

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DİYALİZ KLİNİKLERİNDE HEMODİYALİZ İÇİN KULLANILAN
SULARIN KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ANALİZLERİ VE
SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

Seda SOYULMAZ

KİMYA ANABİLİM DALI

ANKARA
2008

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Prof. Dr. Ali Osman SOLAK danışmanlığında, Seda SOYULMAZ tarafından hazırlanan “**Diyaliz Kliniklerinde Hemodiyaliz İçin Kullanılan Suların Kimyasal ve Mikrobiyolojik Analizleri ve Sonuçların Değerlendirilmesi**” adlı tez çalışması 18/07/2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile Kimya Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Ali Osman SOLAK
Ankara Üniversitesi Kimya ABD

Jüri Üyeleri:

Başkan: Prof. Dr. Ali Osman SOLAK
Ankara Üniversitesi Kimya A.B.D.

Üye : Prof. Dr. Mustafa TAŞTEKİN
Ankara Üniversitesi Kimya A.B.D.

Üye : Prof. Dr. Mehmet ÇELİK
Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği A.B.D.

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Orhan ATAKOL

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DİYALİZ KLİNİKLERİNDE HEMODİYALİZ İÇİN KULLANILAN SULARIN KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK ANALİZLERİ VE SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Seda SOYULMAZ

Ankara Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Kimya Anabilim Dalı

Prof. Dr. Ali Osman SOLAK

Bu tez çalışmasında, üç aylık periyotlarla yaklaşık bir yıl boyunca Türkiye'nin 22 ilinde bulunan 24 diyaliz kliniğinin 3'er noktasından alınan su numunelerinin kimyasal ve mikrobiyolojik analizleri yapılmış, sonuçlar izlenmiş ve ilgili standartlar doğrultusunda bu sonuçlar değerlendirilmiştir. Birinci nokta olarak ters ozmoz su arıtma sistemine giren şehir şebeke suyu (ham su) giriş noktası, ikinci nokta olarak ters ozmoz su sistemi çıkış noktası ve üçüncü nokta olarak geri dönüş hattı seçilmiş ve alınan numunelerin analizleri yapılmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde ham suyun özelliğinin şehirden şehire farklılık gösterdiği ve bunun da su arıtma sistemi çıkışından elde edilen ters ozmoz suyun kalitesini etkilediği gözlenmiştir. Mevsimsel şartların, jeolojik koşulların ve ham su kaynaklarının içme sularının kalitesine etki ettiği saptanmış ve ters ozmoz su analizleri yapılarak giriş suyu ile çıkış suyu karşılaştırılmış ve bu sayede su arıtma sistemlerinin performansları da değerlendirilmiştir. Su sistemi hatlarında herhangi bir kirlenme olup olmadığını anlamak amacıyla geri dönüş hattından alınan numunelerin analizleri yapılmış ve herhangi bir bulaşma olmadığına dair bulgular elde edilmiştir.

Temmuz 2008, 163 sayfa

Anahtar Kelimeler: Su arıtma sistemi, hemodiyaliz, ters ozmoz su, ham su, içme suyu, kimyasal parametreler, mikrobiyolojik parametreler, endotoksin

ABSTRACT

Master Thesis

CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL ANALYSIS OF WATER USED FOR HAEMODIALYSIS IN DIALYSIS CLINICS AND ASSESSMENT OF THE RESULTS

Seda SOYULMAZ

Ankara University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Chemistry

Supervisor: Prof. Dr. Ali Osman SOLAK

In this research, water samples were taken from 3 points of reverse osmosis water treatment systems of 24 clinics located in 22 cities of Turkey by 3 months intervals during nearly 1 year, chemical and microbiological analysis of these water samples were made, the results were monitored and evaluated according to the related standards. The entry point of municipal water which enters the system was selected as the first point, the exit point of reverse osmosis water treatment system was selected as the second point, and the loop was selected as the third point of analysis. The water samples which were taken from these points were analysed. After the results had been evaluated, it was observed that the characteristics of raw water differ from a city to another and these differences influenced the quality of the reverse osmosis water which was taken from the reverse osmosis water treatment system. It was also observed that the seasonal effects, the geological circumstances and the raw water resources influenced the drinking water quality. Reverse osmosis water analysis were made so the entering water and the exit water were compared and also the performances of the water treatment systems were evaluated.

July 2008, 163 pages

Key Words: Water treatment system, haemodialysis, reverse osmosis water, raw water, drinking water, chemical parameters, microbiological parameters, endotoxin

TEŞEKKÜR

Bu araştırma konusunu yüksek lisans tezi olarak öneren ve çalışmalarım sırasında bilgi ve deneyimleri ile beni yönlendiren ve bana büyük emeği geçen saygıdeğer hocam Sayın Prof. Dr. Ali Osman SOLAK'a teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım sırasında bana maddi ve manevi destek veren müdürüm Sayın Uzm. Ecz. Elif CEBECİ'ye teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasında emeği olan sevgili kuzenim Soner CÖRÜT'e, Nihat GÜRBÜZ'e, Yiğit AKKUŞ'a, Kenan HARMAN'a, Sadık ELMADERESİ'ne, Alattin ERDOĞDU'ya ve Ferhat ERDEN'e, okulda desteklerini esirgemeyen Arş. Gör. Dr. Zafer ÜSTÜNDAĞ'a, ayrıca Kerime Büke SAYIN'a, Serpil KARAKAŞ'a, Cihan Savaş SEZER'e ve Pınar AKKAYA'ya teşekkür ederim.

Hacettepe Üniversitesi'nde öğrenim gördüğüm Kimya Bölümü hocalarıma, çok sevdiğim arkadaşlarım Gülce OCAK ve Seçil TEKİN'e, lise sıralarından bu yana daima yanımda olan Ebru CAN ve kan kardeşim Hanife ŞAHİN'e, tez aşamamın son dönemlerinde her an manevi desteğini hissettiğim Samet BAŞ'a, tüm okul ve iş arkadaşlarıma her türlü destekleri için teşekkür ederim.

Ve son olarak beni bugünlere getiren, maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, canımdan çok sevdiğim annem Serpil SOYULMAZ, babam Erdal SOYULMAZ'a, her zaman yanımda olan ablam Ebru ŞENOL, eniştem Melih ŞENOL'a ve tüm aileme sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Seda SOYULMAZ

Ankara, Temmuz 2008

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ	2
2.1 Hemodiyaliz ve Ters Ozmoz (RO) Su	2
2.2 Diyaliz Kliniklerinde Kullanılan RO Su Arıtma Sistemleri.....	3
2.3 Hemodiyalizde Su Kalitesi.....	4
2.3.1 Görünüş.....	4
2.3.2 İletkenlik	5
2.3.3 pH	5
2.3.4 Sertlik	6
2.3.5 Asitlik veya bazlık	8
2.3.6 Klorür.....	8
2.3.7 Florür	9
2.3.8 Nitrat	9
2.3.9 Sülfat	9
2.3.10 Amonyum.....	16
2.3.11 Sodyum.....	17
2.3.12 Ağır metaller.....	18
2.3.13 Alüminyum	19
2.3.14 Potasyum.....	19
2.3.15 Çinko	20
2.3.16 Cıva.....	20
2.3.17 Toplam bakteri, fekal streptokoklar, <i>eschericha coli</i>	36
2.3.18 Bakteriyel endotoksin	38
2.4 Giriş Suyu (Ham Su) Kalitesi.....	42

2.5 RO Su Kalitesi	44
2.6 Kaynak Özetleri	45
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	49
3.1 Numune Alma Teknikleri.....	49
3.1.1 Kimyasal analizler için numune alma teknikleri	49
3.1.2 Mikrobiyolojik analizler için numune alma teknikleri	50
3.1.3 Etiketleme	51
3.2 Numune Kaplarının Dezenfeksiyonu ve Hazırlanması	51
3.2.1 Kimyasal analizler için numune kaplarının dezenfeksiyonu ve hazırlanması.....	52
3.2.2 Mikrobiyolojik analizler için numune kaplarının dezenfeksiyonu ve hazırlanması	52
3.3 Numune Taşıma ve Muhafaza Teknikleri	52
3.3.1 Kimyasal analizler için numune muhafaza ve taşıma teknikleri.....	53
3.3.2 Kimyasal analizler için kullanılan kaplar ve reaktifler.....	57
3.3.3 Mikrobiyolojik analizler için numune muhafaza ve taşıma teknikleri.....	60
3.3.4 Mikrobiyolojik analizler için kullanılan kaplar ve reaktifler	61
3.4 Hemodiyaliz Klinikleri Su Arıtma Sistemlerinde Numune Alınan Noktalar....	61
3.5 Ham Su Analiz Metotları	63
3.5.1 Görünüş.....	65
3.5.2 Toplam sertlik	65
3.5.3 pH	66
3.5.4 İletkenlik	66
3.5.5 Yükseltgenme ürünleri	67
3.5.6 Toplam klor	67
3.5.7 Klorür.....	68
3.5.8 Florür	69
3.5.9 Nitrat	70
3.5.10 Sülfat	71
3.5.11 Alüminyum	72
3.5.12 Amonyum.....	72
3.5.13 Kalsiyum	73
3.5.14 Magnezyum.....	74

3.5.15 Cıva.....	74
3.5.16 Potasyum.....	75
3.5.17 Sodyum.....	76
3.5.18 Çinko	76
3.5.19 Ağır metaller.....	77
3.5.20 Toplam bakteri.....	78
3.5.21 <i>Escherichia coli</i>	79
3.5.22 Fekal streptokoklar.....	80
3.5.23 Bakteriyel endotoksin	80
3.6 RO Su Analiz Metotları.....	84
3.6.1 Görünüş.....	85
3.6.2 Toplam sertlik	85
3.6.3 pH	85
3.6.4 İletkenlik	85
3.6.5 Asitlik veya Bazlık.....	86
3.6.6 Yükseltgenme ürünleri	86
3.6.7 Toplam klor	86
3.6.8 Klorür.....	86
3.6.9 Florür	87
3.6.10 Nitrat	88
3.6.11 Sülfat	89
3.6.12 Alüminyum	89
3.6.13 Amonyum.....	90
3.6.14 Kalsiyum	90
3.6.15 Magnezyum.....	91
3.6.16 Cıva.....	92
3.6.17 Potasyum.....	92
3.6.18 Sodyum.....	92
3.6.19 Çinko	92
3.6.20 Ağır metaller.....	92
3.6.21 Toplam bakteri.....	93
3.6.22 Bakteriyel endotoksin	93

3.7 Geri Dönüş Hattından Alınan RO Su Analiz Metotları	94
3.7.1 Görünüş.....	94
3.7.2 Toplam sertlik	94
3.7.3 pH	94
3.7.4 İletkenlik	94
3.7.5 Asitlik veya Bazlık.....	94
3.7.6 Yükseltgenme ürünleri	95
3.7.7 Ağır metaller.....	95
3.7.8 Toplam bakteri.....	95
3.7.9 Bakteriyel endotoksin	95
4. BULGULAR	96
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	143
5.1 Ham Su Sonuçlarının Değerlendirilmesi	143
5.2 RO Su Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	152
5.3 Geri Dönüş Hattı RO Su Sonuçlarının Değerlendirilmesi	158
KAYNAKLAR	161
ÖZGEÇMİŞ.....	163

SİMGELER DİZİNİ

A	Absorbans
AAS	Atomik absorpsiyon spektroskopisi
AES	Atomik emisyon spektroskopisi
AFS	Atomik floresans spektroskopisi
BC	Borosilikat cam
C	Konsantrasyon
EDTA	Etilendiamin tetra asetik asit
EP	Avrupa Farmakopesi (European Pharmacopoeia)
EU	Endotoksin birimi (Endotoxin Unit)
PE	Polietilen
I	Akım şiddeti
nm	Nanometre
P	Güç
pH	Hidrojen iyonu derişiminin eksi logaritması
ppb	Milyarda bir kısım (Part per billion)
ppm	Milyonda bir kısım (Part per million)
RO	Ters Ozmoz (Reverse Osmosis)
T	Geçirgenlik
UV	Morötesi ışıma
UV-Vis	Morötesi-Görünür bölge ışması

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Ters ozmoz sisteminin çalışma prensibi	2
Şekil 2.2 Su arıtma sistemi akış şeması	4
Şekil 2.3 İletkenlik ölçer	5
Şekil 2.4 pH metre	6
Şekil 2.5 Sertlik kiti	8
Şekil 2.6 UV-Vis spektrofotometre	10
Şekil 2.7 I_0 başlangıç gücündeki bir ışının I gücünde ortamı terk etmesi ($I < I_0$)	11
Şekil 2.8 Bağıl hatanın yüzde geçirgenlikle değişimi	13
Şekil 2.9 Bir spektrofotometrenin şematik görünümü	13
Şekil 2.10 Görünür bölge ışımının prizmada ayrılması	14
Şekil 2.11 Işımanın bir optik ağda ayrılması	15
Şekil 2.12 Alev fotometresi	17
Şekil 2.13 Bir alev fotometresinin şematik görünümü	18
Şekil 2.14 AAS yönteminde absorpsiyon ölçümü	22
Şekil 2.15 Massmann grafit fırını	24
Şekil 2.16 Hidrür oluşturma düzeneği	25
Şekil 2.17 Atomlaşma zamanının sıcaklıkla değişimi	26
Şekil 2.18 Platform tekniği	27
Şekil 2.19 Atomik absorpsiyon spektrofotometreleri	28
Şekil 2.20 CaOH radikali absorpsiyon bandının baryum rezonans hattına etkisi	31
Şekil 2.21 NaCl, NaBr, NaI ve Na ₂ SO ₄ 'ün grafit fırındaki absorpsiyon spektrumları	31
Şekil 2.22 D ₂ ve oyuk katot lambalarının spektrofotometredeki yerleşimleri	33
Şekil 2.23 D ₂ lambası ile zemin engellemelerinin düzeltilmesi	33
Şekil 2.24 Normal Zeemann etkisi	34
Şekil 2.25 Zeemann etkisinin zemin engellemelerinin giderilmesinde kullanımı	35
Şekil 2.26 Yüksek ve düşük akımda çalıştırılan oyuk katot lambasının emisyon profili	36
Şekil 2.27 Membran filtre yöntemi	37
Şekil 2.28 Gram negatif bakterilerde endotoksin yapısı	38
Şekil 2.29 Biyofilm tabakasının oluşması	39
Şekil 2.30.a. Bakterinin boru yüzeyine tutunması, b. biyofilm tabakası oluşturması	40

Şekil 2.31 Biyofilm gelişiminin evreleri.....	42
Şekil 3.1 Numune taşınmasında kullanılan buz kasası	54
Şekil 3.2 Numune muhafazası için yapılan sülfat analiz sonuçlarının grafiği.....	57
Şekil 3.3 Polietilen numune kabı	58
Şekil 3.4 Borosilikat cam numune kabı	58
Şekil 3.5 Diyaliz kliniği su sistemi şeması	62
Şekil 3.6 Uygun olan numune (solda), uygun olmayan numune (sağda)	65
Şekil 3.7 Numune (solda), ilk damla titrasyon çözeltisi ilavesinden sonra (ortada), dönüm noktasında (sağda).....	66
Şekil 3.8 Numune konulduğu anda (soldaki şekil) ve dönüm noktasında (sağdaki şekil) çözelti renkleri	69
Şekil 3.9 UV Spektrofotometrede sülfat analizi ham verisi.....	71
Şekil 3.10 Besiyeri içerisinde bakteri kolonileri	79
Şekil 3.11 Besiyeri içerisinde <i>eschericha coli</i> kolonileri.....	79
Şekil 3.12 Besiyeri içerisinde fekal streptokok kolonileri	80
Şekil 4.1 Çalışmada kullanılan diyaliz kliniklerinin yer aldığı şehirler.....	96
Şekil 5.1 Ham su sülfat içeriğinin illere göre değişim grafiği	143
Şekil 5.3 Ham su klorür içeriğinin illere göre değişim grafiği	146
Şekil 5.4 Ham su sodyum içeriğinin illere göre değişim grafiği.....	147
Şekil 5.5 Ham su pH değerinin illere göre değişim grafiği.....	148
Şekil 5.6 Ham su iletkenlik değerinin illere göre değişim grafiği	149
Şekil 5.7 Ham su sertlik değerinin illere göre değişim grafiği	150
Şekil 5.8 Ham su endotoksin değerinin illere göre değişim grafiği.....	151
Şekil 5.9 Ham su bakteri içeriğinin illere göre değişim grafiği	151
Şekil 5.10 RO su pH değerinin illere göre değişim grafiği.....	153
Şekil 5.11 RO su iletkenlik değerinin illere göre değişim grafiği.....	153
Şekil 5.12 Ham su ve RO su sertlik değerlerinin karşılaştırılması	155
Şekil 5.13 RO su endotoksin içeriğinin illere göre değişim grafiği.....	156
Şekil 5.14 RO su bakteri içeriğinin illere göre değişim grafiği	157
Şekil 5.15 Geri dönüş hattı RO suyunun illere göre endotoksin değişim grafiği	158
Şekil 5.16 1. periyotta alınan RO su numunelerinin endotoksin değişim grafiği	159
Şekil 5.17 Geri dönüş hattı RO suyunun iletkenlik değişim grafiği	160

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Kalsiyum ve magnezyum tuzlarının çözünürlükleri	6
Çizelge 2.2 Sertlik birimlerinin birbirine dönüştürülmesi	7
Çizelge 2.3 Absorpsiyon ölçümlerinde kullanılan bazı terim ve semboller	12
Çizelge 2.4 Amonyak çözeltisinde NH ₃ halinde bulunan amonyak yüzdeleri	16
Çizelge 2.5 Ham suyun (içme suyu) kalitesi (TS 266, 2005)	43
Çizelge 2.6 RO suyun kalitesi (Avrupa Farmakopesi, 5.0)	45
Çizelge 2.7 Polipropilen malzemede inhibisyon/adsorpsiyon durumları	46
Çizelge 3.1 Kimyasal analizler için alınan su numunelerinin muhafazası ve taşınmasında uygulanan teknikler	55
Çizelge 3.2 Muhafaza süresinin numuneye olan etkileri için yapılan çalışma sonuçları	56
Çizelge 3.3 Koruyucu reaktifin numuneye olan etkileri için yapılan çalışma sonuçları	59
Çizelge 3.4 Mikrobiyolojik analizler için alınan su numunelerinin muhafazası ve taşınmasında uygulanan teknikler	60
Çizelge 4.1 Standart metotlar ile uygulanan metotların karşılaştırılması	97
Çizelge 4.2 Marmara Bölgesi 1. periyot ham su analiz sonuçları.....	98
Çizelge 4.3 Ege Bölgesi 1. periyot ham su analiz sonuçları	99
Çizelge 4.4 İç Anadolu Bölgesi 1. periyot ham su analiz sonuçları	100
Çizelge 4.5 Akdeniz Bölgesi 1. periyot ham su analiz sonuçları.....	101
Çizelge 4.6 Güneydoğu Anadolu Bölgesi 1. periyot ham su analiz sonuçları.....	102
Çizelge 4.7 Doğu Anadolu Bölgesi 1. periyot ham su analiz sonuçları.....	103
Çizelge 4.8 Marmara Bölgesi 2. periyot ham su analiz sonuçları.....	104
Çizelge 4.9 Ege Bölgesi 2. periyot ham su analiz sonuçları	105
Çizelge 4.10 İç Anadolu Bölgesi 2. periyot ham su analiz sonuçları	106
Çizelge 4.11 Akdeniz Bölgesi 2. periyot ham su analiz sonuçları.....	107
Çizelge 4.12 Güneydoğu Anadolu Bölgesi 2. periyot ham su analiz sonuçları.....	108
Çizelge 4.13 Doğu Anadolu Bölgesi 2. periyot ham su analiz sonuçları.....	109
Çizelge 4.14 Marmara Bölgesi 3. periyot ham su analiz sonuçları.....	110
Çizelge 4.15 Ege Bölgesi 3. periyot ham su analiz sonuçları	111
Çizelge 4.16 İç Anadolu Bölgesi 3. periyot ham su analiz sonuçları	112
Çizelge 4.17 Akdeniz Bölgesi 3. periyot ham su analiz sonuçları.....	113

Çizelge 4.18 Güneydoğu Anadolu Bölgesi 3. periyot ham su analiz sonuçları.....	114
Çizelge 4.19 Doğu Anadolu Bölgesi 3. periyot ham su analiz sonuçları.....	115
Çizelge 4.20 Marmara Bölgesi 1. periyot RO su analiz sonuçları.....	116
Çizelge 4.21 Ege Bölgesi 1. periyot RO su analiz sonuçları	117
Çizelge 4.22 İç Anadolu Bölgesi 1. periyot RO su analiz sonuçları.....	118
Çizelge 4.23 Akdeniz Bölgesi 1. periyot RO su analiz sonuçları	119
Çizelge 4.24 Güneydoğu Anadolu Bölgesi 1. periyot RO su analiz sonuçları	120
Çizelge 4.25 Doğu Anadolu Bölgesi 1. periyot RO su analiz sonuçları	121
Çizelge 4.26 Marmara Bölgesi 2. periyot RO su analiz sonuçları.....	122
Çizelge 4.27 Ege Bölgesi 2. periyot RO su analiz sonuçları	123
Çizelge 4.28 İç Anadolu Bölgesi 2. periyot RO su analiz sonuçları.....	124
Çizelge 4.29 Akdeniz Bölgesi 2. periyot RO su analiz sonuçları	125
Çizelge 4.30 Güneydoğu Anadolu Bölgesi 2. periyot RO su analiz sonuçları	126
Çizelge 4.31 Doğu Anadolu Bölgesi 2. periyot RO su analiz sonuçları.....	127
Çizelge 4.32 Marmara Bölgesi 3. periyot RO su analiz sonuçları.....	128
Çizelge 4.33 Ege Bölgesi 3. periyot RO su analiz sonuçları	129
Çizelge 4.34 İç Anadolu Bölgesi 3. periyot RO su analiz sonuçları.....	130
Çizelge 4.35 Akdeniz Bölgesi 3. periyot RO su analiz sonuçları	131
Çizelge 4.36 Güneydoğu Anadolu Bölgesi 3. periyot RO su analiz sonuçları	132
Çizelge 4.37 Doğu Anadolu Bölgesi 3. periyot RO su analiz sonuçları.....	133
Çizelge 4.38 Marmara Bölgesi 1. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları	134
Çizelge 4.39 Ege Bölgesi 1. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları.....	134
Çizelge 4.40 İç Anadolu Bölgesi 1. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları...	135
Çizelge 4.41 Akdeniz Bölgesi 1. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları	135
Çizelge 4.42 Güneydoğu Anadolu Bölgesi 1. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları	136
Çizelge 4.43 Doğu Anadolu Bölgesi 1. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları.....	136
Çizelge 4.44 Marmara Bölgesi 2. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları	137
Çizelge 4.45 Ege Bölgesi 2. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları.....	137
Çizelge 4.46 İç Anadolu Bölgesi 2. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları...	138
Çizelge 4.47 Akdeniz Bölgesi 2. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları	138

