	7.453	10.210	12.920
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	2.999	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	2.757	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	2.612	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.517	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.449	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.398	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.359	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.328	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.303	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.282	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.264	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.249	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.235	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.224	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.214	2.552	2.878	3.197	3.611	3.922
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.205	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.197	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	0.663	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.189	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.183	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.177	2.500	2.807	3.104	3.485	3.768
24	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.172	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.167	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.162	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707
27	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.150	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.154	2.467	2.763	3.047	3.408	3.614
29	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.150	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.147	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	0.631	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.123	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551
50	0.679	0.849	1.047	1.295	1.676	2.009	2.109	2.403	2.678	2.937	3.261	3.496
60	0.679	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.099	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460
80	0.678	0.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.088	2.374	2.639	2.887	3.195	3.416
100	0.677	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.081	2.364	2.626	2.871	3.174	3.390
1000	0.675	0.842	1.037	1.282	1.646	1.962	2.056	2.330	2.581	2.813	3.098	3.300
∞	0.674	0.841	1.036	1.282	1.640	1.960	2.054	2.326	2.576	2.807	3.091	3.291

ÖZGEÇMİŞ

Dinçer İSMAİLÇEBİOĞLU, İlköğretimini Yılmaz Çebi İlköğretim okulunda lise eğitimini ise Trabzon Kanuni Anadolu Lisesinde tamamladıktan sonra Atatürk Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümüne giriş yaparak lisans eğitimini 2009 yılında bitirdi. Aynı zamanda Anadolu Üniversitesi Kamu Yönetimi Bölümünden de 2019 yılında mezun oldu. 2012 yılında ise Tarım ve Orman Bakanlığına gıda mühendisi olarak atandı. 2018 yılında Gümüşhane üniversitesi gıda mühendisliği yüksek lisans programına başvurusu kabul edildi ve halen yüksek lisans öğrencisi olarak tez çalışmalarına devam etmektedir.