Çizelge 4.48 Güneydoğu Anadolu Bölgesi 2. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları	139
Çizelge 4.49 Doğu Anadolu Bölgesi 2. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları	139
Çizelge 4.50 Marmara Bölgesi 3. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları	140
Çizelge 4.51 Ege Bölgesi 3. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları.....	140
Çizelge 4.52 İç Anadolu Bölgesi 3. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları...	141
Çizelge 4.53 Akdeniz Bölgesi 3. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları	141
Çizelge 4.54 Güneydoğu Anadolu Bölgesi 3. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları	142
Çizelge 4.55 Doğu Anadolu Bölgesi 3. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları	142
Çizelge 5.1 Ham su sülfat değerinin 3 periyot süresince değişimi	144
Çizelge 5.2 Ham su ile RO su iletkenlik değerlerinin karşılaştırılması	154
Çizelge 5.3 Ham su ve RO su alüminyum ve potasyum değerlerinin karşılaştırılması	155
Çizelge 5.4 Ham su ve RO su <i>eschericha coli</i> değerlerinin karşılaştırılması	158

1. GİRİŞ

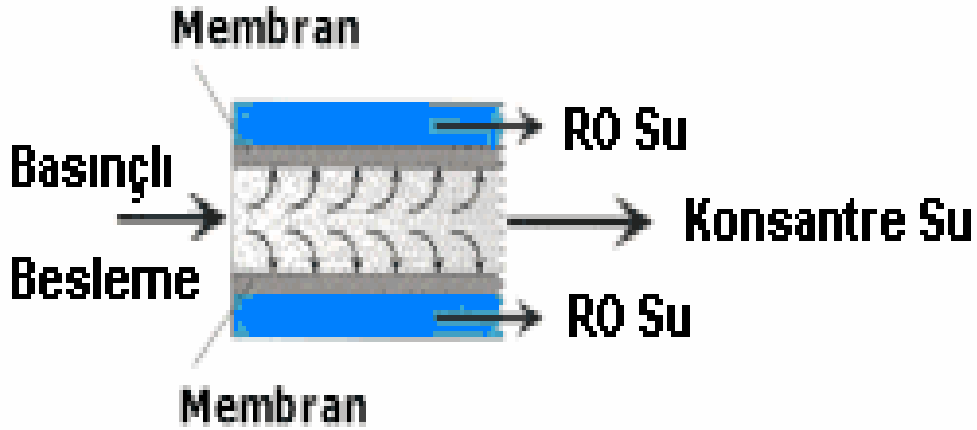
Günümüzde sağlık, çevre ve bunun gibi pek çok hayati unsur nedeniyle su kalitesi büyük önem kazanmaktadır. Sağlık Bakanlığı tarafından yayınlanan yönetmeliğe göre diyaliz merkezlerinde hemodiyaliz hastaları için uygulanan tedavide kullanılan suyun da belli bir kaliteyi sağlaması gerekmektedir. Bakanlık tarafından diyaliz merkezlerinde kullanılan suyun ters ozmoz (RO) su kalitesinde olması, su sistemlerinin ilgili mevzuat ve yönetmeliklere göre dizayn edilmesi ve belirli periyotlarla kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerinin yapılması gerekliliği getirilmiştir. Bu çalışmada, diyaliz kliniklerinin su arıtma sistemlerinin kritik olan üç noktasından numune alınarak kimyasal ve mikrobiyolojik analizleri yapılmıştır. Giren suyun kalitesinin çıkışta alınacak RO suyun kalitesine olan etkisinden dolayı ham su (içme suyu) numunesi alınarak analizleri yapılmış ve sonuçlar TS 266 ‘Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular’ standardındaki limitlere göre değerlendirilmiştir. RO su sistemi çıkışından alınan RO su numunesinin analizleri yapılmış ve sonuçlar Avrupa Farmakopesi 1167 numaralı ‘Konsantre Hemodiyaliz Çözeltilerini Seyreltmede Kullanılan Su’ monografına göre değerlendirilmiştir. Bu iki noktadan alınan numunelerin analizleri yapılarak sisteme giren ham suyun RO su sistemi çıkışında istenen spesifikasyonlara ulaşıp ulaşmadığı kimyasal ve mikrobiyolojik analizleri yapılarak tespit edilmiş ve RO su sistemlerinin performansları değerlendirilmiştir. Tüm su sistemini dolanan suyun herhangi bir kirlenmeye maruz kalıp kalmadığını tespit edebilmek amacıyla geri dönüş hattından numune alınarak analizleri yapılmıştır. Çalışmalar 22 ilde bulunan toplam 24 klinik üzerinde gerçekleştirilmiş ve 3'er aylık aralıklarla 3 periyot olarak devam etmiştir. Suyun kalitesinin 3 periyot boyunca değişen hava koşullarından, değişik coğrafik konumlara sahip illerden ve temin edildiği değişik kaynaklardan nasıl etkilendiği üzerine değerlendirmeler yapılmıştır. Sonuçların değerlendirilmesinde istatistiksel çalışmalara başvurulmuştur.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Hemodiyaliz ve Ters Ozmoz (RO) Su

Hemodiyaliz, kanın vücut dışında bir makine aracılığıyla temizlenip vücuda geri verilmesi işlemidir. Hemodiyalizde diyalizat adı verilen ve ters ozmoz (RO) su ile seyreltilerek hazırlanan kullanıma hazır çözelti, hemodiyaliz makinesi aracılığıyla hastaya verilmektedir. Diyalizat küçük hacimlerdeki konsantre çözeltilerin büyük hacimlerde RO su ile seyreltilmesi ile hazırlanmaktadır. Bu nedenle diyalizin en önemli basamaklarından birisi kullanılan RO suyun kalitesidir.

Ters ozmoz, yarı geçirgen membran kullanılarak sudan çözülmüş maddelerin arıtılması işlemidir. Ters ozmoz sistemi çapraz akış filtrasyon prensibine göre çalışmaktadır. Bu sistemde yüksek basınç uygulanan su, membranlara doğru itilmektedir. Membranlara doğru itilen ham suyun bir kısmı, yüksek basıncın etkisiyle yarı geçirgen membranın karşı tarafına geçerken, besleme tarafında kalan konsantre su membran yüzeyini süpürerek drenaja atılmaktadır (Şekil 2.1).



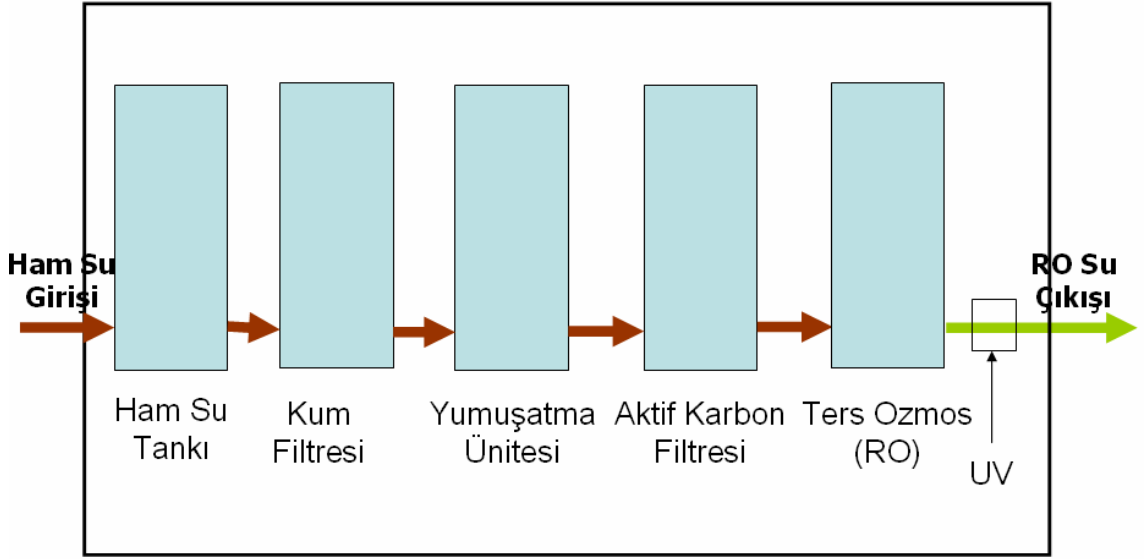
Şekil 2.1 Ters ozmoz sisteminin çalışma prensibi

2.2 Diyaliz Kliniklerinde Kullanılan RO Su Arıtma Sistemleri

Diyaliz kliniklerinde hemodiyaliz tedavisi için gerekli olan RO suyu üretecek RO su arıtma sistemleri bulunmaktadır. RO su arıtma sistemlerindeki su arıtımının genel aşamaları şu şekilde sıralanmaktadır:

- Ham su tankı
- Kum filtresi
- Yumuşatma ünitesi
- Aktif karbon filtresi
- RO su ünitesi
- RO su tankı
- UV sterilizasyon ünitesi

Su arıtma sisteminin akış şeması ise şu şekildedir: Ham su tankında toplanan ham su önce sudaki büyük partiküllerin tutulması amacıyla kum filtresine girmektedir. Kum filtrelerinden geçen su sisteme kesintisiz yumuşak su sağlanabilmesi için yumuşatma ünitesine girmektedir. Yumuşatma ünitesi RO su sisteminin optimum çalışması için kullanılmakta olan bir sistemdir. Yumuşatma ünitesinden çıkan suyun iletkenlik değeri düşmekte, sertliği 0 F.S^o'ye inmekte ve bakteri sayısında azalma olmaktadır. RO membranlarının sudaki serbest klordan zarar görmemeleri için yumuşatma ünitesinden çıkan su aktif karbon filtresine girmektedir. Aktif karbon filtresindeki aktif karbon sudaki serbest kloru adsorplayarak kendine bağlamakta ve RO membranlarının serbest klordan zarar görmesini engellemektedir. Son olarak aktif karbon filtreden çıkan su RO su ünitesine girmekte ve RO su olarak sistemden çıkmaktadır (Şekil 2.2). RO membranından çıkan su, iletkenliği sağlayan taneciklerden çok büyük oranda arındığı için iletkenliği düşük olmaktadır. Başlangıçta 1 mS/cm civarında gözlenen iletkenlik değeri RO su sistemi çıkışında 20 µS/cm değerine düşmektedir.



Şekil 2.2 Su arıtma sistemi akış şeması

2.3 Hemodiyalizde Su Kalitesi

Hemodiyalizde kullanılan suyun kalitesi, suyun fiziksel, kimyasal yapısına ve içerdiği safsızlıklara bağlıdır. Kirletici olarak adlandırılan sudaki safsızlıklar giriş suyundan sisteme dahil olmakta ve RO su sisteminin performansına göre çıkışta limit değerlerinin altında olmak üzere belirli değerlere düşmektedir. Suyun görünüş, iletkenlik gibi fiziksel, pH, sertlik ve asitlik veya bazlık gibi kimyasal özellikleri ve içerdiği klorür, florür, nitrat, sülfat, alüminyum, amonyum, kalsiyum, magnezyum, cıva, potasyum, sodyum, çinko, ağır metaller (kurşun) ve mikrobiyolojik kirleticiler gibi safsızlıkların hastaya olan etkileri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

2.3.1 Görünüş

Su saf halde berrak, renksiz ve kokusuz olmakla birlikte suları renkli gösteren ve sulara koku veren içindeki yabancı maddelerdir. Suda çözünen ve koloidal olarak asılı olan organik maddeler suyu renklendirmekle birlikte içinde çözülmüş halde bulunan gazlar suya koku vermektedirler. Analizi yapılabilecek olan kalitede bir suyun renksiz ve berrak olması gerekmektedir.

2.3.2 İletkenlik

Suyun iletkenliği içinde çözünmüő olarak bulunan iyonların cinsi ve konsantrasyonuna bağlıdır. Çözünmüő tuz konsantrasyonu arttıkça iletkenlikte de artış olmaktadır. Bu nedenle suların iletkenliği ölçülerek su içinde çözünmüő olan toplam tuz miktarı hakkında fikir edinilebilmektedir.

Suların iletkenliği genellikle $\mu\text{S}/\text{cm}$ cinsinden ifade edilmektedir. Sudaki iletkenliği ölçmek için geniş okuma aralığına sahip iletkenlik ölçerler kullanılmaktadır (Şekil 2.3).



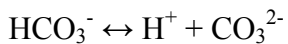
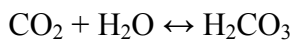
Şekil 2.3 İletkenlik ölçer

2.3.3 pH

pH, H^+ iyonu aktivitesinin eksi logaritması olarak tanımlanmaktadır. Suların pH değerleri içerdikleri maddelere göre değişmektedir. Belli bir sıcaklıkta suyun pH derecesi içinde bulunan hidrojen iyonu aktivitesine bağlıdır.

$$\text{pH} = -\log a_{\text{H}^+}$$

Suların pH değerleri 4 ile 9 arasında değişmektedir. Sularda pH derecesini belirleyen en önemli etken $\text{CO}_2 / \text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$ dengesidir. Suda özünen karbondioksit sıcaklığa bağlı bir denge reaksiyonu ile karbonik asit oluşturur.



Yüksek oranda sertlik içeren sularda karbonat ve bikarbonat iyonlarını bağlamak kolaylaşır, bu nedenle pH daha yüksek olabilir. Su içinde karbonat bulunması halinde pH 8,3'ten büyük olur. Sudaki pH değerini ölçebilmek için geniş okuma aralığına sahip pH metreler kullanılmaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 pH metre

2.3.4 Sertlik

Sularda sertliğe yol açan başlıca iyonlar kalsiyum ve magnezyum iyonlarıdır. Sertlik sudaki kalsiyum ve magnezyumun çözünen tuzlarından oluşmaktadır. Kalsiyum ve magnezyum tuzlarının çözünürlükleri Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Kalsiyum ve magnezyum tuzlarının çözünürlükleri

Tuz Cinsi	Çözünürlük, 0°C mg CaCO ₃ /L
Kalsiyum Bikarbonat	1620
Kalsiyum Karbonat	15
Kalsiyum Hidroksit	2390
Kalsiyum Sülfat	1290
Magnezyum Bikarbonat	37100
Magnezyum Karbonat	101

Kaynak: Yalçın, H. ve Gürü, M. 2002. Su teknolojisi. Palme Yayıncılık, 23 s. Ankara.

Sularda yaygın olarak bulunan bikarbonat, sülfat, klorür gibi anyonlar ile oluşan kalsiyum ve magnezyum tuzlarının çözünürlükleri çok fazladır. Su sertliği daha çok bu tuzlardan ileri gelmektedir.

Kalsiyum ve magnezyum bikarbonatlarının oluşturduğu sertliğe 'karbonat sertliği' adı verilir. Kalsiyum bikarbonat ısıtılınca karbonat olarak çöktüğü için karbonat sertliğine 'geçici sertlik' adı da verilmektedir. Kalsiyum ve magnezyumun bikarbonat dışındaki bileşikleri 'karbonat olmayan sertlik' oluşturmaktadır. Buna da kalıcı sertlik adı verilmektedir. Geçici ve kalıcı sertlik toplamı 'toplam sertliği' vermektedir.

Suların sertliği yaygın olarak içerdikleri sertlik veren maddelerin CaCO_3 eşdeğeri cinsinden 1 litrede mg yani ppm olarak miktarları ile belirlenmektedir. Fakat pratikte su sertliğini belirlemede çeşitli birimler kullanılmaktadır.

1 Amerikan Sertliği (ppm) = 1 mg CaCO_3 / L

1 Alman Sertliği (A.S°) = 10 mg CaO / L

1 Fransız Sertliği (F.S°) = 10 mg CaCO_3 / L

1 İngiliz Sertliği (I.S°) = 10 mg CaCO_3 / 0,7 L

Sertlik birimlerinin birbirine nasıl dönüştürüldüğü Çizelge 2.2'de verilmektedir.

Çizelge 2.2 Sertlik birimlerinin birbirine dönüştürülmesi

Sertlik Birimleri	A.S°	F.S°	I.S°	ppm CaCO_3
A.S°	1	1,79	1,25	17,9
F.S°	0,56	1	0,7	10,0
I.S°	0,80	1,43	1	14,3
ppm CaCO_3	0,056	0,1	0,07	1

Suyun sertliğini tayin etmek için piyasada çeşitli sertlik kitleri bulunmaktadır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Sertlik kiti

Kalsiyum ve magnezyum barındıran sert sular sert su sendromu denilen diyaliz sonrası bulantı, kusma, kas güçsüzlüğü, ciltte kızarıklık, hipertansiyon veya hipotansiyon ataklarına sebep olmaktadır.

2.3.5 Asitlik veya bazlık

Suyun asitliği 1 litre sudaki asitliği yapan bileşenleri titre etmek için gereken sodyum hidroksit (NaOH) miktarı ile belirlenmektedir. Suyun asitliği esas olarak su içinde bulunan mineral asitlerden ve zayıf organik asitlerden ileri gelmektedir. Suyun içerdiği hidroksit, karbonat ve bikarbonat iyonları ise suyun bazlığını oluşturmaktadır.

2.3.6 Klorür

Suyu dezenfekte etmek amacıyla su içinde bulunan bakterilerin ve mikroorganizmaların büyümesini önlemek, organik maddeleri oksitlemek ve kokuları azaltmak için suya gaz halinde klor veya çözelti halinde hipoklorür ilave edilmektedir. Mikroorganizmaları öldürmek amacıyla suya katılan klor, suda doğal olarak bulunan organik maddelerle reaksiyona girerek harcanmaktadır. Bu nedenle klorlama işlemi daima suda serbest klor kalacak şekilde yapılmaktadır. Klorür, su içerisinde bulunan kirletici maddelerden biri olarak tanımlanmaktadır. Klorür sağlık açısından bir tehlike yaratmamakta, ancak suda

bulunan serbest klor aminlerle reaksiyona girerek kloraminleri oluşturabilmekte ve kloraminler diyaliz hastalarında hemolitik anemi, methemoglobinemi gibi kan problemlerini yaratabilmektedir. Bu nedenle sularda klorür için belli limit değerleri bulunmaktadır.

2.3.7 Florür

Florür vücut için gerekli olmakla birlikte limit değerini aşması halinde kirletici olabilmektedir. Su içerisindeki fazla florür, osteomoloz, osteoporoz gibi çeşitli kemik hastalıklarına neden olmaktadır.

2.3.8 Nitrat

Su içinde bulunan azot, toprak içinde çürüyen bitkisel proteinlerin amino gruplarından kaynaklanmaktadır. Suda bulunan amonyum iyonları da bazı mikroorganizmaların etkisi ile nitrifikasyon reaksiyonları sonucu nitrata dönüşmektedir. En önemli nitrat kaynaklarından biri de atmosferik azotun şimşek olaylarında havadaki oksijen ile birleşerek azot oksidi haline dönüşmesinden kaynaklanmaktadır. Oluşan azot oksitleri nitrik aside dönüşerek yağmur suları ile toprağa karışmaktadır. Gübre ve kanalizasyon sularının toprağa karışması da önemli nitrat kaynakları arasında gösterilmektedir. Nitrat fazlası vücutta siyanoz, methemoglobinemia, hipotansiyon, bulantı gibi durumlara neden olmaktadır.

2.3.9 Sülfat

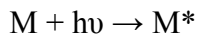
Sülfat su içinde bikarbonat ve klorürden sonra en çok bulunan iyondur. Sülfat suya topraktan geçmektedir. Toprakta sülfür minerallerinin oksidasyonu ile kükürtlü bileşikler kalsiyum sülfat haline dönüşmektedir. Kalsiyum sülfat doğada iki molekül kristal suyu içeren jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ve susuz kalsiyum sülfat olan anhidrit mineralleri halinde bulunmaktadır. Hemodiyaliz hastaları için kontrolü çok önemli bir kirleticidir. İshale sebep olarak vücudun su kaybetmesine neden olmakta ve fazla sülfat ölüme sebebiyet verebilmektedir.

Suda sülfat tayini yapmak için pek çok yöntem bulunmaktadır. Miktar tayini yapabilmek için genellikle UV-Vis spektrofotometre kullanılmaktadır. UV-Vis spektrofotometre görünür (380-760 nm) ve morötesi (190-1100 nm) dalga boylarında doğrudan veya başka bir madde ile reaksiyona sokulduktan sonra ışık absorpsiyonu yapabilen her tür maddenin ölçümünü yapabilen bir cihazdır (Şekil 2.6).

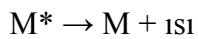
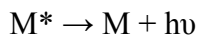


Şekil 2.6 UV-Vis spektrofotometre

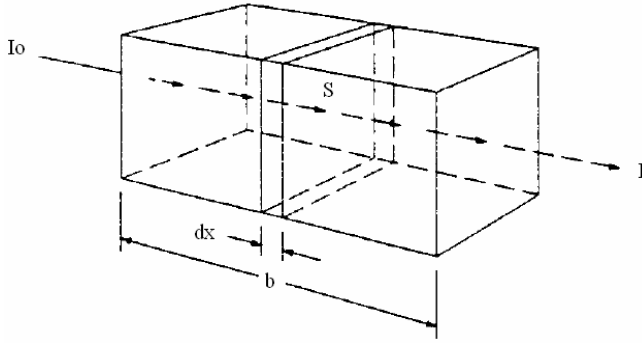
Spektroskopide ‘absorpsiyon’ kimyasal türlerin elektromanyetik ışımının belirli frekanslarını seçimli olarak azaltması şeklinde tanımlanmaktadır. Kuantum kuramına göre, her atom, iyon veya molekülün kendine özgü enerji düzeyleri bulunmaktadır ve bunlardan en düşük enerjili olanına temel enerji düzeyi adı verilmektedir. Boltzmann Dağılım Yasası’na göre, oda sıcaklığında atom, iyon veya moleküllerin büyük çoğunluğu temel düzeyde bulunmaktadır. Bu atom, iyon veya moleküller, elektromanyetik ışımaya ile etkileştirildiğinde, gönderilen foton enerjisi bunların enerji düzeyleri arasındaki farka eşit ise absorpsiyon olayı gerçekleşmektedir. Böylece atom, iyon veya molekül uyarılmış enerji düzeyi adı verilen daha büyük enerjili bir düzeye çıkarılmış olmaktadır:



Atom, iyon veya molekül bu yüksek enerjili kararsız durumdan, 10^{-6} ile 10^{-9} saniye gibi kısa bir süre sonra ışımalı veya ışımasız olarak iki yolla kurtulmaktadır:



Absorplanan foton sayısı, ortamda absorpsiyon yapan türlerin sayısı ile doğru orantılıdır. Monokromatik ve I_0 şiddetinde ışın, b uzunluğunda ve n sayıda absorpsiyon yapabilen tanecik içeren bir ortamdan geçtikten sonra, Şekil 2.7’de görüldüğü gibi ortamı I şiddetinde terk eder.



Şekil 2.7 I_0 başlangıç gücündeki bir ışının I gücünde ortamı terk etmesi ($I < I_0$)

Kabın çeperlerinde ortaya çıkan yansımalar ve çözültide asılı halde bulunabilecek taneciklerin neden olduğu saçılma gibi etkileşimler kontrol edildiği takdirde, şiddetteki bu azalmanın nedeni sadece moleküllerin ışınmayı absorplamasıdır.

Monokromatik ışın, alanı S , kalınlığı dx olan ve dn absorplayıcı parçacık içeren bir kesitten geçtiğinde, ışının şiddetindeki azalma; $-dI / I = dS / S$ eşitliği ile verilir. Kesit içindeki toplam absorpsiyon alanı molekül sayısı ile orantılıdır; $dS = a dn$. Eşitlikte a orantı katsayısıdır. Bu eşitlikler birleştirilerek integrali alındığında;

$$-\int_{I \rightarrow I_0} dI / I = \int_{n \rightarrow 0} a dn / S \text{ ve integralin çözümü ile;}$$

$$-\ln I / I_0 = a n / S \text{ veya } \log I_0 / I = a n / 2,303 S \text{ eşitlikleri elde edilir.}$$

$$\text{Kesit alanı } S \text{ ise, hacim } V \text{ ve uzunluk } b \text{ cinsinden; } S = V / b \text{ cm}^2 \text{ dir.}$$

$$\text{Bu, yukarıda } S \text{ yerine yazılırsa } \log I_0 / I = a n b / 2,303 V \text{ elde edilir.}$$

n/V molarite cinsinden derişime dönüştürülebilir;

$$C = (n \text{ tanecik} / 6,02 \times 10^{23} \text{ tanecik/mol}) \times (1000 \text{ cm}^3 / \text{L} / V \text{ cm}^3) = 1000 n / 6,02 \times 10^{23} \text{ mol/L}$$

ve böylece;

$\log I_0 / I = (6,02 \times 10^{23}) a b C / 2,303 \times 1000$ olur. Bu eşitlikteki sabitlerin tümü, molar absorpsiyon katsayısı adı verilen ve ϵ ile gösterilen yeni bir sabit ile tanımlanırsa;

$\log I_0 / I = \epsilon b C$ elde edilir. Beer yasası adı verilen bu eşitlikte $\log I_0 / I$, absorbans adını alır ve A ile gösterilir: $A = \log I_0 / I = \epsilon b C$.

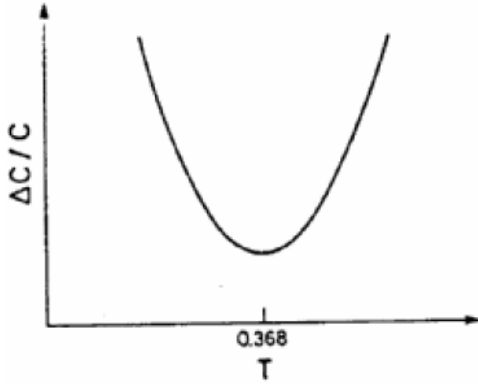
Absorpsiyon ölçümlerinde kullanılan bazı önemli terim ve semboller tanımları ile birlikte Çizelge 2.3'te görülmektedir.

Çizelge 2.3 Absorpsiyon ölçümlerinde kullanılan bazı terim ve semboller

Terim	Sembol	Tanım	Alternatif isim ve sembol
Işıma gücü	P, Po	Dedektörün 1 cm ² 'sine saniyede düşen ışıma enerjisi	Işıma şiddeti; I, Io
Absorbans	A	log Po/P	Optik yoğunluk; D Sönüm; E
Geçirgenlik	T	P/Po	Transmisyon; T
Yol uzunluğu	b	-	l, d
Absorpsiyon katsayısı	a	A/bc	Sönüm katsayısı; k
Molar absorpsiyon katsayısı	ε	A/bc	Molar sönüm katsayısı

Ölçülen absorbans ile derişim arasındaki bu basit ilişkinin geçerli olması bazı koşullara bağlıdır ve bu koşulların sağlanamadığı durumlarda Beer yasasından sapmalar gözlenir. Bu sapmaların en önemlilerinden birisi derişik çözeltiler ile çalışılırken karşılaşılan ve Beer yasasından negatif sapmaya neden olan engellemedir. Absorbans ve derişim arasındaki doğrusallık, 0,010 M'dan daha derişik çözeltilerde, moleküller arası etkileşimler nedeniyle bozular.

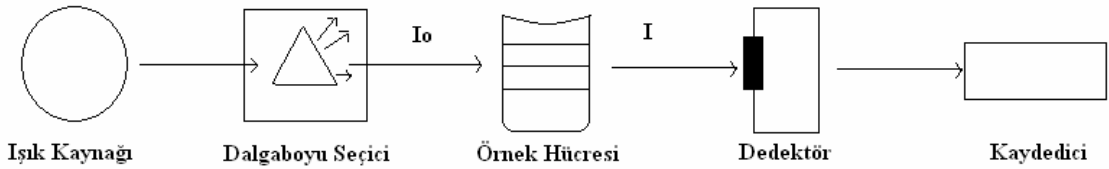
Spektrofotometrik ölçümlerde, örnek çözeltilisinin absorbansının çok küçük veya çok büyük olduğu durumlarda ortaya çıkacak bağıl hata büyük olur. Bu bağıl hatanın minimum olduğu aralık Beer yasasından çıkılarak elde edilebilir. Şekil 2.8'de görüldüğü gibi, hatanın minimum olduğu yüzde geçirgenlik aralığı 20-65 arasındadır.



Şekil 2.8 Bağıl hatanın yüzde geçirgenlikle değişimi

Şekil 2.9'da şematik olarak bir spektrofotometrenin temel bileşenleri gösterilmektedir. Bu bileşenler şu şekilde sıralanmaktadır:

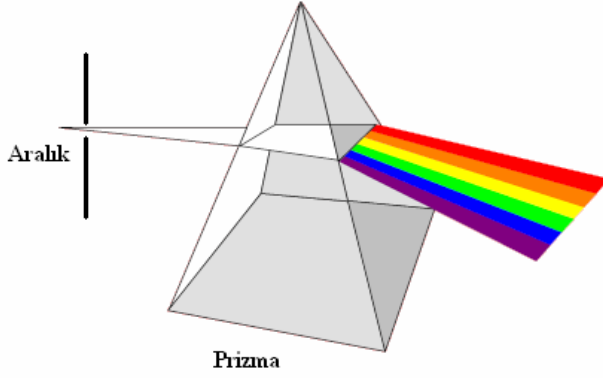
- İlgilenilen dalgaboyu aralığında ışıma yapabilen bir ışık kaynağı,
- İstenilen dalgaboyu bandını, lambanın sürekli spektrumundan ayıran bir monokromatör,
- Işıma enerjisini elektrik enerjisine çeviren bir dedektör,
- Dedektörden çıkan sinyali kaydetmek için kullanılan bir kaydedici.



Şekil 2.9 Bir spektrofotometrenin şematik görünümü

Görünür bölgede en yaygın olarak kullanılan ışık kaynağı tungsten flaman lambasıdır. 350 – 3000 nm arası gibi çok geniş bir aralıkta ışıma yapabilen bu lamba, yakın UV ve kızılötesi bölgelerinde de kullanılabilir. Morötesi bölgede ise, 185 – 375 nm arasında ışıma yapabilen düşük basınçlı hidrojen ve döteryum boşalım lambaları kullanılır. Bu bölgede kullanılan ışık kaynağı pencerelerinin kuvars olması gerekir, çünkü cam UV ışımayı geçirmez.

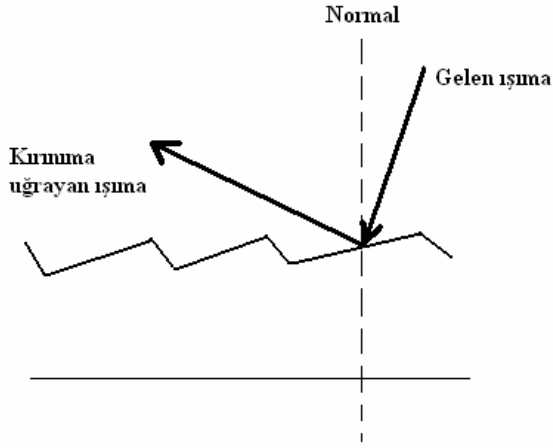
Bir monokromatörün ışımayı odaklamak için mercek ve aynaları, istenmeyen ışımının engellenmesi için giriş ve çıkış aralıkları ve kaynaktan gelen polikromatik ışımadan istenilen dalgaboylarını seçmek için bir ayırma ortamı bulunmalıdır. Ayırma ortamı olarak prizmalar ve optik ağlar kullanılır. Elektromanyetik ışıma, bir prizmadan geçtiğinde prizmanın kırılma indisinin havanın kırılma indisinden farklı olması nedeniyle kırılmaya uğrar. Kırılma indisi dalgaboyu ile değiştiği için polikromatik ışıma prizma içinden geçtiğinde kısa dalgaboylu ışımalar uzun dalgaboylu ışımalara oranla daha fazla kırılmaya uğrarlar (Şekil 2.10). Prizmalar tüm UV ve görünür bölge dalgaboyu aralığında kullanılabilirler fakat ayırma güçleri dalgaboyu ile değişir, kısa dalgaboylarında daha etkindirler.



Şekil 2.10 Görünür bölge ışımının prizmada ayrılması

Görünür bölgede cam prizma ve mercekler kullanılırken, UV bölgede kuvars prizma ve mercekler kullanılmalıdır.

Optik ağlar, Şekil 2.11’de görüldüğü gibi üzerinde çok sayıda ve eşit uzaklıklarda ince aralıklar veya çıkıntılar bulunan alüminyum gibi parlatılmış yüzeylerdir. 1 cm’de yaklaşık 6000 – 12000 arasında değişen aralık veya çıkıntı ile etkileşen ışık, ışımının difraksiyonu (kırınımı) ilkesine göre dalgaboylarına ayrılır. Optik ağların ayırma gücü içerdüğü aralık veya çıkıntı sayısı arttıkça artar. Genel olarak optik ağların ayırma gücü prizmalara oranla daha büyüktür ve dalgaboyu ile değişim göstermez.

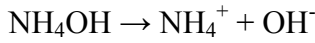
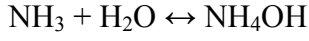


Şekil 2.11 Işımanın bir optik ağda ayrılması

UV ve görünür bölgede dedektör olarak kullanılan fototüpler, fotoemisif bir katot ve bir anot içerir. Bir UV veya görünür bölge fotonu katoda çarptığında bir elektron koparır ve bu elektrodun anoda doğru çekilmesiyle oluşan akım büyütülerek ölçülür. Kullanılan fotoemisif malzemenin ürettiği sinyal dalgaboyuna bağlı olduğundan spektrumun değişik bölgeleri için farklı fototüpler kullanılır. Ardı ardına yerleştirilmiş çok sayıda elektrottan oluşan fotoçoğaltıcı tüpler bu bölgede yaygın olarak kullanılan bir başka dedektör türüdür. Dinot adı verilen ve her biri bir öncekine oranla 50 – 90 volt daha pozitif bir gerilimde tutulan elektrotlardan birincisine foton çarptığında yüzeyden kopan elektronlar ikinci elektroda doğru hızlanarak daha fazla elektronun kopmasına neden olur. Sayıları gittikçe artan elektronlar anotta çok daha büyük bir akım oluştururlar. Fototüplere oranla duyarlılığı daha fazla olan fotoçoğaltıcı tüpler, şiddeti daha düşük ışıklara cevap üretebilirler. UV ve görünür bölge absorpsiyon spektroskopisi yönteminde kullanılan cihazlar tek ışık yollu veya çift ışık yollu olabilir. Tek ışık yollu spektrofotometrede Şekil 2.9’da görüldüğü gibi tüm bileşenler aynı ışık yolundadır. Bu nedenle dalgaboyunun değiştirilmesi ile yapılacak her ölçümden önce sadece çözücü kullanılarak % T = 100 ve ışık yolu kapatılarak % T = 0 ayarlarının yapılması gerekir. Hâlbuki kaynaktan gelen ışığın 2 demete bölünerek örnek ve referans bölmelerinden geçtikten sonra dedektör üzerine ardı ardına düştüğü çift ışık yollu spektrofotometrelerde bu işlemlerin her dalgaboyunda tekrarlanmasına gerek yoktur.

2.3.10 Amonyum

Amonyum suya azotlu organik bileşiklerin bozunması yoluyla girmektedir. Azotlu organik bileşikler suda parçalanarak amonyak oluşturmaktadır. Amonyak su içinde çözününce su ile reaksiyona girerek amonyum hidroksit oluşturmaktadır.



Çözelti içinde bulunan toplam amonyak ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) miktarı sıcaklığa ve çözelti pH değerine bağlı olarak değişmektedir. Bir amonyak çözeltisi içinde değişik sıcaklık ve pH değerlerinde iyonlaşmamış haldeki amonyak yüzdeleri Çizelge 2.4'te verilmektedir.

Doğal suların pH derecesi 8 civarında olduğundan, bu sular içinde bulunan amonyak büyük bir yüzde ile NH_4^+ iyonu halinde bulunmaktadır. Amonyanın toksik etkisi NH_3 halindedir. Böyle olunca yüksek pH derecelerinde amonyanın toksik etkisi fazlaşmaktadır. Yüzeysel sularda yüksek amonyak azotu bulunmakla birlikte yeraltı sularında amonyak az olmaktadır. Bu durum amonyak azotunun toprakta bulunan bakteriler yardımı ile amonyak azotunu nitrata dönüştürmesinden ileri gelmektedir.

Çizelge 2.4 Amonyak çözeltisinde NH_3 halinde bulunan amonyak yüzdeleri

Sıcaklık, °C	Çözeltinin pH Değerleri			
	7	8	9	10
5	% 0,12	% 1,2	% 11	% 56
10	% 0,19	% 1,8	% 16	% 65
15	% 0,27	% 2,7	% 21	% 73
20	% 0,40	% 3,8	% 28	% 80
25	% 0,57	% 5,4	% 36	% 85
30	% 0,80	% 7,5	% 45	% 89

Kaynak: Yalçın, H. ve Gürü, M. 2002. Su teknolojisi. Palme Yayıncılık, 323 s. Ankara.

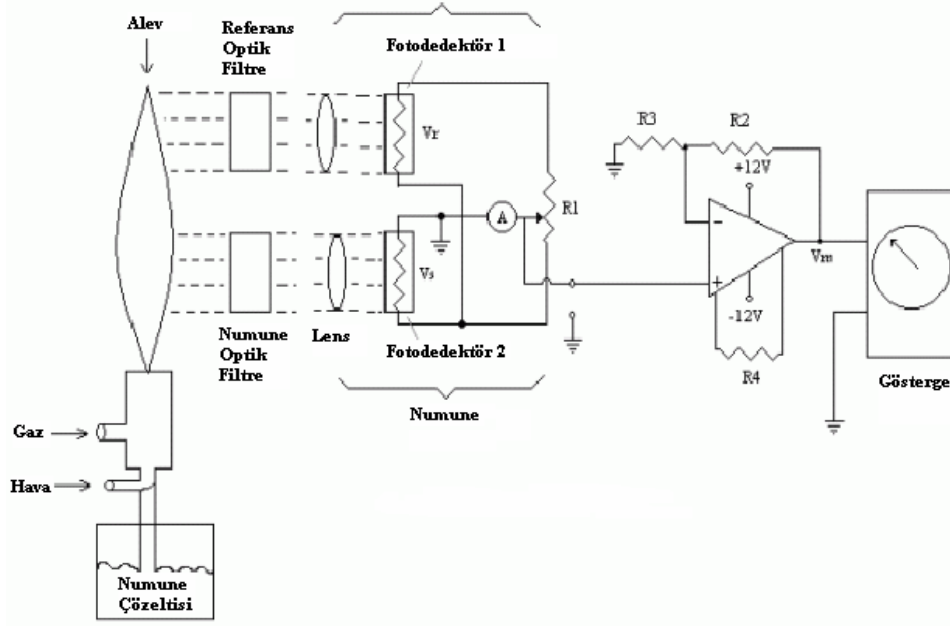
2.3.11 Sodyum

Sodyum iyonu suda daima yer alan bir major iyondur ve yalnızca katyon değiştiriciler kullanılarak uzaklaştırılabilmektedir. Sodyum insanlar için gerekli bir iyondur. Suyun dokulara bağlanmasını ve kanda karbondioksidin taşınmasını sağlar. Ancak aşırı sodyum kalp, böbrek ve dolaşım rahatsızlıklarına neden olmaktadır. Sodyum yetersizliği ise, kusma ve zihin bulanıklığı gibi rahatsızlıklara yol açmaktadır. Suda sodyum tayini alev fotometresi ile yapılmaktadır (şekil 2.12). Alev fotometresi 589 nm dalgaboyunda emisyon şiddeti ölçebilecek şekilde ayarlanarak sodyum tayini yapılmaktadır.



şekil 2.12 Alev fotometresi

Alev fotometri yönteminde analiz için alev üzerine zlتي çok küçük damlacıklar halinde (sis şeklinde) püskürtülmektedir. Alevin ısı etkisiyle, zlتيdeki madde atomlarının elektronları uyarılmakta ve bu şekilde daha üst bir enerji seviyesine çıkmış olan kararsız elektronlar daha sonra eski enerji düzeylerine dönerken aradaki enerji farkını ışık olarak dışarı salmaktadırlar. Bu ışık, zlتيdeki madde konsantrasyonuyla orantılıdır ve alev fotometresi ile ölçülmektedir. zcnn uzaklaşması sonucu sodyum sarı renk vermektedir. Bu yöntem genellikle alkali metallerin tayinlerinde kullanılmaktadır. şekil 2.13'te bir alev fotometrenin şematik görünümü yer almaktadır.



Şekil 2.13 Bir alev fotometresinin şematik görünümü

Alev fotometrede alev elde etmek için yakıt olarak genellikle metan, bütan, propan, asetilen gibi gazlar kullanılmaktadır. Alev fotometrede renkli filtreler kullanılabilmeyle birlikte çoğunlukla ışığın kırınım özelliğinden yararlanılmaktadır. Buna göre farklı frekanslardaki ışıklar bir kırınım filtresinin yarığından farklı açılarda çıkarlar. Böylece yönlendirilen farklı renlerdeki ışık demetleri, ayrı ayrı her bir maddenin konsantrasyonu ile orantılı şiddetlerde ayrı fotodetektörler üzerine düşerler. Alev fotometri yönteminde en kritik basamak atomlaştırma basamağıdır.

2.3.12 Ağır metaller

Ağır metal analizleri genellikle kurşun bazında yapılmaktadır. Kurşun, sulara çevre kirliliği nedeniyle karışmaktadır. Yanma olayları ve özellikle kurşunlu benzinin yanması sonucu atmosfere karışan kurşun çevreye dağılmakta ve yağış suları ile akarsulara ve yeraltı sularına karışmaktadır.

Kurşunun klorür, sülfat ve karbonat tuzları suda çok az çözündüğü halde bikarbonat ve asetat tuzları çok çözünen tuzlardır. İçme ve kullanma suları boru ve ekipmanı olarak kurşun boru kullanılması halinde pH'si ve sertliği düşük sular, bikarbonat halinde kurşun çözebilmektedir. Diğer taraftan zayıf organik asitler de kurşunu çözebilmektedir.

Doğal sularda kurşun bulunmamaktadır. Su içinde fazla miktarda kurşun bulunması, söz konusu suyun endüstriyel olarak kirlenmiş olduğunu göstermektedir.

Kurşunun insan vücudu açısından toksik etkileri bulunmaktadır. Özellikle kemik dokuda birikim yaparak kemik dokusunu bozmakta ayrıca kansızlığa yol açmakta ve sinir sistemi üzerinde de tahribata yol açmaktadır.

2.3.13 Alüminyum

Toprağı oluşturan bütün kil minerallerinde alüminyum oksit bulunmaktadır. Ancak alüminyum oksit suda çok az çözünmektedir. Alüminyum suya genellikle arıtma işlemleri sırasında geçmektedir. Su arıtma işlemlerinde alüminyum tuzları koagülant olarak kullanılmaktadır. Özellikle alüminyum sülfat çok kullanılan bir koagülanttır. Bu tuz su içinde hidroliz olarak alüminyum hidroksit jeli halinde çökmekte ancak bir miktar alüminyum su içinde kalabilmektedir.

Diğer taraftan alüminyum amfoterik özellik gösteren bir elementtir. Alüminyum hem asitler hem de kuvvetli bazlar içinde çözünebilmektedir. Aşırı alüminyum diyaliz ansefalopetisi de denen beyin ve sinir doku harabiyetine (alzheimer hastalığı) sebep olmakta; ayrıca kemiklerde birikerek kemik yapısının bozulmasına bağlı kemik problemleri yaratmaktadır. RO suda alüminyum tayini atomik absorpsiyon spektrofotometri yöntemiyle yapılmaktadır.

2.3.14 Potasyum

Potasyum iyonu da sodyum iyonu gibi suda daima yer alan bir iyondur ve yalnızca kation değiştiriciler kullanılarak uzaklaştırılabilmektedir. Potasyum, insan vücudu için gerekli bir iyon olmakla birlikte vücutta fazla miktarda birikimi hiperkalemiye sebep olarak kalp ritminde düzensizlik oluşturabilmektedir. RO suda potasyum tayini atomik absorpsiyon spektrofotometri yöntemiyle yapılmaktadır.

2.3.15 Çinko

Çinko, bileşikleri suda az çözünebilen bir metaldir. Çinko, sulara genellikle galvanizleme ve metalurji sanayi atık sularından geçmektedir. Çinko, insan vücudu için gerekli olan bir elementtir. Enzim ve hormonların en önemli bileşenlerinden biridir. Fazla miktarda alınan çinko ise ishal, saç dökülmesi, tırnak kırılması, yorgunluk ve sinir sisteminde istem dışı hareketlere sebep olabilmektedir. RO suda çinko tayini atomik absorpsiyon spektrofotometri yöntemiyle yapılmaktadır.

2.3.16 Cıva

Doğal su kaynaklarında cıva bileşiklerine çok az rastlanmakla birlikte sanayi ve ilaç kirliliğinin bulunduğu atık sularda rastlanmaktadır. Cıva yüksek toksik özelliği olan bir elementtir ve öldürücü etkiye sahiptir. Az miktarda cıva dozunun uzun süre etkimesi halinde kronik zehirlenmeye neden olabilmektedir.

Suda cıva tayini atomik absorpsiyon spektrofotometri-hidrür sistem yöntemiyle yapılmaktadır.

Atomik absorpsiyon spektroskopisi, elektromanyetik spektrumun UV ve görünür bölgesinden seçilen ışımının gaz haline getirilmiş ve temel enerji düzeyindeki atomlar tarafından absorplanması ilkesine dayanır. Bu yöntem ppm veya ppb derişime sahip, yani eser miktardaki elementlerin nicel analizine uygun bir yöntemdir ve diğer absorpsiyon yöntemlerinde olduğu gibi, ışıma şiddetindeki azalma ortamda absorpsiyon yapan elementin derişimi ile doğru orantılıdır.

Herhangi bir i uyarılmış enerji düzeyindeki atom sayısının, N_i , temel enerji düzeyindeki atom sayısına, N_o , oranı Boltzmann eşitliği ile verilir:

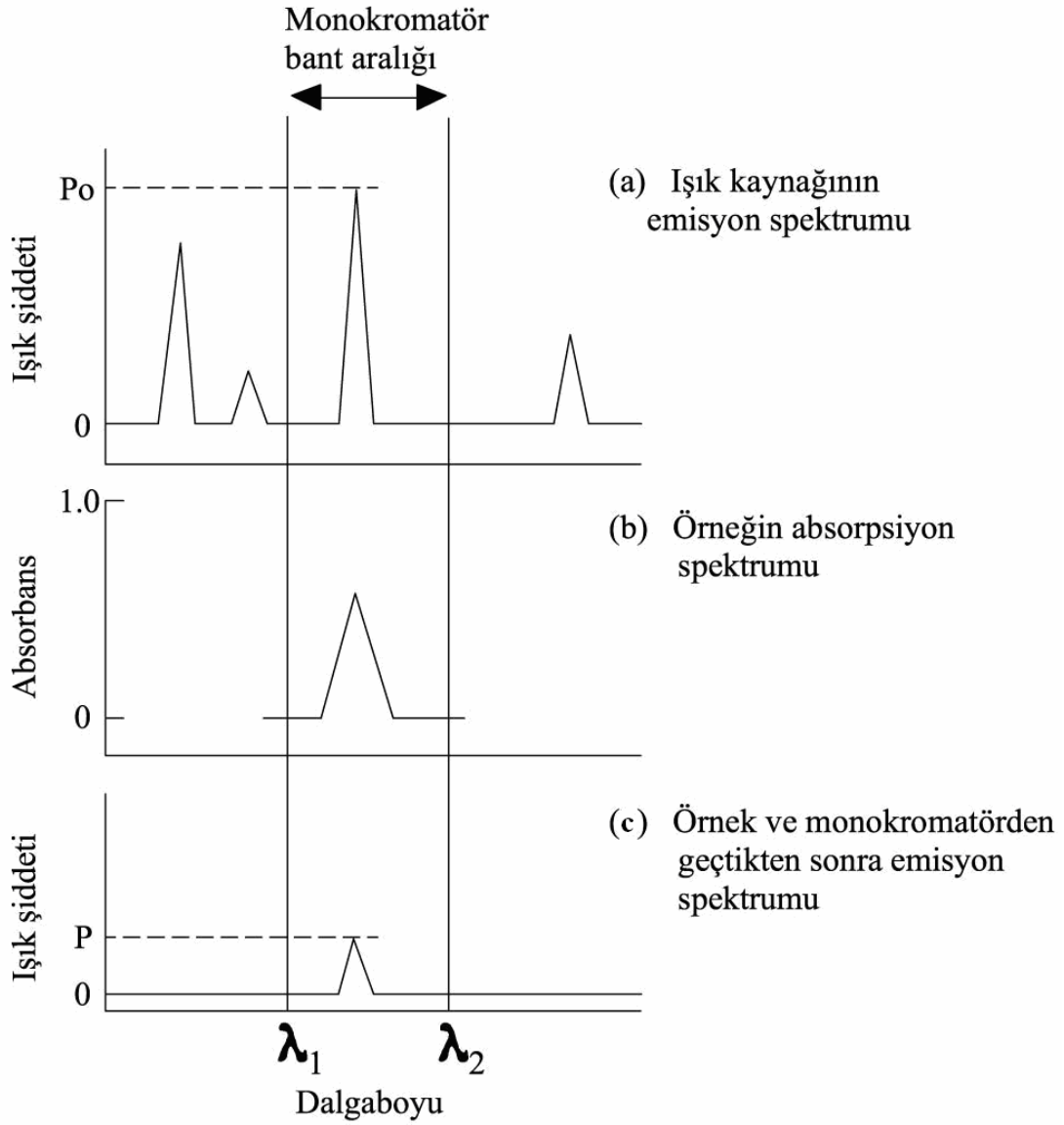
$$\frac{N_i}{N_o} = \frac{P_i}{P_o} e^{-E_i/kT}$$

Bu eşitlikte P_i ve P_o uyarılmış ve temel enerji düzeylerinin istatistiksel ağırlıkları, E_i uyarılma enerjisi, k Boltzmann sabiti, T ise mutlak sıcaklıktır. Oda sıcaklıklarında uyarılmış enerji düzeyindeki atom sayısı temel enerji düzeyindeki atom sayısına oranla ihmal edilebilecek kadar azdır. Örneğin çinko için bu oran 2000 K'de 7×10^{-15} , 4000 K'de ise ancak 1×10^{-7} dir. Yani temel enerji düzeyindeki atom sayısının oluşturulan toplam atom sayısına eşit olduğunu kabul etmek yanlış olmaz. Sonuç olarak, atomik absorpsiyon spektroskopisi yönteminin en önemli basamağı analizi yapılacak olan elementin gaz halindeki atomlarının oluşturulmasıdır. Bu nedenle yöntemin duyarlılığı, kesinliği ve doğruluğu, atomlaştırma basamağının etkinliği ile sınırlıdır.

Gaz haline getirilmiş atomların elektromanyetik ışınımı absorplaması sonucu sadece elektronik enerji düzeyleri arasındaki geçişler söz konusu olduğundan, atomların absorpsiyon ve dolayısı ile emisyon spektrumları dar hatlardan oluşur. Atomun uyarılmış enerji düzeyinde kalma süresine bağlı olarak bu hatlar yaklaşık 10^{-5} nm kadar bir genişliğe sahiptir. Fakat pratikte, bu genişliğin 100 kat artmasına neden olan etkilerle karşılaşılır. Bu etkiler atomların yüksek sıcaklıklardaki hızlı hareketlerinden ve birbirleri ile olan çarpışmalarından kaynaklanır. Atomik absorpsiyon spektroskopisi yönteminde, her element için mümkün olan birçok absorpsiyon hattı arasından, genellikle, rezonans hattı olarak adlandırılan ve absorplanan ışımının dalgaboyunun, temel enerji düzeyine dönerken yaydığı ışımının dalgaboyuna eşit olduğu hat seçilir. Atomlar için absorpsiyon hatlarının çok dar olmaları, kullanılan ışık kaynaklarının emisyon hatlarının da çok dar olmalarını gerektirir. Bu yüzden kullanılacak ışık kaynağı, analizi yapılan elementin karakteristik dalgaboyunda ve dar hatlardan oluşan ışık yaymalıdır. Şekil 2.14'te atomik absorpsiyon yönteminde absorbans ölçümü ilkesi görülmektedir.

Şekilde 2.14.a'da lambanın yaydığı dört dar emisyon hattı ve bunlardan λ_1 ile λ_2 dalgaboyu aralığına düşenin bir filtre veya monokromatör ile diğer hatlardan ayrılışı gösterilmiştir. Şekil 2.14.b'de ise bu dalgaboyu aralığında analizi yapılan elementin absorpsiyon spektrumu görülmektedir. Absorpsiyon hattının genişliğinin ışık kaynağından gelen emisyon hattı genişliğine oranla çok daha fazla olduğu dikkat

çekmektedir. Şekil 2.14.c'de görüldüğü gibi, ışımının şiddeti absorpsiyon nedeni ile P_0 'dan P 'ye düşmüştür.



Şekil 2.14 AAS yönteminde absorpsiyon ölçümü

Bir atomik absorpsiyon spektrofotometresinin temel bileşenleri aşağıda sıralanmaktadır:

- Işık kaynağı
- Örnek bölmesi
- Monokromatör
- Dedektör
- Kaydedici

Atomik absorpsiyon spektroskopisinde kullanılan ışık kaynakları, analizi yapılacak elementin karakteristik dalgaboyunda monokromatik ışığa yapabilen oyuk katot lambaları ve elektrotsuz boşalım lambalarıdır. Oyuk katot lambaları, bir tungsten anot ve analizi yapılacak elementin saf metalinin veya tuzunun yerleştirildiği silindirik biçiminde bir katot içeren, 1 – 5 torr basıncında argon gibi bir asal gazın doldurulduğu bir cam tüptür. Elektrotlar arasında uygulanan 300 volt civarındaki gerilim argon gazının iyonlaşmasına neden olur. Katoda çarpan argon iyonları katot yüzeyinden, metal atomları koparır. Bu atomlar, devam eden çarpışmalar sonucu uyarılmış enerji düzeyine çıkarlar. Bunların temel enerji düzeyine dönerken yaydıkları ışığa, söz konusu metalin karakteristik dalgaboyu değerindedir. Elektrotsuz boşalım lambaları, düşük basınçta argon gibi bir asal gaz ve çok az miktarda analiz elementi metali veya tuzunu içeren kuvars tüplerdir. Bu lambalarda elektrot yoktur ve lambanın enerjisi kuvvetli bir radyofrekans alanı veya mikrodalga ışığı ile sağlanır. Lambanın içinde argon gazı uygulanan bu alanda iyonlaşır ve hızlanarak metal atomları ile çarpışır. Bu çarpışmalar sonunda uyarılmış metal atomları elde edilir. Elektrotsuz boşalım lambalarından elde edilen ışık şiddeti, oyuk katot lambalarına göre 10 – 100 kez daha fazladır.

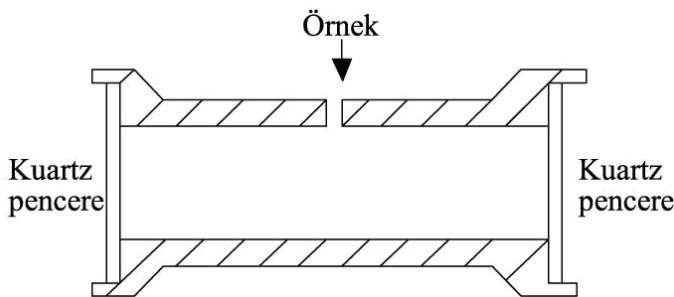
Atomik absorpsiyon spektroskopisi yönteminde örnek maddesinin atomlaştırılması amacı ile iki tür atomlaştırıcı kullanılır:

- Alevli atomlaştırıcılar
- Elektrotermal atomlaştırıcılar

Alevli atomlaştırıcıda, analizi yapılacak örneğin özelliklerine göre değişik alev türlerinin kullanılması mümkündür. Alev, bir yanıcı ve bir yakıcı gazın istenilen oranlarda karıştırılması ile oluşturulur. 1800-1900°C gibi düşük sıcaklıkların yeterli olduğu analizlerde propan-hava veya doğalgaz-hava alevi kullanılır. Atomlaşmaları daha zor olan elementler için ise, 2200-2400°C'lik sıcaklıklar elde edilebilen hava-asetilen alevi tercih edilir. Bunların dışında hava-hidrojen (2100°C), oksijen-hidrojen (2700°C) ve nitroz oksit-asetilen (2800°C) gibi alevlerin de kullanılması mümkündür. Alevli atomlaştırıcılarda örnek çözelti haline getirildikten sonra alevle püskürtülür. Alevde gerçekleşen ilk süreç çözücünün buharlaşmasıdır. Geriye kalan katı tanecikler

alev sıcaklığında gaz halindeki atomlara ve basit iyonlara ayrışır. Alevli atomlaştırıcıların kullanılmasının en önemli dezavantajları, aleve püskürtülen örnek maddesinin büyük bir kısmının aleve ulaşmaması ve alev ortamında oluşan gaz halinde atomların ışık yolundaki alıkonma sürelerinin yaklaşık 10^{-4} saniye gibi çok kısa olmasıdır.

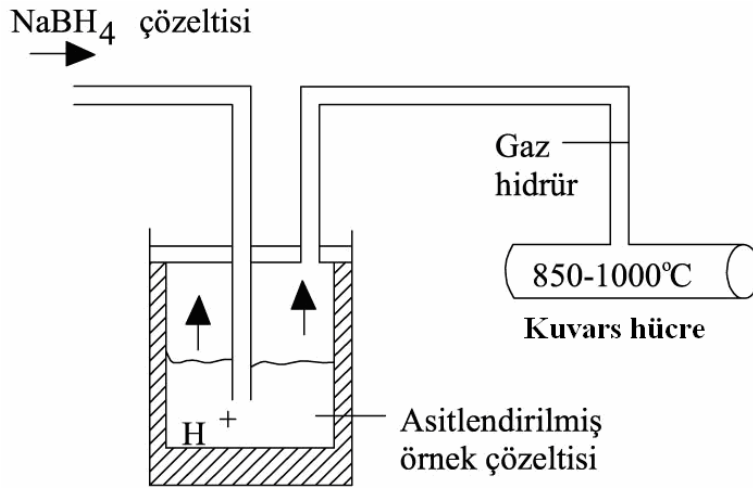
AAS yönteminde, örnek maddesinin atomlaştırılması için alev yerine kullanılan elektrotermal atomlaştırıcılarda ise, bu dezavantajların büyük ölçüde önüne geçilmiştir. Genellikle grafitten yapılan elektrotermal atomlaştırıcılar, 3000°C sıcaklığa kadar elektriksel olarak ısıtılabilmekte ve uygulanan sıcaklık programı ile sıcaklık kademeli olarak arttırılabilmektedir. Grafit fırın adı da verilir bu atomlaştırıcıların ısıtma sırasında yanmaması için argon veya azot atmosferinde tutulması gerekir. Çeşitli geometrilere üretilen grafit fırınlar içinde en fazla kullanılanı, Massmann fırını adı verilen yaklaşık 3 cm uzunluğunda, 0,5 cm çapında silindirik biçiminde tüplerdir. Bu tüpler Şekil 2.15'te görüldüğü gibi uçlarına uygulanan düşük gerilimde yüksek akımla ısıtılır. 5 – 50 μL arasında örnek çözeltisi bir pipet yardımı ile fırına enjekte edildikten sonra en az üç basamaktan oluşan bir program ile ısıtılır. Birinci basamakta sıcaklık, örnek çözeltisindeki çözücünün kaynama noktasının biraz üzerindeki bir sıcaklığa kadar yükseltilir. İkinci basamakta ise, örnek çözeltisinin özelliğine göre, organik bozunması ve örneğin kimyasal matriksinin parçalanması için $350 - 1200^{\circ}\text{C}$ arasında sıcaklık programı uygulanır. Atomlaşma basamağı olan üçüncü basamakta, sıcaklık, analizi yapılacak elementin atomlarının oluşacağı sıcaklığa kadar arttırılır ($2000 - 3000^{\circ}\text{C}$). Örneğin yaptığı absorpsiyon bu basamakta ölçülür.



Şekil 2.15 Massmann grafit fırını

Cıva, arsenik, antimon, kalay, selenyum, bizmut ve kurşun gibi uçucu elementlerin analizi için geliştirilen bir yöntemde ise bu elementler gaz halindeki hidrürlerine dönüştürülür.

Şekil 2.16’da görülen hidrür oluşturma düzeneğinde NaBH_4 gibi bir indirgeyici, asidik hale getirilmiş örnek çözeltisine ilave edilerek hidrürler oluşturulur. Azot veya argon gibi bir asal gaz yardımı ile kuvarsdan yapılmış absorpsiyon hücresine taşınan hidrür $850 - 1000^\circ\text{C}$ arasındaki bir sıcaklıkta ayrıştırılır ve analizi yapılan elementin atomları oluşturulur.

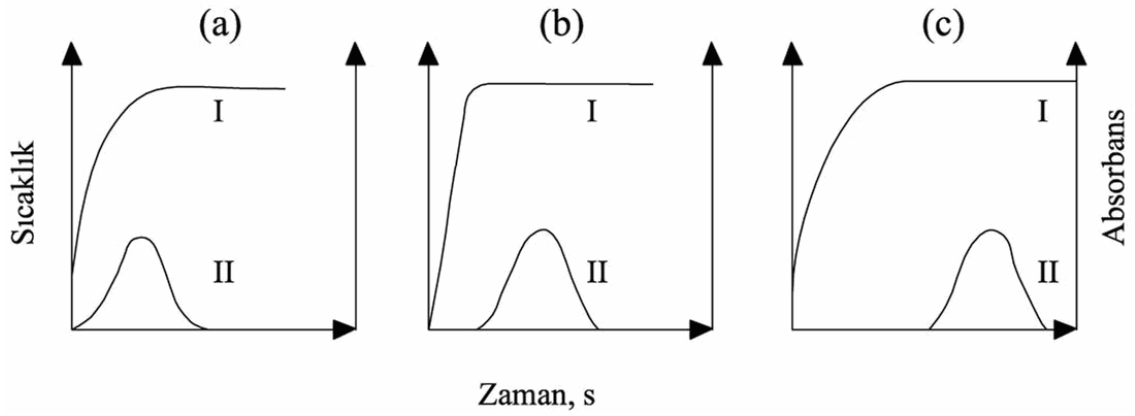


Şekil 2.16 Hidrür oluşturma düzeneği

Atomik absorpsiyon spektroskopisi yönteminde dalgaboyu ayırıcısı olarak basit bir monokromatörün kullanılması yeterlidir çünkü, oyuk katot lambasının yaptığı emisyon sadece birkaç hattan oluşur. Bu yöntemde en çok kullanılan dedektör türü ise fotoçoğaltıcı tüplerdir.

Işık yolundaki atom derişimini artırmak için atomlaşma basamağında fırının ısıtma hızı olabildiğince yüksek olmalıdır. İleride ayrıntılı olarak görüleceği gibi, özellikle grafit fırınlı atomlaştırıcılarda zemin absorpsiyonu ve örnek çözeltisinin bulunduğu ortamın (matriks) etkisinden gelen engellemeler atomik absorpsiyon spektroskopisinde çok karşılaşılan sorunlardır. Bunun en önemli nedeni, atomlaşmanın başladığı anda fırın sıcaklığının sabit bir değere ulaşmamış olması ve fırının orta noktası ile uçları

arasındaki sıcaklık farklarıdır (Şekil 2.17.a). Bu sorunun önüne geçilebilmesi için, analiz elementinin sabit sıcaklıkta atomlaştırılması önerilmiştir. Yüksek ısıtma hızına sahip grafit fırınların kullanılması ile sabit sıcaklıkta atomlaşma sağlanabilir (Şekil 2.17. b). Modern atomik absorpsiyon spektrofotometrelerinde 1000°C/s 'lik ısıtma hızı sağlayabilen güç kaynakları kullanılmaktadır. Sabit sıcaklıkta atomlaşma için önerilen bir başka yöntem de platform tekniğidir.



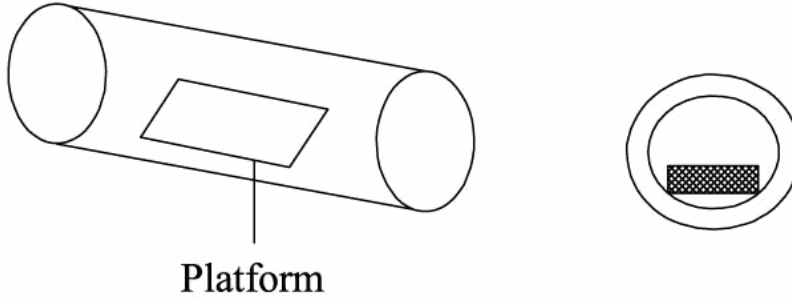
Şekil 2.17 Atomlaşma zamanının sıcaklıkla değişimi

- (a) Normal ısıtma hızına sahip fırında
- (b) Yüksek ısıtma hızına sahip fırında
- (c) Platform tekniğinde

I. Sıcaklık-zaman profili

II. Absorbans-zaman profili

Şekil 2.18'de görüldüğü gibi bu teknikte, fırın içerisine yine grafiten yapılmış bir platform yerleştirilir ve örnek çözeltisi bu platformun üzerine enjekte edilir. Platformun ısınması, grafit fırının duvarlarından yayılan ışıma ile gerçekleştiğinden, platform sıcaklığı, grafit fırının duvar sıcaklığına oranla daha yavaş bir şekilde artar ve analiz elementinin atomlaşması, fırının hemen hemen sabit kaldığı bir sıcaklığa kadar geciktirilmiş olur (Şekil 2.17.c). Atomlaşmanın başladığı sıcaklıkta analiz elementine etki eden girişimler böylece ortadan kaldırılmış olur.



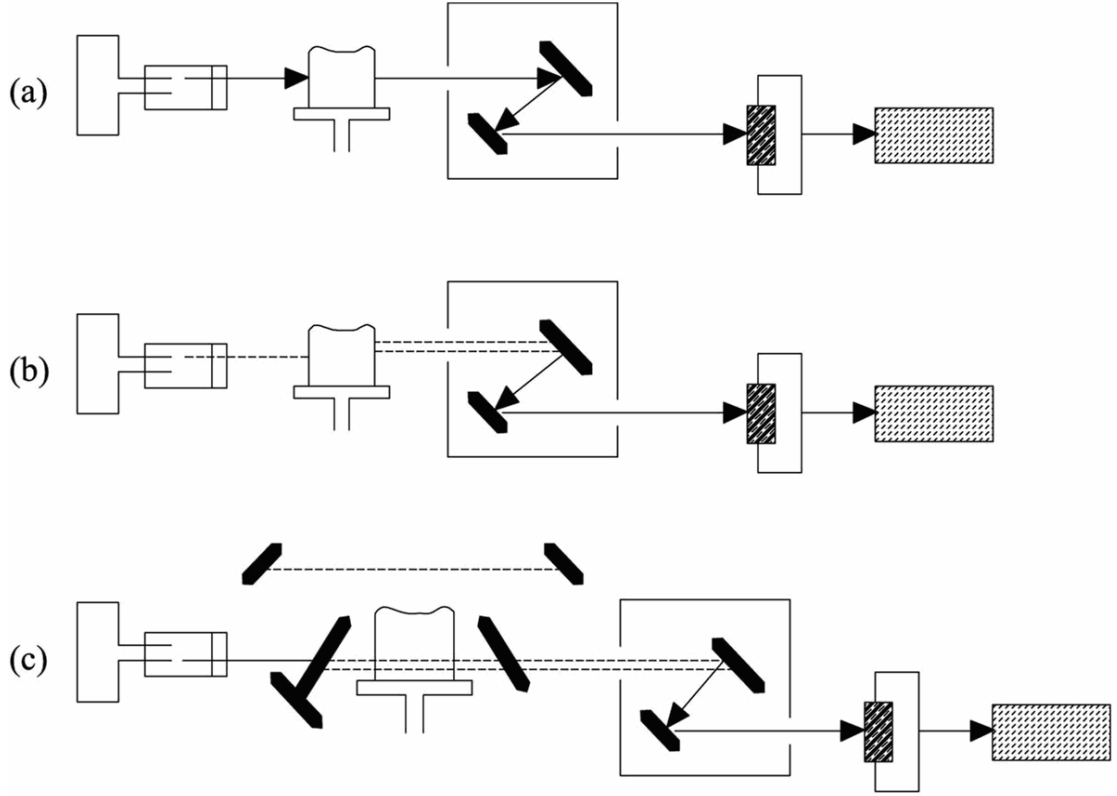
Şekil 2.18 Platform tekniği

Spektroskopik yöntemlerin çoğunda kullanılan aletin üstünlüğü, doğrudan monokromatörün ayırma gücüne bağlı olduğu halde, atomik absorpsiyon spektroskopisinde bu o kadar önemli değildir. Daha önce de belirtildiği gibi, atomik absorpsiyon spektroskopisinde, her element için, o elemente özgü ışık yayan oyuk katot lambaları kullanılır. Bunun sonucu olarak monokromatörün görevi, oyuk katot lambasının yaydığı, incelenen elementin rezonans hattını diğer hatlardan ayırmaktır. Çok basit bir monokromatör, emisyon spektrumu en karmaşık elementler için bile bu ayırmayı sağlayabilir.

Atomik absorpsiyon spektroskopisinde ışık sinyalinin elektrik sinyaline dönüştürülmesi için, fotoçoğaltıcı tüpler kullanılır. Ultraviyole ve görünür bölgenin tümünde yeterli duyarlılığa sahip bir fotoçoğaltıcı bulmak zordur. Bu nedenle ultraviyole bölge ile görülen bölgenin kısa dalgalı boyalarında CsSb, görünür bölgenin daha uzun dalgalı boyalarında ise Se katotlu tüpler kullanılır.

Atomik absorpsiyon ölçümleri için kullanılan üç değişik tür spektrofotometre Şekil 2.19'da görülmektedir. Şekil 2.19.a'da gösterilen alete, tek ışık yollu doğru akım (d.c) spektrofotometresi adı verilir. Bu sistemde ışık kaynağından ve atomlaştırıcıdan gelen ışık kesiksizdir ve dedektörde bir doğru akım oluşturur. Şekil 2.19.b'de görülen alette ise, ışık kaynağından çıkan ışık kesikli olarak, atomlaştırıcılardan çıkan ışık ise kesiksiz olarak dedektöre ulaşır. Kesikli ışık dedektörde alternatif bir akım oluşturduğundan bu alete tek ışık yollu, alternatif akımlı (a.c) spektrofotometre denir. Bu alette elektronik devreler yardımıyla sadece alternatif akım yükseltilir ve böylece atomlaştırıcıdan gelen ışık ihmal edilebilir değerde kalır. Şekil 2.19.c'de görülen alet ise, çift ışık yollu

alternatif akımlı (a.c) sistemdir. Burada kullanılan ışık bölücü, ışık kaynağından çıkan ışığı sırasıyla atomlaştırıcının içinden ve dışından geçirir, bu iki ışık dedektöre sırayla ulaşır ve dedektör, ardarda gelen bu sinyallerin arasındaki farkı ölçer.



Şekil 2.19 Atomik absorpsiyon spektrofotometreleri

Atomik absorpsiyon spektroskopisi yönteminde, tüm analitik yöntemlerle olduğu gibi, analizi yapılacak örneğin özelliklerine göre birçok engelleme ile karşılaşılır. Bu engellemeleri, kimyasal, iyonlaşma, spektral ve zemin engellemeleri olarak sınıflandırmak mümkündür.

Kimyasal engellemeler, atomlaştırıcılarda oluşan kimyasal tepkimelerin sonucudur. Özellikle alevli atomlaştırıcılarda, analizi yapılacak elementin oksijenle tepkimeye girerek kararlı bileşikler oluşturması atom derişiminin azalmasına, dolayısıyla absorbans değerinin gerekenden daha küçük elde edilmesine neden olur. Kararlı oksitler, atomlaştırıcı sıcaklığında bozunmayan bileşiklerdir. Alüminyum ve demir, düşük sıcaklıklardaki alevlerde kararlı Al_2O_3 ve Fe_2O_3 türü oksitler oluşturur. Ayrıca

bor, titan, tungsten, uranyum, vanadyum ve zirkonyum da bu tür oksitler oluşturur. Oksit oluşumu, alevdeki oksijen miktarının azaltılması ile önlenir. Örneğin hava-asetilen alevi yerine $N_2O-C_2H_2$ alevi kullanılarak ortamdaki oksijen derişimi azaltılabilir. Kimyasal engellemeleri gidermenin bir başka yolu da spektroskopik tampon maddeler kullanmaktır. Spektroskopik tampon, kimyasal engellemeye neden olan bileşenlerden birisi ile tepkimeye girerek kararlı bileşiklerin oluşmasının önüne geçer. Örneğin fosfat varlığında kalsiyum analizi yapılırken ortama lantan tuzu eklenir. Böylece, lantan iyonu fosfat ile tepkimeye girerek kalsiyum fosfatın oluşmasını engeller.

İyonlaşma engellemesi, atomlaştırıcıdaki atomların önemli bir miktarının uygulanan sıcaklıkla iyonlaşması sonucu oluşur. İyonların spektral hatları, atomlarınkı ile aynı dalgaboylarında olmadığından iyonlaşma, ölçülmesi gereken absorbanstan daha küçük değerlerin elde edilmesine neden olur. İyonlaşma genellikle, atomlaştırıcı sıcaklığının çok yüksek olduğu durumlarda gerçekleşir. Özellikle, IA ve IIA gruplarının elementleri, oldukça küçük iyonlaşma enerjilerine sahiptirler ve atomlaştırıcı sıcaklığında iyonlaşırlar. Atomlaştırıcı sıcaklığının düşürülmesi ile iyonlaşma bir ölçüde engellenebilir. Alevli atomlaştırıcılarda, propan-hava alevi kullanılarak iyonlaşmanın analize etkisi azaltılabilir. Atomlaştırıcı sıcaklığının düşürülmesi, birçok elementin tam olarak atomlaşmasını da engelleyebileceği kesin bir çözüm değildir. İyonlaşma engellemesinin azaltılabilmesi için kullanılan bir diğer yöntem ise, standart ve örnek çözeltilerine, iyonlaşma enerjisi küçük bir başka elementin eklenmesidir. Ortalama 500-5000 mg/mL derişiminde, kolay iyonlaşan lityum, sodyum veya potasyum eklenmesiyle, analizi yapılan metale ait, $Me=Me^++e^-$ dengesi, eklenen bu alkali metallerin iyonlaşması sonucu oluşan elektron fazlalığı nedeni ile, sola kaydırılır ve analizi yapılan metalin iyonlaşması önemli ölçüde engellenir.

Atomik absorpsiyon spektroskopisi yönteminde spektral engellemeler, absorpsiyon hücresindeki iki elementin veya bir element ile çok atomlu bir türün aynı dalgaboyundaki ışığı absorplaması veya yayması sonucu oluşur. Analizi yapılan element ile aynı dalgaboyunda ışık absorplayan türlerin varlığı, analizde pozitif hatalara yol açar, çünkü dedektöre ulaşması gerekenden daha az ışığa ulaşır ve absorban değeri

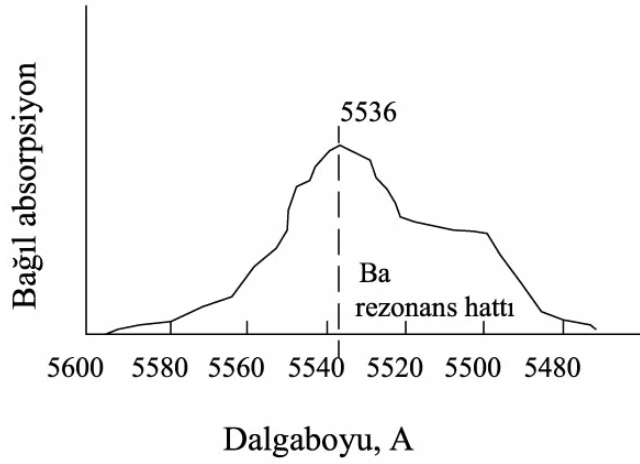
büyür. Elementlerin dar absorpsiyon hatları çok ender olarak birbirleri ile çakışır. Spektal engellemelere yol açabilecek çakışmalar, Tb ve Mg için 285,2 nm, Cr ve Os için 290,0 nm, Ge ve Ca için 422,7 nm'deki hatlardır. Bunun önüne geçebilmenin en kolay yolu, analizi yapılacak elementin öteki element ile çakışmayan bir hattını kullanmaktır. Öte yandan, absorpsiyon hücresindeki türlerin yaydığı ışığa, analiz için seçilen dalgaboyu ile aynı dalgaboyunda ise, bu kez de negatif hatalar ortaya çıkar. Çünkü dedektöre, ulaşması gerekenden daha fazla ışığa ulaşır ve absorpsiyon değeri küçülür. Bunun önüne geçmek için dedektör, oyuk katot lambasından örneğe gelen ışığın önüne yerleştirilen ışık bölücünün frekansına ayarlanır ve böylece dedektör bu frekans dışındaki ışıkları algılamaz.

Örnek çözeltisinde bulunan çok atomlu türlerin (moleküler ya da radikaller) ışığı absorplaması analizinde çok ciddi sorunlara yol açar. Bu tür engellemeler, zemin engellemesi olarak adlandırılır. Zemin absorpsiyonu adı da verilen bu engelleme atomik absorpsiyon spektroskopisi yönteminde en önemli hata kaynağıdır. Zemin engellemesine küçük parçacıkların ışığı saçmasının da katkısı vardır. Oyuk katot lambasının yaydığı ışımının atomlaştırıcı ortamındaki tanecikler tarafından saçılması Rayleigh yasasına uyar ve saçılmanın şiddeti,

$$\tau = 24 \pi^3 \frac{Nv^2}{\lambda^4}$$

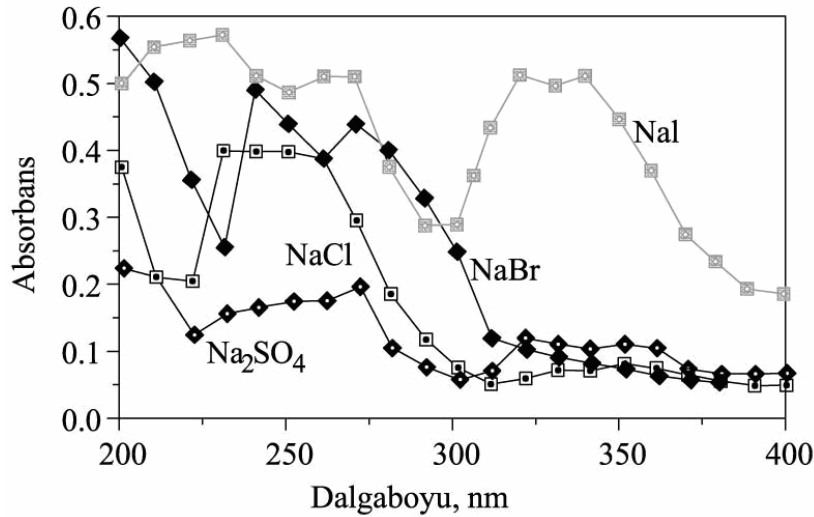
eşitliği ile verilir. Burada τ saçılan ışığın şiddeti, N birim hacimdeki tanecik sayısı, v parçacık hacmi, λ ise dalgaboyudur. Görüldüğü gibi saçılma ile kaybedilen ışık şiddeti kullanılan dalgaboyu ile ters orantılıdır.

Absorpsiyon hücresinde bulunan molekül ya da radikallerin ışığı absorplaması, alevli ve özellikle grafit fırınlı atomlaştırıcılarda, önüne geçilmesi için özel yöntemler gerektiren bir engellemedir. Atomlaşma sıcaklığı düşük bir elementin alevli atomlaştırıcıda analizi sırasında alevde oluşan oksit, hidroksit, siyanür türü kararlı bileşikler, elementin atomlaşma sıcaklığında bile bozunmayarak oyuk katot lambasının yaydığı ışığa absorplarlar. Şekil 2.20'de hava-asetilen alevinde baryum analizinde CaOH radikali absorpsiyon bandının etkisi görülmektedir.



Şekil 2.20 CaOH radikali absorpsiyon bandının baryum rezonans hattına etkisi

Moleküler absorpsiyon ve ışığın tanecikler tarafından saçılması, birim hacimde bulunan tanecik sayısı daha fazla olduğundan grafit fırınlı atomlaştırıcılarla yapılan analizleri daha ciddi bir şekilde etkiler. Bazı moleküllerin grafit fırında elde edilen absorpsiyon spektrumları Şekil 2.21’de görülmektedir. Dalgaboyuna bağlı olarak, bu moleküllerin birkaç miligramının grafit bazında 0,5 – 1,0 değerinde bir absorpsiyon ölçümüne neden olduğu göz önüne alınırsa, atomik absorpsiyon spektroskopisi yönteminde en önemli engellenmenin moleküler absorpsiyon olduğu daha iyi anlaşılır.

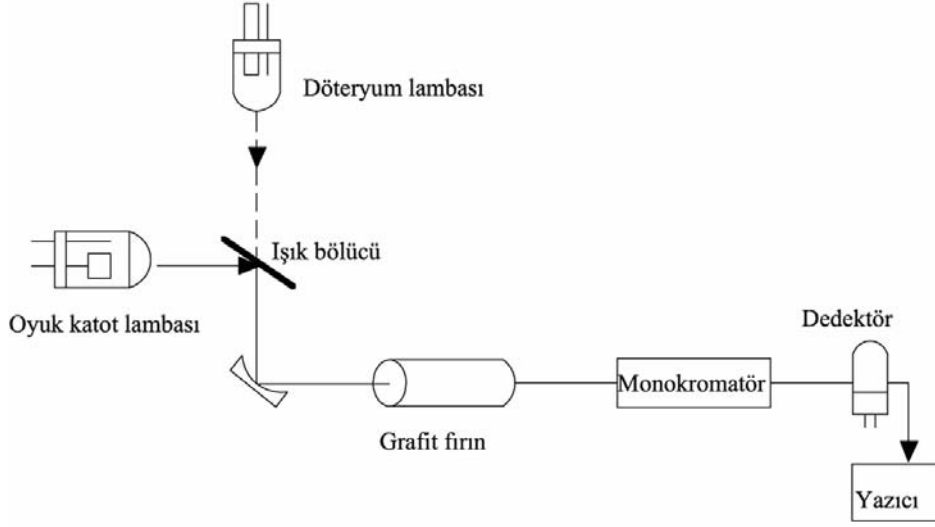


Şekil 2.21 NaCl, NaBr, NaI ve Na₂SO₄’ün grafit fırındaki absorpsiyon spektrumları

Zemin engellemelerinin düzeltilmesi için çeşitli yöntemler önerilmiştir. Bunlar, çift-hat yöntemi, sürekli ışık kaynağı kullanımı yöntemi, Zeeman etkisi yöntemi ve Smith-Hieftje yöntemidir.

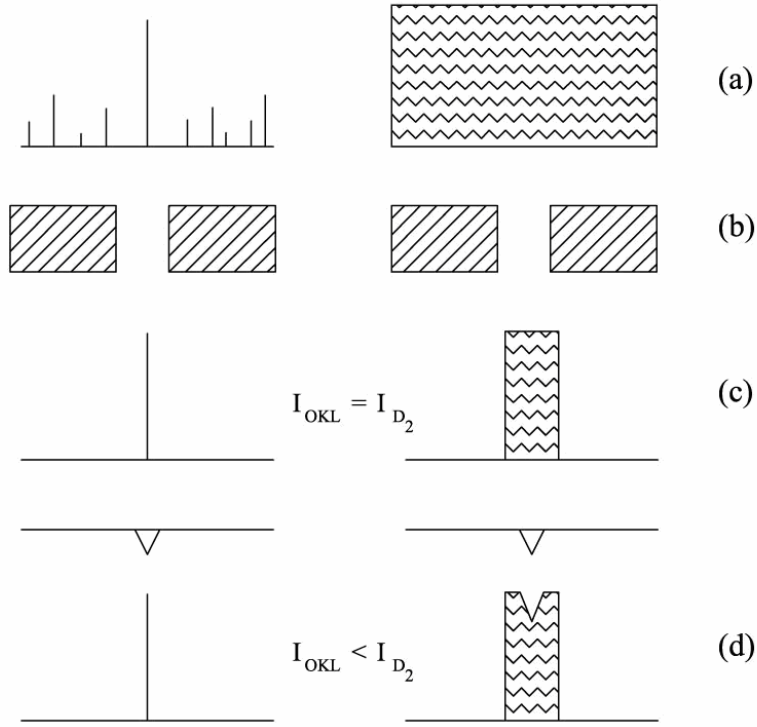
Çift - hat yöntemi, absorbansın, iki farklı dalgaboyunda iki kez ölçülmesi ilkesine dayanır. Birinci ölçüm analizi yapılan elementin ışığı absorpladığı karakteristik dalgaboyunda yapılır. Elde edilen absorbans, analizi yapılan elementin atomlarının absorbansı ile zemin engellemesine neden olan diğer türlerin absorbanlarının toplamına eşittir. İkinci ölçüm ise, analizi yapılan elementin atomlarının absorpsiyon yapamayacağı fakat birinci dalgaboyuna çok yakın bir dalgaboyunda yapılır. Bu dalgaboyu bir asal gaz veya başka bir elementin oyuk katot lambasından elde edilen bir hat olabilir. İkinci dalgaboyundan ölçülen absorbans, sadece zemin engellemesine neden olan türlerin neden olduğu absorbanstır. İki ölçüm arasındaki fark, örneğe ait gerçek absorbans değerini verir. Bu yöntem iki ayrı ölçümün ardarda yapılmasını gerektirdiği için çok zaman alıcı bir yöntemdir. Fakat son yıllarda gerektirdiği çift ışık yollu atomik absorpsiyon spektrofotometreleri ile bu sorun ortadan kaldırılabilir. Birinci ışık yolunun önüne konulan bir monokromatör analiz elementinin absorpsiyon hattına ayarlanırken, ikinci ışık yoluna konulan ikinci bir monokromatör zemin etkilerinin düzeltilmesi için seçilen dalgaboyuna ayarlanır. Burada iki monokromatör çıkış aralık genişliklerinin aynı olmasına özen gösterilmelidir.

Zemin engellemelerinin düzeltilmesi için sürekli ışık kaynağı kullanımı yönteminde, spektrofotometreye oyuk katot lambasına ek olarak, döteryum veya halojen lambası gibi geniş bir dalgaboyu aralığında ışımaya yapabilen bir ışık kaynağı yerleştirilir. Bu iki kaynağın yaydığı ışınlar, Şekil 2.22'de görüldüğü gibi, bir ışık bölücü yardımıyla atomlaştırıcıya ardarda ulaştırılır. Oyuk katot lambasının yaydığı ışık, atomlaştırıcıda bulunan analiz elementin atomları ve zemin engellemesine neden olan türler tarafından absorplanır. Daha önce de belirtildiği gibi, sürekli ışık kaynağının yaydığı ışığın analiz elementinin atomları ışığın şiddetine oranla ihmal edilebilecek kadar azdır. Böylece, sürekli ışık kaynağının yaydığı ışımının sadece zemin engellemelerine neden olan moleküler ve diğer türler tarafından absorplandığı kabul edilebilir.



Şekil 2.22 D₂ ve oyuk katot lambalarının spektrofotometredeki yerleşimleri

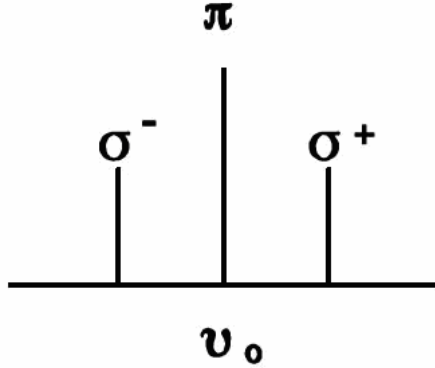
Zemin engellemelerinin düzeltilmesi için en yaygın olarak kullanılan bu yöntemde, uygun elektronik sistemlerde bu iki sinyalin farkı ölçülür. İki sinyal arasındaki fark, örneğin gerçek absorbans değerini verir. Şekil 2.23'de bu yöntemin çalışma ilkesi şematik olarak görülmektedir.



Şekil 2.23 D₂ lambası ile zemin engellemelerinin düzeltilmesi

- (a) Oyuk katot lambası hat spektrumu, D₂ lambası ise sürekli spektrum yayar,
- (b) Monokromatörün çıkış aralığı, oyuk katot lambası spektrumundan aralık genişliği kadar bir bant ayırır,
- (c) her iki ışık kaynağının şiddetleri eşitlenir,
- (d) atomların absorpsiyonu oyuk katot lambası şiddetinde önemli bir azalmaya neden olurken, D₂ lambasının şiddetindeki azalma ihmal edilebilir düzeydedir.

Son yıllarda geliştirilen bir yöntemde ise kuvvetli bir manyetik alanda bir atomun elektronik enerji düzeylerinin yarılması ilkesinden yararlanır. Zeeman etkisi adı verilen bu olayda herbir elektronik geçiş için birçok absorpsiyon hattı oluşur ve bu hatların dalga boyları birbirlerinden 0,01 nm kadar farklıdır. Absorpsiyon olayındaki elektronik geçiş türüne göre çeşitli yarıma şekilleri oluşabilir. En basit yarıma, singlet düzeyler arasında gözlenen ve enerji düzeyinin merkezi bir π hattı ile, bu hattın iki yanında eşit aralıklarla gözlenen σ hatlarından oluşan yarımadır. Normal Zeeman etkisi adı verilen bu olay Şekil 2.24'te görülmektedir.

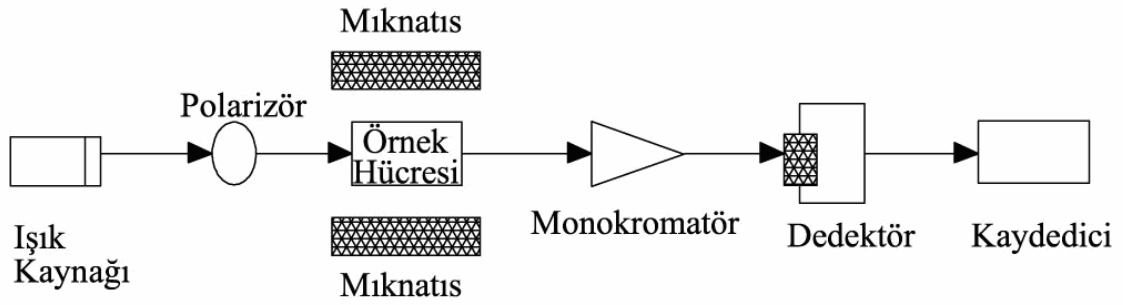


Şekil 2.24 Normal Zeemann etkisi

Bu üç bileşenin absorbanslarının toplamı, orjinal hattın absorbansına eşittir. Kural dışı Zeeman etkisi adı verilen yarımlarda ise oluşan π ve σ hatları kendi aralarında tekrar yarırlar.

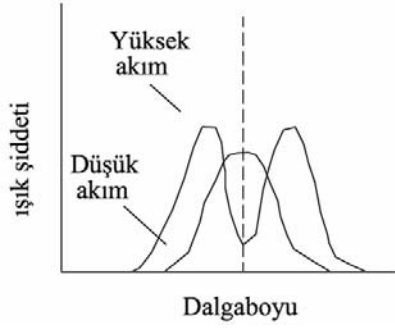
Zeeman etkisinin atomik absorpsiyon spektroskopisi yönteminde zemin etkilerinin giderilmesi amacı ile kullanılmasında manyetik alanın atomlaştırıcıya veya oyuk katot lambasına uygulanır. Manyetik alanın atomlaştırıcıya uygulanması tekniğinde, analiz

elementi atomlarının π ve σ bileşenlerinin polarize ışıkla etkileştikleri zaman farklı davranmalarından yararlanılır. Şekil 2.25’de görüldüğü gibi, oyuk katot lambasından çıkan ışıma dönen bir polarizörden geçecek birbirine dik iki bileşene ayrılmaktadır. Bu bileşenlerden biri uygulanan manyetik alana paralel iken diğeri diktir. Uygulanan manyetik alan ile oluşan analiz elementinin karakteristik dalgaboyu ile aynı değerde olan π bileşeni, manyetik alana paralel polarize ışığı absorplar, σ hatları dik polarize ışığı absorplar. π bileşeninin yaptığı absorpsiyon analiz elementinin atomik absorpsiyonu ile ortamda bulunan ve engellemeye neden olan türlerin absorpsiyonunu içerir. Dedektöre peşpeşe düşen bu iki sinyal uygun elektronik devrelerle birbirinden çıkarılarak kaydediciye ulaşır. Böylece analiz elementinin atomlarına ait absorpsiyon değeri elde edilmiş olur.



Şekil 2.25 Zeemann etkisinin zemin engellemelerinin giderilmesinde kullanımı

Zemin etkilerinin düzeltilmesi amacı ile kullanılan bir diğer yöntem ise Smith - Hieftje yöntemi olarak bilinen ve yüksek akım değerlerinde çalıştırıldıklarında oyuk katot lambasının yaydığı ışımın öz absorpsiyonu ilkesine dayanan bir yöntemdir. Yüksek akım değerlerinde çalıştıklarında oyuk katot lambasının atomlaşması, lamba içinde temel enerji düzeyinde bir atom bulutunun oluşmasına neden olur. Uyarılmış enerji düzeyine çıkan atomların temel enerji düzeyine dönerken yaydıkları ışıma, bu atom bulutu tarafından absorplanır ve bu olaya öz absorpsiyon adı verilir. Lambanın yüksek akımda çalıştırılmasının bir diğer etkisi ise uyarılmış türlerin emisyon bantlarını genişletmesidir. Bu iki olayın net sonucu Şekil 2.26’da görüldüğü gibi oyuk katot lambasının yaydığı ışımın, kesikli çizgilerle gösterilen analiz elementinin absorpsiyon hattı dalgaboyunda şiddeti azalmakta ve bu emisyon hattı atomların absorplayamayacağı kadar genişlemektedir.



Şekil 2.26 Yüksek ve düşük akımda çalıştırılan oyuk katot lambasının emisyon profili

Bu olaya zemin düzeltme yönteminde, oyuk katot lambası, önce düşük akımda ve hemen peşinden yüksek akımda çalışacak şekilde programlanır. Lambanın düşük akımda çalışması sırasında elde edilen absorbands değeri hem analiz elementi atomlarının absorbandsını hem de ortamda bulunan engelleyici türlerin absorbandsını içerir. Lambanın yüksek akımda çalıştırılması ile elde edilen sinyal ise sadece engelleyici türlerin absorbandsı olduğundan iki değer arasındaki fark düzeltilmiş absorbands değeridir.

2.3.17 Toplam bakteri, fekal streptokoklar, *eschericha coli*

Suyun mikrobiyolojik özelliklerinden kaynaklanan kirlenmeler sonucu suda oluşan bakteri, fekal streptokok ve *eschericha coli*; titreme, ateş, bulantı, kusma ve kızarıklık gibi rahatsızlıklara sebep olmaktadır. Toplam bakteri; toplam bakteri sayımı, fekal streptokoklar; azid ve eşeriya koli; endo bazında analiz edilmektedir. Mikrobiyolojik kirlenmelerin tayini membran filtre yöntemi ile yapılmaktadır (Şekil 2.27).

Membran filtre yöntemi hem toplam bakteri sayısının hem de canlı bakteri sayısının belirlenmesine uygun bir yöntem olarak tanımlanmaktadır. Belli hacimdeki bir bakteri süspansiyonunun, alanı belli bir filtre yüzeyinden süzülmesi, bu yöntemin prensibini oluşturmaktadır. Bu mikroorganizmaların sayısı, filtrenin uygun bir besiyeri yüzeyine yerleştirilip inkübasyonundan sonra oluşan kolonilerin sayımı ile belirlenmektedir (gelişme yeteneğinde olan canlı mikroorganizmaların sayımı). Filtre yüzeyindeki mikroorganizmaların doğrudan sayımında uygun sayıdaki mikroorganizma popülasyonunun filtre yüzeyine homojen bir şekilde dağılması önemlidir. Filtre edilecek

sıvının miktarını, içerdiği yaklaşık mikroorganizma sayısı ve filtre büyüklüğü belirlemektedir.

Numune, emilmek suretiyle filtre edildikten sonra, numunenin konulduğu haznenin kenarları steril su ile yıkanarak, bu suyun da filtreden süzülmesi sağlanır. Eğer numune çok az sayıda bakteri içeriyorsa, daha fazla miktarda örnek filtreden geçirilir. Su analizleri için, filtre çapı 50 mm, etkili filtrasyon alanı 12 cm² ve gözenek büyüklüğü 0,3 – 0,6 µm olan filtreler kullanılmaktadır.

Membran Filtre Metodu

Numunenin bir membran
filtresinden süzülmesi
yoluyla yapılır.

Membran filtre yıkanır ve
kültür ortamına koyularak
inkübe edilir.



Membran filtre steril
su ile ıslatılmış
besiyerine alınır.

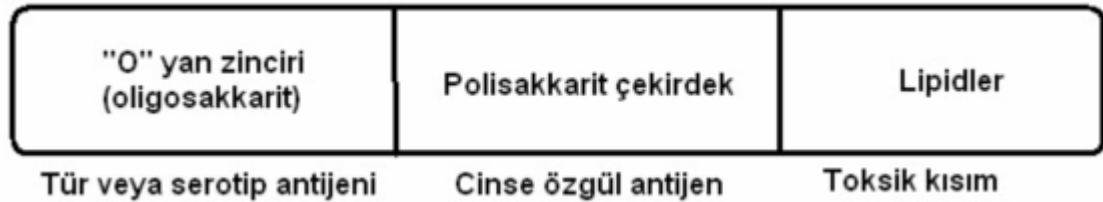
Şekil 2.27 Membran filtre yöntemi

Filtre diskleri, kullanılmadan önce 20 dakika süre ile kaynar su içinde tutulurlar. Filtrasyon aletinin filtresi ile birlikte otoklavda (120°C 'da 10 dakika) veya metal kısımlarının alevle, filtrenin de kaynatılarak sterilize edilmeleri gerekir. Filtrasyon işleminden sonra filtre, steril bir pens ile alınıp, içinde uygun bir agarlı besiyeri bulunan petri kutusuna filtre yüzeyi üstte kalacak şekilde yerleştirilir. Uygun bir inkübasyon sıcaklığı ve süresi sonucunda gelişen koloniler sayılır. Burada, yalnızca seçilen kültürel koşullarda gelişme yeteneğinde olan bakteriler koloni oluşturabilmektedirler. Kültürel koşulların değiştirilmesiyle anaerob veya fototrof bakterilerin de sayımları mümkündür.

Numunenin filtrasyon işlemi tamamlandıktan sonra filtre damıtık su ile yıkanarak mikroorganizma gelişmesini olumlu veya olumsuz yönde etkileyecek unsurların uzaklaştırılması sağlanmaktadır.

2.3.18 Bakteriyel endotoksin

Endotoksin, gram negatif bakterilerin hücre duvarının dış membranında bulunan toksik, lipopolisakkarit bileşiklerinden oluşmaktadır (Şekil 2.28).



Şekil 2.28 Gram negatif bakterilerde endotoksin yapısı

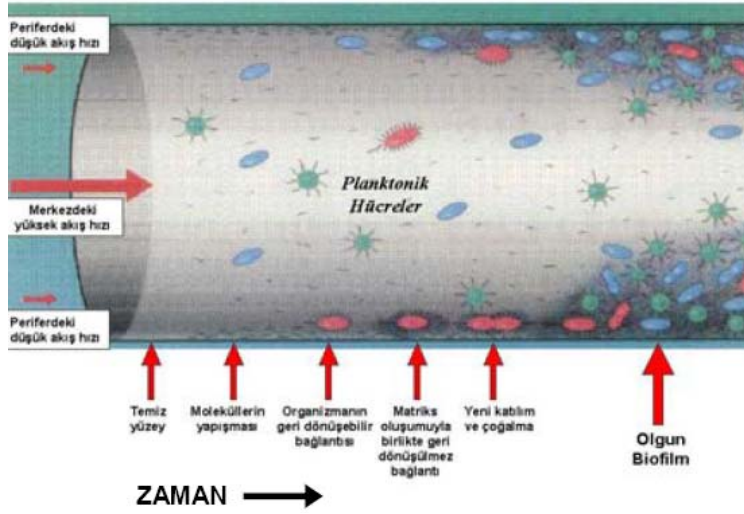
Endotoksin vücutta titreme, ateş, bulantı, hipotansiyon ve siyanoza sebep olmaktadır. Endotoksin tayini için kinetik türbidimetrik metot kullanılmaktadır.

Kinetik türbidimetrik metot optik yoğunluğa göre ölçüm yapmakta ve endotoksin konsantrasyonuna ulaşmaktadır. Konsantrasyon ne kadar fazla ise, optik yoğunluğa ulaşma zamanı o kadar kısa olmaktadır. Endotoksin standartları ile çizilen bir

kalibrasyon eğrisi kullanılmaktadır. Eğri için $R^2 > 0,98$ şartı geçerli olmakla birlikte yöntemde dedeksiyon limiti genellikle 0,001 EU/mL olmaktadır.

Su arıtma sistemlerine giren ham su borularında ve su arıtma sistemlerinde bulunan boru sistemlerinde, suyun uygun debide gelmemesi ve yeterli akış hızının elde edilememesi durumlarında zamanla bakteri ve endotoksin birikimleri oluşmaya başlamaktadır. Biyofilm adı verilen bu birikimler bir yüzeye yapışarak belirli bir yapısal bütünlük içerisinde toplu halde yaşayan ve birbirleriyle haberleşerek varlıklarının devamı için gerekli işlevlerin yerine getirilmesini sağlayan bakterilerin oluşturduğu karmaşık bir organizasyondur.

Şekil 2.29'da görüldüğü gibi akış hızının yüksek olduğu boru çapının merkezinde bakteriler hızla ileri doğru ilerlerken akış hızının düşük olduğu boru çeperlerinde bakteri kolonileri birikerek biyofilm tabakaları oluşturmaktadır.



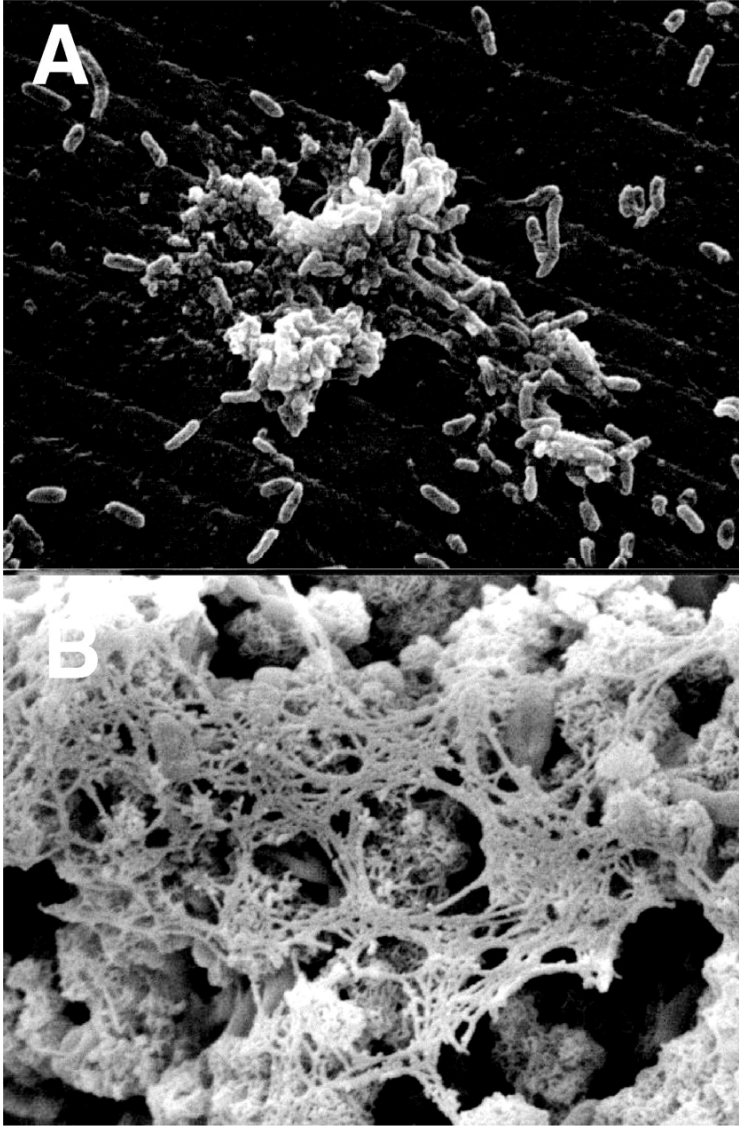
Şekil 2.29 Biyofilm tabakasının oluşması

Bakterilerin, boruların iç çeperlerinde biyofilm tabakaları oluşturmalarının çeşitli sebepleri bulunmaktadır:

- Biyofilmler bakterileri nem, ısı ve pH değişiklikleri gibi çevresel koşulların ve UV ışığa maruz kalmanın doğuracağı zararlı etkilerden korumaktadır.

- Besinlerin depolanmasını ve atıkların uzaklaştırılmasını kolaylaştırmaktadır. Biyofilm içerisinde mikrokolonileri çevreleyen alanlardan geçen yüksek geçirgenliğe sahip su kanalları bulunmaktadır. Bu kanallar primitif bir dolaşım sistemine benzemekte ve hem besinlerin biyofilm içerisinde eşit bir dağıtılmasını sağlamakta hem de potansiyel olarak toksik metabolitlerin uzaklaştırılmasını sağlamaktadır.

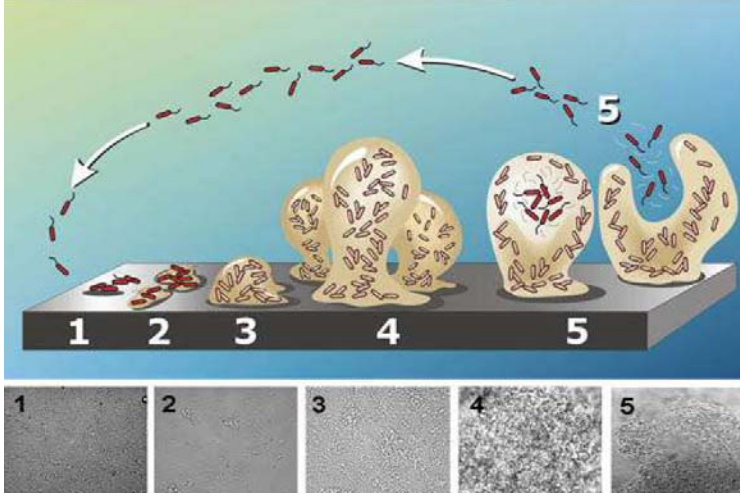
Biyofilm tabakaları bakterilerin yüzeye tutunması ile başlamakta ve zamanla birikerek büyük yapılar halinde boruların iç kısımlarını kaplamaktadır (Şekil 2.30).



Şekil 2.30.a. Bakterinin boru yüzeyine tutunması, b. biyofilm tabakası oluşturması

Biyofilm oluşumu bakterilerin bir yüzeye tutunmaları ile başlayan dinamik bir süreçtir. Şekil 2.31’de görülen biyofilm gelişiminin evreleri şu şekilde sıralanmaktadır:

1. Evre: Tutunma sonucu biyofilm fenotipinin ortaya çıkmasına neden olan bir dizi genetik işlem başlamaktadır. Bakterilerin bir yüzeye tutunabilmeleri için kendilerinin bir yüzey ile ne zaman temas kurduklarını anlamaları gerekmektedir. Bakteriler bu çevresel uyarıcıları fenotipik değişikliklere çevirebilmek amacıyla bir verici ve bir alıcıdan oluşan düzenleyici bir sisteme sahiptirler. Tutunma işleminden sonra biyofilm oluşturmak yönünde başka bir haberleşme sistemi başlatılarak bakteriler bu sistem ile çevredeki bakteriyel popülasyonun yoğunluğunu belirlemektedirler. Yüzeye tutunan her bakteri yüzeye tutunduğu mesajını veren bir molekül salgılamaktadır. Yüzeye tutunan bakteri sayısı arttıkça bu sinyalin konsantrasyonu da artmaktadır. Bu sinyal molekülünün konsantrasyonundaki artış ile birlikte biyofilm oluşumuna yönelik bir dizi işlem başlatılmış olmaktadır.
2. Evre: İkinci evre bakterilerin yüzeye yapışma ve kuvvetli bir şekilde tutunma sürecidir.
3. Evre: Üçüncü evrede bakteriler mikrokoloniler haline dönüşmektedirler.
4. Evre: Dördüncü evrede ise mikrokoloniler büyüyerek karmaşık mantar şeklindeki yapılara dönüşmektedirler. Bu mikrokolonilerin aralarında besinlerin ulaştırılmasını sağlayan ve metabolik atık ürünlerin uzaklaştırılmasını sağlayan primitif bir dolaşım sistemi olarak görev yapan su kanalları bulunmaktadır.
5. Evre: Beşinci evre kopma ve ayrılma evresidir. Bu evrede tek bir bakteri veya bakteri kümeleri biyofilm tabakasından koparak ortama yayılmaktadır. Bu ayrılma işlemi dezenfeksiyon veya sisteme yüksek akış hızında su verilmesinden kaynaklanan dış bir kuvvetin etkisiyle olabileceği gibi biyofilm oluşum prosesinin bir parçası olarak tek bir hücrenin veya çoklu hücrelerin kopmasının bir sonucu da olabilmektedir.



Şekil 2.31 Biyofilm gelişiminin evreleri

Bu kirleticiler gerek diyaliz kliniği su arıtma sistemine giren ham suda olsun gerekse su arıtma sisteminden çıkan RO suda olsun belli limit değerlerinin üzerine çıkmamalıdır. Hem ham su olarak kullanılan şehir şebeke suyu hem de RO su belli kalitede olmalıdır.

2.4 Giriş Suyu (Ham Su) Kalitesi

Hemodiyalizde kullanılmak üzere RO su olarak üretilen suyun kalitesi ham su olarak sisteme giren suyun kalitesiyle yakından ilgilidir. Bu nedenle diyaliz kliniklerinde kullanılan ham suyun kalitesi de büyük önem taşımaktadır. Giriş suyu olarak kullanılan ham su şehir şebekesinden gelmektedir. Şebeke sularının kalitesi Türk Standardı tarafından belirlenmiştir. Bu suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri ve içerdiği kirleticilerin limit değerleri TS 266 ‘Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular’ standardında yer almaktadır. Bu standartta sular aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır:

Sınıf 1. Kaynak (mema) suları

Sınıf 2. Kaynak suları dışındaki insani tüketim amaçlı sular

Standartta, sınıf 2 sular da 2 tip olarak ayrılmaktadır:

Tip 1. İşlem görmüş kaynak (mema) suları

Tip 2. İçme ve kullanma suları

Şehir şebeke suları sınıf 2, tip 2 suya girmektedir ve bu suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri ve kirletici limit değerleri Çizelge 2.5'te yer almaktadır.

Çizelge 2.5 Ham suyun (içme suyu) kalitesi (TS 266, 2005)

Parametreler	Limit Değerleri	Birim
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	-
Toplam Sertlik*	40	Fr.S°
pH	6,5 < pH < 9,5	-
İletkenlik	2500	µS/cm
Yükseltgenme Ürünleri*	Teste Uygunluk	-
Toplam Klor*	0,1	mg/L
Klorür	250	mg/L
Florür	1,5	mg/L
Nitrat	50	mg/L
Sülfat	250	mg/L
Alüminyum	200	µg/L
Amonyum	0,5	mg/L
Kalsiyum*	200	mg/L
Magnezyum*	50	mg/L
Cıva	1,0	µg/L
Potasyum*	12	mg/L
Sodyum	200	mg/L
Çinko*	5000	µg/L
Ağır Metaller*	50	µg/L
Toplam Bakteri*	500	adet/mL
<i>Eschericha Coli</i>	0	adet/mL
Fekal Streptokoklar	0	adet/mL
Bakteriyel Endotoksin*	-	EU/mL

Çizelge üzerinde yıldız ile işaretlenmiş parametrelerin limit değerleri TS 266 standardının 2005 baskısında yer almamaktadır. Bu nedenle kalsiyum, magnezyum, potasyum, çinko, toplam sertlik, ağır metaller ve mikrobiyal kontaminasyon için TS 266 standardının 1997 baskısında yer alan limit değerleri kullanılmıştır. Bakteriyel endotoksin için içme sularında limit değeri bulunmamaktadır. Yükseltgenme ürünleri ve toplam mevcut klor için içme sularında veya literatürde herhangi bir limit değerine rastlanmamıştır. Bu nedenle RO su için kullanılan limit değerleri kullanılmıştır.

2.5 RO Su Kalitesi

Su ihtiyacı insanlar için günde yaklaşık 2 litre ve haftada yaklaşık 14 litredir. Sağlıklı bir insanın bir haftada vücuduna giren su miktarı 14 litreyken hemodiyalizde hastanın vücuduna haftada yaklaşık 300 litre su girmektedir. Bu nedenle RO suyun fiziksel, kimyasal özellikleri ve içerdiği kirleticiler bakımından spesifikasyonları içme sularının değerlerine göre çok farklıdır. Sonuç olarak RO suyun kalitesi de içme sularının kalitesine göre daha farklı değerlendirilmekte ve limit değerleri daha aşağıda tutulmaktadır.

RO suyun kalitesi Avrupa Farmakopesi 1167 numaralı monografda ‘Konsantre Hemodiyaliz Çözeltilerini Seyreltmede Kullanılan Su’ olarak belirlenmiştir. RO suyun fiziksel özellikleri, kimyasal özellikleri ve kirletici limit değerleri Çizelge 2.6’da yer almaktadır.

Çizelge 2.6 üzerinde yıldız ile işaretlenmiş parametrelerin limit değerleri Avrupa Farmakopesi’nde yer almamakla birlikte bu parametrelerin de analizlerinin yapılması su kalitesinin izlenmesi açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle bu parametreler için ters ozmoz su arıtma sistemleri üreticileri tarafından tavsiye edilen limit değerleri kullanılmaktadır.

Çizelge 2.6 RO suyun kalitesi (Avrupa Farmakopesi, 5.0)

Parametreler	Limit Değerleri	Birim
Görünüş*	Berrak, Renksiz, Kokusuz	-
Toplam Sertlik*	0	Fr.S°
pH*	5 < pH < 7	-
İletkenlik*	50	µS/cm
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	-
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	-
Toplam Klor	0,1	mg/L
Klorür	50	mg/L
Florür	0,2	mg/L
Nitrat	2	mg/L
Sülfat	50	mg/L
Alüminyum	10	µg/L
Amonyum	0,2	mg/L
Kalsiyum	2	mg/L
Magnezyum	2	mg/L
Cıva	1	µg/L
Potasyum	2000	µg/L
Sodyum	50	mg/L
Çinko	100	µg/L
Ağır Metaller	0,1	mg/L
Mikrobiyal Kontaminasyon	50	adet/mL
Bakteriyel Endotoksin	0,25	EU/mL

2.6 Kaynak Özetleri

Novitsky *et al.* (1988), endotoksin analizlerinde plastik kaplarla çalışmanın dezavantajları üzerine çalışmışlardır. Alınan numunelerin plastik kaplar içinde taşındığı takdirde endotoksinin yüzeye adsorbe olabileceğini, bu nedenle numune kabı olarak

kullanılmasının sakıncalı olabileceğini göstermişlerdir. Deneysel çalışmalarında borosilikat cam ve polipropilen plastik tüp içerisinde 10 EU/mL, 1,0 EU/mL, 0,5 EU/mL, 0,25 EU/mL ve 0,125 EU/mL konsantrasyonlarında standart hazırlayarak kinetik turbidimetrik metotla tayin yapmışlardır. Her iki tip tüp içerisinde yapılan tayinler sonucunda elde edilen geri kazanımları hesapladıklarında polipropilen kaptaki endotoksinlerin plastiğe adsorpsiyonundan veya plastik tarafından salınan maddelerin inhibisyonundan kaynaklanabilecek endotoksin kayıplarının meydana geldiğini saptamışlardır. Daha sonra polipropilen tüp içerisinde LAL suyunu 24 saat oda sıcaklığında inkübe ederek plastik suyu elde etmişler ve bu suyu borosilikat cam tüp içerisinde 10 EU/mL, 1,0 EU/mL, 0,5 EU/mL, 0,25 EU/mL ve 0,125 EU/mL standart hazırlamada diluent olarak kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlarla geri kazanım hesapladıklarında endotoksin miktarındaki belirgin bir kaybın yine söz konusu olduğunu saptamışlardır.

Çizelge 2.7 Polipropilen malzemede inhibisyon/adsorpsiyon durumları

Tüp Tipi/Diluent	Endotoksin Konsantrasyonu, EU/mL				
	10	1,0	0,5	0,25	1,125
	Endotoksin Geri Kazanımı, %				
Borosilikat/LAL suyu	100	100	100	100	100
Polipropilen/LAL suyu	68	9	0	0	0
Borosilikat/Plastik suyu	91	57	30	26	2

Sonuç olarak plastik kapların endotoksin analizlerinde yüksek konsantrasyonlarda kısmen tolere edilebilecek fakat düşük konsantrasyonlarda çalışıldığında büyük hatalara neden olan inhibisyon veya adsorpsiyondan kaynaklanan endotoksin kayıplarına sebep olduğu sonucuna varmışlardır. Bu nedenle numune taşıma veya depolamada kullanılan kapların, numune ve standart hazırlama esnasında kullanılan tüplerin plastik olmaması gerektiği konusunda sağlam veriler elde etmişlerdir.

Arvanitidou *et al.* (1999), Yunanistan'daki hemodiyaliz merkezlerinin arıtma sistemlerindeki endotoksin ve bakteri konsantrasyonları üzerine yaptığı çalışmalarda diyaliz hastalarının çok büyük hacimlerde suya maruz kaldığına ve dolayısıyla suyun bakteriyolojik kirlenmelerinden büyük ölçüde etkilendiklerine dikkat çekmiştir. Kinetik türbidimetrik metotla yaptığı çalışmalarda endotoksin değerinin 5 EU/mL'den yüksek olduğu sularda toplam bakteri ve fekal streptokok değerlerinin de endotoksin değerinin 5 EU/mL'den düşük olduğu sulara göre çok yüksek olduğu sonuçlarına ulaşmıştır. Sonuç olarak bakteri ve azid konsantrasyonunun endotoksin konsantrasyonu ile orantılı olduğu sonucunu ortaya koymuştur.

Amato *et al.* (2004), hemodiyalizde diyalizatın % 95'ten fazlasının arıtılmış su olduğuna ve ölümlerin büyük ölçüde sulardan kaynaklandığına dikkat çekmiştir. Kontrol altında tutulmazsa diyaliz hastaları açısından tehlikeli olan bakır, kalsiyum, sodyum, çinko, sülfat, magnezyum, nitrat ve ölümcül sonuçlara yol açan endotoksin, bakteri, alüminyum, florür gibi kirleticilerin su arıtma sistemlerinden uzaklaştırılması konusunda çeşitli dezenfeksiyon yöntemlerinden bahsetmiştir. Ağartıcı ve ozonun oluşan biyofilm tabakalarını uzaklaştırmada rutin olarak uygulanan kimyasal dezenfeksiyondan daha etkili olduğunu ileri sürmüştür. Ozonun biyofilm tabakalarını tamamen yok ettiğini ayrıca 20°C'de 25 dakika yarılanma ömrü olması, UV ışınması ile sistemden kolaylıkla uzaklaştırılması gibi avantajları olduğunu söylemiştir. Ozon ve sıcak su ile dezenfeksiyon yöntemlerini de karşılaştırarak sıcak su ile dezenfeksiyonun biyofilm tabakalarını uzaklaştıramayacağını, ayrıca su sistemlerindeki PVC borulara uygulanmasının mümkün olmayacağını bu nedenle kullanışlı bir teknik olmadığını ileri sürmüştür.

Cebeci (2002) yaptığı çalışmada alüminyumun toksik etkileri üzerine araştırma yapmış ve alüminyumun hemodiyaliz yoluyla kronik böbrek yetmezliği olan hastalara verilmesini azaltmaya yönelik olarak aşağıdaki önerileri sıralamıştır:

- Su arıtma sistemlerinde alüminyumun tutulmasını sağlayacak ekipman, filtre vs. kullanılması

- Hemodiyaliz merkezlerinde kullanılan RO seyreltme sularının alüminyum düzeylerinin rutin olarak denetlenmesi
- Konsantre hemodiyaliz çözeltisi üretim merkezlerinde çözeltilerin hazırlanmasında kullanılan hammaddelerin alüminyum içerikleri ile ilgili sınır değerlerinin belirlenmesi ve alüminyum içeriği düşük hammaddelerin kullanılması

Vorbeck-Meister *et al.* (1999), hemodiyalizde kullanılan suyun kalitesini bakteriyolojik ve kimyasal parametreler bakımından değerlendirdiği çalışmada içme sularının kalitesinin bölgesel olarak değişiklik gösterdiğine dikkat çekerek diyalizat hazırlamada yeterli kaliteyi sağlayamayacağına ve bu nedenle iyon değiştirici, RO ve UV içeren arıtma sistemlerinin kullanılması gerektiğini göstermiştir. Bakteriyolojik olarak bakteri ve endotoksin, kimyasal olarak kalsiyum, magnezyum, sülfat, alüminyum ve ağır metaller üzerinde çalışmıştır. Çalışmada 7 klinikte ham su çıkışı, iyon değiştirici çıkışı, RO çıkışı, UV dezenfeksiyon çıkışı, diyaliz makinesi girişi ve diyaliz makinesi çıkışı olmak üzere değişik numune alma noktalarından numune alarak analizlerini yapmış ve sonuçları hem klinikler arası hem de numune alma noktaları arası olarak değerlendirmiştir. Makine girişinde düşük olan bakteri ve endotoksin konsantrasyonlarının makine çıkışında yüksek değerlere ulaştığını saptamıştır. Bakteriyel kirlenmeden meydana gelebilecek riskleri azaltmak için suyun sisteme girişinden yani ham sudan itibaren düşük bakteri ve endotoksin konsantrasyonunda olması, su arıtım sisteminde güvenli bir UV dezenfeksiyon basamağının olması ve diyaliz makinelerinin dezenfeksiyonunun düzenli yapılması gerektiği gibi sonuçlara varmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Numune Alma Teknikleri

Suyun kalitesinin belirlenmesi için yapılan tüm işlemlerin en önemli bölümünü su numunesi alma basamağı oluşturmaktadır. Diyaliz kliniklerinin su arıtma sistemleri çok büyük olduğundan, su numunesinin alındığı noktaya göre tüm sistemi temsil ettiği noktalar seçilmiş ve dışarıdan kaynaklanan herhangi bir bulaşmaya uğramaması sağlanmıştır. Numune hangi noktadan alınırsa alınsın mutlaka etiketleme işlemi gerçekleştirilerek alınan numune hakkında bilgilendirme yapılmıştır. Farklı analiz yöntemleri kullanıldığından dolayı kimyasal ve mikrobiyolojik analizler için ayrı numune alma teknikleri uygulanmıştır.

3.1.1 Kimyasal analizler için numune alma teknikleri

Kimyasal analizler için numune alınacak noktalar kontrolü yapılacak hatta yakın olarak seçilmiştir. Numunenin alınacağı vana veya musluğa bağlı herhangi bir hortum veya uzatma olmamasına, numunenin içeriğini etkileyeceğinden dolayı özellikle dikkat edilmiştir. Numune alınmadan önce musluk sonuna kadar açılarak 5 dakika boyunca hızlı bir şekilde boşa akıtılmış ve böylece musluğun iç kısımlarında oluşabilecek kirleticilerin uzaklaştırılması sağlanmıştır.

Numune kaplarının numune alma öncesi kirlenmelere karşı korunmasına özellikle dikkat edilmiştir. Kimyasal analizler için numuneyi, adsorpsiyon ve buharlaşmadan kaynaklanan kayıplardan ve yabancı maddelerin bulaşmasından koruyan numune kapları seçilmiştir. Ayrıca numune kaplarının temizlenmeye elverişli, hacim ve büyüklük bakımından kullanışlı, sızdırmaz, kırılma ve aşırı soğuk ve sıcaklara dayanıklı olmasına dikkat edilmiştir. Analiz edilecek parametreye göre çeşitli numune kapları bulunduğu için dolayı, kabın yapıldığı malzeme ile numune içindeki elementler arasında oluşabilecek tepkimeleri engelleyebilmek için kimyasal etkisi bulunmayan malzemedir yapılmış numune kapları seçilmiştir. Su numunesindeki kirlenmenin en aza indirilmesi için inorganik madde içermeyen cam kaplar veya organik bileşik ve

metallerin bulunmadığı plastik numune kapları kullanılmıştır. Numune kapları numuneyi almadan önce hazır hale getirilmiş ve gerekli dezenfeksiyon işlemleri yapılmıştır. Numune alındıktan sonra etiketleme işlemi yapılarak numunenin kimyasal analizler için alındığı belirtilmiştir.

3.1.2 Mikrobiyolojik analizler için numune alma teknikleri

Mikrobiyolojik analizler için de numune alınacak noktalar kontrolü yapılacak hatta yakın olarak seçilmiştir. Numunenin alınacağı vana veya musluğa bağlı herhangi bir hortum veya uzatma olmamasına, mikrobiyolojik bulaşma riskine karşı dikkat edilmiştir. Numune alınmadan önce musluk sonuna kadar açılarak 5 dakika boyunca hızlı bir şekilde boşa akıtılarak musluğun iç kısımlarında oluşabilecek kirleticilerin uzaklaştırılması sağlanmıştır. Mikrobiyolojik analizler için numune alım noktasında sıçramalara karşı numunenin kaba direk akması sağlanarak önlem alınmıştır.

Mikrobiyolojik analizler için numune kabının dezenfekte edilmesi ve sterilizasyonu çok önemli olduğundan dolayı sterilizasyon süresince meydana gelen yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklı numune kapları seçilmiştir. Sterilizasyon esnasında veya numune taşıma sırasında mikrobiyolojik yaşamı artırıcı veya azaltıcı etkiler sağlayan maddeler üretmeyen ve sızıntılara karşı dayanıklı olan numune kaplarının seçilmesine özen gösterilmiştir. Mikrobiyolojik analizler için genellikle steril cam kaplar veya plastik şişeler kullanılmıştır. Tek kullanımlık plastik şişeler yerine genellikle tekrar kullanılabilirlik açısından cam kaplar tercih edilmiştir. Mikrobiyolojik analizler için alınan numuneler uygun kaplara yeterli hacimlerde alınarak numuneyi temsil etmesi ve deney tekrarı gibi koşulları yerine getirmesi sağlanmıştır. Mikrobiyolojik bulaşmaları engellemek için numunenin steril kaba direk olarak akması sağlanmış, şişenin ağzına el veya başka bir şey değdirilmeden ve numunenin içine herhangi bir kirleticinin düşmesine izin vermeden şişe hızlı bir şekilde kapatılmıştır. Numune alındıktan sonra etiketleme işlemi yapılarak numunenin mikrobiyolojik analiz için alındığı belirtilmiştir.

3.1.3 Etiketleme

Çalışmalarda laboratuvara çeşitli illerden aynı günde pek çok numune gelmiştir. Her bir ilin diyaliz kliniğinin numuneleri ve her klinikten alınan numunelerin çeşidi farklı olduğundan dolayı su kalitesi ile ilgili analizlerde numunenin alındığı yere ve zamana ait bilgiler çok büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle numune alındıktan sonra, numune alınan noktaya ve numunenin alındığı şartlara ilişkin bilgiler kabın üzerine bir etiket yapıştırılarak buraya not edilmiştir. Her numunenin etiketi üzerinde aşağıdaki bilgiler yer almıştır:

- Numune alınan yerin adı,
- Numune alınan noktanın konumu,
- Numune alma tarihi ve saati,
- Numune alan kişinin adı,
- Numunenin ne tür analiz için alındığı (mikrobiyolojik analiz için veya kimyasal analiz için alındığına dair bilgi).

Numunelerin laboratuvara geliş tarihi ve saatinin bilinmesi numunelerin alındığı zamandan laboratuvara teslimine kadar geçen sürenin bilinmesi bakımından özellikle mikrobiyolojik analizler açısından çok büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle numuneler laboratuvara ulaştıktan sonra laboratuvara geliş tarihine ve saatine, analizlerin başlama saatine ilişkin bilgiler de etiketin üzerine veya başka bir dokümana kaydedilerek numunenin takibi sağlanmıştır.

3.2 Numune Kaplarının Dezenfeksiyonu ve Hazırlanması

Numune kapları numune alma tekniklerinin gerekliliklerine cevap verecek doğrultuda hazırlanmıştır. Kimyasal ve mikrobiyolojik analizler için kullanılan kaplar farklı şekillerde dezenfekte edilmiştir.

3.2.1 Kimyasal analizler için numune kaplarının dezenfeksiyonu ve hazırlanması

Kimyasal analizler için kullanılacak olan cam kaplar ve kapakları önce ters ozmoz su ile daha sonra % 3'lük hipokloritli su ile çalkalanmıştır. Daha sonra cam kaplar ve kapaklar 15 dakika süre ile bu halde bekletilmiş ve ardından ters ozmoz su ile bolca durulanmıştır. Durulanan cam kap ve kapaklar kurutulmuş ve kuruyan malzemelerin ağzı sıkıca kapatılarak numune alınmak üzere hazır hale getirilmiştir.

Kimyasal analizler için kullanılacak olan polietilen kaplar ve kapakları önce % 3'lük nitrik asit içinde 1 saat süre ile bekletilmiş, daha sonra önce ters ozmoz su ile ardından damıtık su ile bolca durulanmış ve kurutulmuştur. Kuruyan malzemelerin kapakları kapatılmış ve numune alınmak üzere hazır hale getirilmiştir.

3.2.2 Mikrobiyolojik analizler için numune kaplarının dezenfeksiyonu ve hazırlanması

Mikrobiyolojik analizler için kullanılacak olan cam kaplar ve kapakları önce ters ozmoz su ile daha sonra % 3'lük hipokloritli su ile çalkalanmıştır. Daha sonra cam kaplar ve kapaklar 15 dakika süre ile bu halde bekletilmiş ve ardından ters ozmoz su ile bolca durulanmıştır. Durulanan cam kap ve kapaklar kurutulmaya bırakılmış ve kuruyan malzemelerin ağzı kapatılarak 7 saat süre ile 140°C'da etüvde bekletilerek steril hale getirilmiştir.

3.3 Numune Taşıma ve Muhafaza Teknikleri

Sular, numune alma ile analiz edilme arasında geçen süre içerisinde numunenin kimyasal ve mikrobiyolojik yapısına, sıcaklığına, ışığa maruz kalma durumuna veya içerisine koyulduğu kabın yapısına bağlı olarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik reaksiyonlar sonucu değişikliğe uğrayabilmektedirler. Bu reaksiyonların yapısı ve hızı, numune alınması, taşınması ve muhafaza edilmesi sırasında tedbir alınmadığı durumlarda deney sonuçlarını etkileyecek büyüklüklerde olabilmekte ve gerçek sonucu yansıtmamaktadır. Aşağıda numunelerin uygun koşullarda muhafaza edilmediği durumlarda olabilecek değişimlere örnekler gösterilmiştir:

- Bakteri gibi bazı organizmalar numunenin yapısını değiştirerek yeni yapılar oluşturabilir veya bazı maddeleri tüketebilmektedirler.
- Organik bileşikler, demir veya sülürler numunenin içerdiği çözünmüş oksijenden dolayı yükseltgenebilmektedirler.
- Kalsiyum karbonat, metaller ve alüminyum hidroksit gibi bazı metal bileşikleri ökebilmekte veya oksijen, siyanür ve cıva gibi bazı maddeler buhar fazına geçerek kaybolabilmektedirler.
- Havadaki karbondioksitin absorpsiyonu ile pH veya iletkenlik değişebilmektedir.
- Çözünmüş veya kolloidal durumdaki metaller numunedeki katı maddeler üzerine veya kabın yüzeyine geriye dönüşsüz olarak adsorplanabilmektedirler.

Türkiye'nin çeşitli illerinden alınan numuneler laboratuvara gelene kadar en az 5 saat geçmiş ve analizlerinin tamamlanması ise en az 3 gün sürmüştür. Yukarıda bahsedilen değişikliklerin kısa süre içerisinde bile numuneyi önemli ölçüde değiştirebilecek kadar hızlı olduğu göz önüne alınarak bu reaksiyonları en aza indirmek ve numuneleri en kısa sürede analiz etmek üzere çeşitli önlemler alınmıştır. Bu önlemler için numunenin kirlenmesine yol açmayacak yöntemler seçilmiştir.

3.3.1 Kimyasal analizler için numune muhafaza ve taşıma teknikleri

Kimyasal analizler için tayini yapılacak parametreye uygun kaplar TS EN ISO 5667-3 'Su Kalitesi - Numune Alma - Bölüm 3: Su Numunelerinin Muhafaza, Taşıma ve Depolanması için Kılavuz' adlı standartta önerilen metodlara göre seçilmiştir. Ayrıca numunelerin klinikten alınıp laboratuvara taşınması sırasında geçen zaman içerisinde fiziksel ve kimyasal özelliklerini kararlı hale getirmek amacıyla koruyucu madde ilave edilmiştir. Koruyucu madde olan reaktiflerin seçiminde yapılacak analizlere herhangi bir girişim yapmaması esas alınmıştır. Ayrıca numunelerin korunması için 1 – 5°C arasında soğutulması sağlanmış ve soğuk zincirde taşınmıştır. Soğutulma işleminin etkili olması için numuneler alındıktan hemen sonra soğutulmuştur. Taşınma esnasında ise numune kaplarının ve buz kasetlerinin de içine girebileceği büyüklükte buz kasaları kullanılmıştır (Şekil 3.1). Numuneler laboratuvara ulaşır ulaşmaz analize alınmış veya hemen analize alınması mümkün olmayan numuneler tekrar buzdolabına

koyularak soğukta bekletilmesi sağlanmıştır. Kimyasal parametrelerin tayini yapılacak numunelerde kap ağzına kadar doldurularak üstte hava boşluğu kalmayacak şekilde kapatılmıştır. Böylece taşıma sırasında çalkalanmanın en aza indirilmesi amaçlanmış ve gaz fazı ile reaksiyona girmemesi sağlanmıştır.



Şekil 3.1 Numune taşınmasında kullanılan buz kasası

Numuneler genellikle mümkün olan en kısa süre içerisinde, özellikle alındıktan sonra en geç 24 saat içerisinde analiz edilmiştir. Fakat analiz hazırlığı, cihaz durumu, laboratuvar koşulları ve benzeri olaylardan dolayı analizi 24 saat içerisinde tamamlanamayan veya analizi uzun süren parametreler için numunelerin taşınmasının yanı sıra muhafazası ve depolanması için de birtakım teknikler kullanılmıştır. Kimyasal analizler için alınan numunelerin muhafazası ve taşınması için uygulanan teknikler Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Kimyasal analizler için alınan su numunelerinin muhafazası ve taşınmasında uygulanan teknikler

Parametreler	Kabın tipi	Muhafaza Tekniği	En Uzun Muhafaza Süresi
Toplam Sertlik	Plastik	Nitrik asit ile pH 1-2 olacak şekilde asitlendirilerek	1 ay
pH	Cam	1 – 5°C’da soğutularak	6 saat
İletkenlik	Cam	1 – 5°C’da soğutularak	24 saat
Yükseltgenme Ürünleri	Cam	1 – 5°C’da soğutularak	24 saat
Toplam Klor	Cam	1 – 5°C’da soğutularak	24 saat
Klorür	Plastik	-	1 ay
Florür	Plastik	-	1 ay
Nitrat	Plastik	1 – 5°C’da soğutularak	24 saat
Sülfat	Cam	1 – 5°C’da soğutularak	1 ay
Alüminyum	Plastik	Nitrik asit ile pH 1-2 olacak şekilde asitlendirilerek	1 ay
Amonyum	Cam	1 – 5°C’da soğutularak	24 saat
Kalsiyum	Plastik	Nitrik asit ile pH 1-2 olacak şekilde asitlendirilerek	1 ay
Magnezyum	Plastik	Nitrik asit ile pH 1-2 olacak şekilde asitlendirilerek	1 ay
Cıva	Cam	Nitrik asit ile pH 1-2 olacak şekilde asitlendirilerek ve $K_2Cr_2O_7$ eklenerek	1 ay
Potasyum	Plastik	Nitrik asit ile pH 1-2 olacak şekilde asitlendirilerek	1 ay
Sodyum	Plastik	Nitrik asit ile pH 1-2 olacak şekilde asitlendirilerek	1 ay

Çizelge 3.1 Kimyasal analizler için alınan su numunelerinin muhafazası ve taşınmasında uygulanan teknikler (devam)

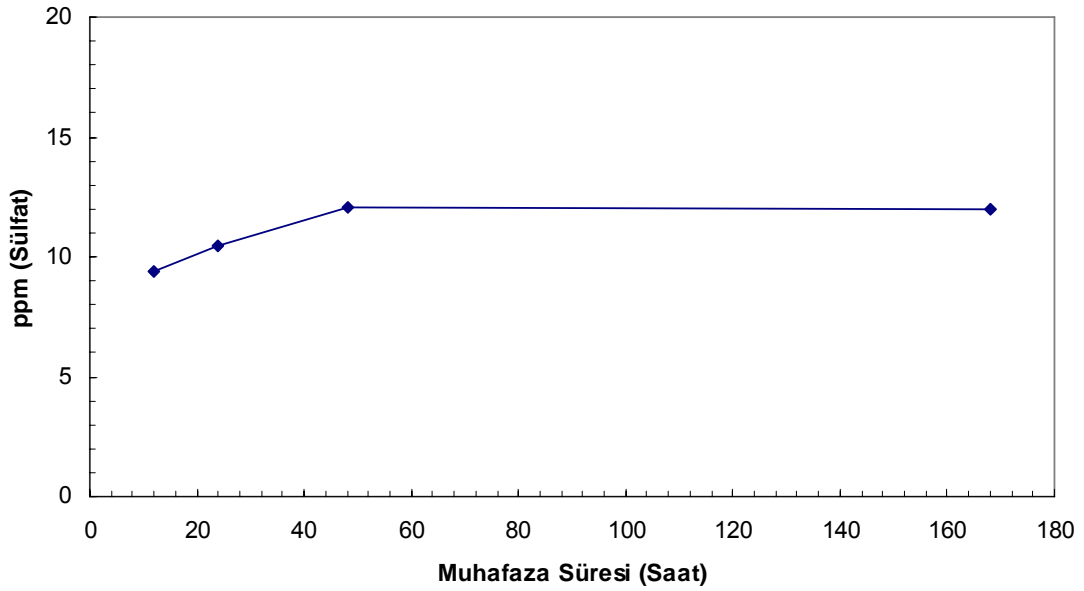
Parametreler	Kabın tipi	Muhafaza Tekniği	En Uzun Muhafaza Süresi
Çinko	Plastik	Nitrik asit ile pH 1-2 olacak şekilde asitlendirilerek	1 ay
Ağır Metaller	Plastik	Nitrik asit ile pH 1-2 olacak şekilde asitlendirilerek	1 ay
Asitlik veya Bazlık	Plastik	1 – 5°C’da soğutulularak	24 saat

Alındıktan sonra analiz edilen numune ile muhafaza edildikten sonra analiz edilen numunelerin sonuçları arasında önemli bir istatistikî fark olup olmadığını anlamak amacıyla ham su üzerinde sülfat tayini için çalışmalar yapılmıştır. Sülfatın polietilen (PE) numune kabında 1 – 5°C’da 1 ay boyunca muhafaza edilebileceği belirtilmiştir. Alınan ham su numunesinde 24 saat geçmeden, plastik numune kabında 1 – 5°C’da bekleyen numunede 24 saat sonunda, plastik numune kabında 1 – 5°C’da bekleyen numunede 48 saat sonunda ve plastik numune kabında 1 – 5°C’da bekleyen numunede 1 hafta sonunda analizler yapılmıştır. Sonuçlar ve standart sapma değerleri Çizelge 3.2’ye aktarılmıştır.

Çizelge 3.2 Muhafaza süresinin numuneye olan etkileri için yapılan çalışma sonuçları

	Sülfat (ppm)
24 saat geçmeden yapılan analiz sonucu	9,376
24 saat sonunda yapılan analiz sonucu	10,435
48 saat sonra yapılan analiz sonucu	12,060
1 hafta sonra yapılan analiz sonucu	11,984
Standart Sapma	1,3

Sülfat tayini için yapılan 4 analiz sonucunda standart sapma hesaplanmış ve 1,3 bulunmuştur. Ayrıca analiz sonuçlarına sıfır hipotezi uygulandığında sonuçlar arasında anlamlı bir fark olmadığı ortaya çıkmıştır. Ham suda limiti 250 ppm olan sülfat için analiz sonuçları 0 – 250 ppm aralığı kullanılarak grafiğe geçirildiğinde grafik üzerinde sonuçlar arasında insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilecek anormal bir farklılık olmadığı gözlenmiştir (Şekil 3.2). Bu nedenle muhafaza ve depolama tekniğinin analiz sonuçlarını olumsuz yönde etkileyecek herhangi bir duruma yol açmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.2 Numune muhafazası için yapılan sülfat analiz sonuçlarının grafiği

3.3.2 Kimyasal analizler için kullanılan kaplar ve reaktifler

Kimyasal analizler için kullanılması önerilen ve Bölüm 3.3.1’de bahsedilen saklama ve muhafaza tekniklerine uygun kaplar aşağıda sıralanmıştır:

- Polietilen (PE) Plastik Numune Kabı: Çok çeşitli ürünlerde kullanılan inert yapıda bir termoplastiktir ve yüksek yoğunluklu bu kap numune taşınması için uygundur. Dış ortam koşulları ve neme karşı iyi direnç, esneklik, zayıf mekaniksel kuvvet ve üstün kimyasal direnç genel özellikleri olarak sayılabilmekte, en büyük avantajı ise

düşük maliyetli olmasıdır. Bu özelliklerinden dolayı plastik ile taşınması ve muhafaza edilmesi önerilen numuneler için bu numune kabı kullanılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Polietilen numune kabı

- Borosilikat Cam (BC) Numune Kabı: Isıl şoklara karşı büyük direnç sağlayan yüksek yumuşama noktası olan camlardır. En önemli özelliklerinden biri ise su ve asitlere karşı çok iyi mukavemet göstermesidir. Dezenfeksiyon sırasında kullanılan kimyasallara ve içinde taşınacak olan numuneye karşı göstereceği direnç sebebiyle bu numune kabı tercih edilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Borosilikat cam numune kabı

Bölüm 3.3.1’de bahsedildiği üzere numunelerin kararlılığını sağlamak üzere numunenin numune kabına alınmasının hemen ardından bazı parametreler için koruyucu reaktif kullanılmıştır. Aşağıda kimyasal analizler için kullanılan katı ve sıvı koruyucu reaktifler sıralanmıştır:

- Potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$): Numunenin kararlılığını sağlamak amacıyla eklenen sabitleyici ve yükseltgen özelliğe sahip katı reaktiftir.
- Nitrik asit (HNO_3): Su analizlerinde katyonlarla çalışılırken laboratuvar koşullarına numune taşınana dek çökmeyi engellemek için kullanılan sıvı koruyucu reaktiftir. Yoğunluğu 1,42 g/mL’dir.

Kullanılan koruyucuların yapılacak analizler ile herhangi bir girişim yapıp yapmadığını anlamak amacıyla ham suda sertlik tayini için analizler yapılmıştır. İçerisine koruyucu reaktif (nitrik asit) eklenen ve eklenmeyen ham suda sertlik analizleri yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 3.3’te gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 Koruyucu reaktifin numuneye olan etkileri için yapılan çalışma sonuçları

	Nitrik asit eklenmeden yapılan analiz sonucu	Nitrik asit eklendikten sonra yapılan analiz sonucu
Toplam Sertlik (Fr.S°)	17,80	19,58

Yapılan analiz sonuçları değerlendirildiğinde nitrik asit eklenen ve eklenmeyen numunenin sertliklerinde büyük bir fark olmadığı gözlenmiştir. Bu nedenden dolayı eklenen koruyucunun numunenin analiz sonuçlarını olumsuz yönde etkileyecek herhangi bir girişim yapmadığı sonucuna varılmıştır.

Koruyucu reaktifler analitik saflıkta olacak şekilde seçilmiş ve raf ömrüne dikkat edilmiştir. Koruyucu reaktifler laboratuvarında numune kabının içerisine direk olarak konulmuş ve kliniklere bu şekilde gönderilmiştir. İçerisine koruyucu reaktif eklenen numune kapları etiketlenmiştir.

3.3.3 Mikrobiyolojik analizler için numune muhafaza ve taşıma teknikleri

Mikrobiyolojik analizler için tayini yapılacak parametreye uygun kaplar, muhafaza ve taşıma teknikleri TS EN ISO 19458 ‘Su Kalitesi-Mikrobiyolojik Analizler için Numune Alma’ adlı standartta önerilen metodlara göre seçilmiştir.

Mikrobiyolojik analizler için alınan numuneler alındığı yerde hemen soğutucuya konulmuştur. Numuneler laboratuvara gelinceye kadar $5\pm 3^{\circ}\text{C}$ ’da soğuk zincirde taşınmıştır. Numunelerin analizi mümkün olan en kısa sürede ve en geç 24 saat içerisinde tamamlanmıştır. En uzun muhafaza süresi içerisinde laboratuvara ulaşmayan numuneler analiz edilmemiş ve yeniden numune alınmıştır. Mikrobiyolojik analizler için alınan numunelere herhangi bir koruyucu eklenmemiştir. Mikrobiyolojik analiz için alınan numuneler başka analizler için kesinlikle kullanılmamış ve kimyasal analiz için gelen numunelerden ayrı yerde muhafaza edilmiştir. Numuneler laboratuvara ulaşır ulaşmaz mikrobiyoloji laboratuvarına alınmış ve numunenin yakınına bulaşmaya sebep olabilecek herhangi bir şey yaklaştırılmamıştır. Mikrobiyolojik analizler kimyasal analizlerden önce tamamlanmıştır. Mikrobiyolojik analizler için alınan numunelerin muhafazası ve taşınması için uygulanan teknikler Çizelge 3.4’te gösterilmiştir.

Çizelge 3.4 Mikrobiyolojik analizler için alınan su numunelerinin muhafazası ve taşınmasında uygulanan teknikler

Parametreler	Kabın tipi	Muhafaza Tekniği	En Uzun Muhafaza Süresi
Toplam Bakteri	Cam	$5\pm 3^{\circ}\text{C}$ ’da soğutularak	24 saat
<i>Eschericha Coli</i>	Cam	$5\pm 3^{\circ}\text{C}$ ’da soğutularak	18 saat
Fekal Streptokoklar	Cam	$5\pm 3^{\circ}\text{C}$ ’da soğutularak	18 saat
Bakteriyel Endotoksin	Cam	$5\pm 3^{\circ}\text{C}$ ’da soğutularak	24 saat

3.3.4 Mikrobiyolojik analizler için kullanılan kaplar ve reaktifler

Mikrobiyolojik analizler için kullanılması önerilen ve Bölüm 3.3.3'te bahsedilen muhafaza ve taşıma tekniklerine uygun olarak kullanılan kapların özellikleri aşağıda açıklanmıştır:

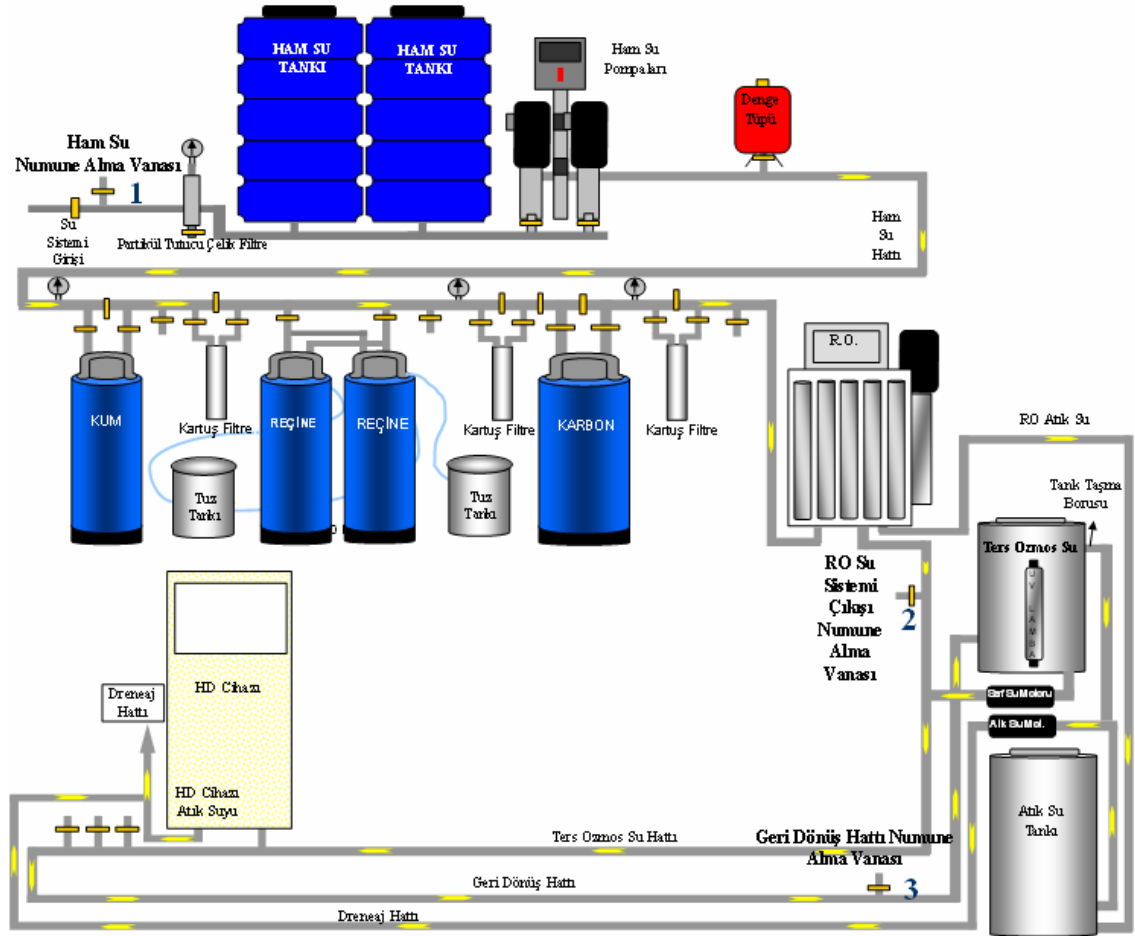
Borosilikat Cam (BC): Bölüm 3.3.2'de anlatıldığı gibi cam numune kabı, ısı şoklarına karşı büyük direnç sağlayan, yüksek yumuşama noktası olan camlardır. Mikrobiyolojik analizler için numune kapları dezenfeksiyon işleminin ardından sterilizasyon işlemi gerektirdiğinden ve sterilizasyon işlemi esnasında numune kaplarının 140°C'a kadar 7 saat etüvde bekletilmesi gerektiğinden dolayı yüksek sıcaklıklara kadar dayanabilme özelliği sebebiyle bu numune kapları tercih edilmiştir. Ayrıca yine, Bölüm 3.3.2'de bahsedildiği üzere dezenfeksiyon sırasında kullanılan kimyasallara ve içinde taşınacak olan numuneye karşı iyi direnç göstermesi de tercih sebeplerinden biri olmuştur. Numune taşıma esnasında herhangi bir dondurma işlemi yapılmadığından dolayı borosilikat cam numune kabı kullanmanın herhangi bir dezavantajı bulunmamaktadır. Ancak yine de donma riskine karşı mikrobiyolojik analizlerde kullanılacak numuneler için kaplar ağzına kadar doldurulmamış, şişenin ağzından iki parmak kadar aşağıda olacak şekilde bir boşluk bırakılmıştır.

Mikrobiyolojik analizler için alınan numunelere, eklenen materyalden herhangi bir mikrobiyolojik bulaşma söz konusu olabileceğinden dolayı koruyucu reaktif eklenmemiştir. Zaten analizler soğuk şartlarda en geç 24 saat içerisinde yapıldığından dolayı herhangi bir koruyucu reaktif eklemesine ihtiyaç duyulmamıştır.

3.4 Hemodiyaliz Klinikleri Su Arıtma Sistemlerinde Numune Alınan Noktalar

Diyaliz kliniklerindeki su sistemlerinin performansını ve tedavi için kullanılan suyun kalitesini gözlemleyebilmek için 3 noktadan numuneler alınmış ve analizleri yapılmıştır. Giren suyun kalitesi çıkan suyun kalitesini etkilediğinden dolayı ham su giriş noktasından numune alınarak analizleri yapılmıştır. Ters ozmoz (RO) su sisteminin performansını ölçmek ve diyaliz için uygun kalitede suyun üretilip üretilmediğini

anlamak için RO su sistemi çıkışından alınan numunede analizler yapılmıştır. Son olarak da tüm sistemi dolaştıktan sonra suda herhangi bir kirlilik olup olmadığını anlamak amacıyla geri dönüş hattından da numuneler alınmış ve analizleri yapılmıştır. Şekil 3.5’te bir diyaliz kliniğinin su sisteminin şeması bulunmaktadır. Resimde numaralanmış numune alma noktaları gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Diyaliz kliniği su sistemi şeması

Şekil 3.5’te verilen numaralar sırasıyla aşağıdaki numune alma noktalarını ifade etmektedir:

1. Ham su giriş noktası
2. RO su sistemi çıkışı
3. Geri dönüş hattı

Her bir noktadan alınan suyun spesifik özelliklerine, parametrelerine ve limitlerine göre analizleri yapılmış ve sonuçlar parametre bazında ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

3.5 Ham Su Analiz Metotları

Ham su giriş noktasından alınan ham su için 23 parametrenin analizi yapılmış ve sonuçlar TS 266 ‘Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular’ standardındaki kriterlere göre değerlendirilmiştir. Her bir parametre için kullanılan kimyasal maddeler ve uygulanan analiz metotları aşağıda ayrıntılarıyla açıklanmıştır:

Kullanılan Kimyasal Maddeler:

- Alizarin-3-metilamin-N,N-diasetik Asit Dihidrat ($C_{19}H_{15}NO_8 \cdot 2H_2O$): Merck, > % 95
- Alüminyum Primer Standardı (Al): Peak Performance, Sertifikalı Referans Materyal, $1000 \pm 3 \mu\text{g/mL}$ % 2 HNO_3 içerisinde
- Amonyak (NH_3): Merck, % 25, analitik saflıkta
- Amonyum Asetat (CH_3COONH_4): Merck, > % 98, analitik saflıkta
- Amonyum Demir(III) Sülfat Dodekahidrat ($(NH_4)Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$): Merck, % 99-102, analitik saflıkta
- Amonyum Klorür (NH_4Cl): Riedel-de Haën, % 95-100,5, saf
- Amonyum Tiyosiyanat (NH_4SCN): Merck, > % 98,5, ekstra saf
- Asetik Asit (CH_3COOH): Merck, % 100, glasiyel
- Aseton (CH_3COCH_3): Merck, > % 99,8, analitik saflıkta
- Baryum Klorür Dihidrat ($BaCl_2 \cdot 2H_2O$): Merck, > % 99, analitik saflıkta
- Cıva (II) İyodür (HgI_2): Merck, analitik saflıkta
- Cıva (II) Klorür ($HgCl_2$): Merck, ekstra saf, kristal
- Cıva Primer Standardı (Hg): Peak Performance, Sertifikalı Referans Materyal, $1000 \pm 3 \mu\text{g/mL}$ % 2 HNO_3 içerisinde
- Çinko Primer Standardı (Zn): Peak Performance, Sertifikalı Referans Materyal, $1000 \pm 3 \mu\text{g/mL}$ % 2 HNO_3 içerisinde
- Dibütilftalat ($C_{16}H_{22}O_4$): Merck, > % 99

- Difenilamin ($C_{12}H_{11}N$): Merck
- Disodyum EDTA ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$): Merck, % 99-101, Titriplex III, analitik saflıkta
- Disodyum Hidrojen Fosfat Dodekahidrat ($Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$): Merck, % 98-101, analitik saflıkta
- Eriyokrom Siyahı T ($C_{20}H_{12}N_3NaO_7S$): Merck, < % 7, metal indikatörü
- Gliserol ($C_3H_8O_3$): Merck, > 99,5, analitik saflıkta
- Gümüş Nitrat ($AgNO_3$): Fluka, > % 99,5
- Hidroklorik Asit (HCl): Merck, % 37, ekstra saf
- Kalkonkarboksilik Asit ($C_{21}H_{14}N_2O_7S \cdot 3H_2O$): Merck, % 6-9, metal indikatörü
- Kurşun Primer Standardı (Pb): Peak Performance, Sertifikalı Referans Materyal, $1000 \pm 3 \mu g/mL$ % 2 HNO_3 içerisinde
- Lantanyum Nitrat ($LaNO_3 \cdot 6H_2O$): Merck, analitik saflıkta
- Magnezyum Klorür Hekzahidrat ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$): Merck, % 99-101, analitik saflıkta
- Nitrik Asit (HNO_3): Merck, % 65, ekstra saf
- N,N-dietil-1,4-fenilendiamonyumsülfat: Merck, analitik saflıkta
- Potasyum Dihidrojen Fosfat: Merck, % 99,5-100,5, analitik saflıkta
- Potasyum İyodat (KIO_3): Merck, analitik saflıkta
- Potasyum İyodür (KI): Merck, % 99-100,5, ekstra saf
- Potasyum Klorür (KCl): Macco, % 99-100,5
- Potasyum Nitrat (KNO_3): Merck, > % 99, analitik saflıkta
- Potasyum Permanganat ($KMnO_4$): Merck, % 99-100, saf kristal
- Potasyum Primer Standardı (K): Peak Performance, Sertifikalı Referans Materyal, $1000 \pm 3 \mu g/mL$ % 1 HNO_3 içerisinde
- Sodyum Asetat (CH_3COONa): Merck, > % 99, analitik saflıkta
- Sodyum Bor Hidrit ($NaBH_4$): Merck, > % 96, sentez için, granüler
- Sodyum EDTA ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$): Merck, % 99-101, Titriplex III, analitik saflıkta
- Sodyum Florür (NaF): Merck, > % 99, analitik saflıkta
- Sodyum Klorür (NaCl): Merck, > % 99,5, analitik saflıkta
- Sodyum Hidroksit (NaOH): Merck, > % 97, saf pelet

- Sodyum Primer Standardı (Na): Peak Performance, Sertifikalı Referans Materyal, $1000 \pm 3 \mu\text{g/mL}$ % 1 HNO_3 içerisinde
- Suprapur Nitrik Asit (HNO_3): Merck, % 65, suprapur
- Süksinik Asit ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4$): Merck, > % 99,5, analitik saflıkta
- Sülfürik Asit (H_2SO_4): Merck, % 95-98, ekstra saf
- Tiyoasetamit: Merck, analitik saflıkta

3.5.1 Görünüş

Numune, numune kabına alınır alınmaz renk ve kokusuna bakılarak duyu testinden geçirilir. Herhangi bir bulanıklık tespit edilirse o numune dökülür ve numune kabı tekrar doldurulur. Numune berrak, renksiz ve kokusuz olmalıdır. Şekil 3.6'da uygun olmayan bir numune (sağda) ve uygun olan berrak ve renksiz bir numune (solda) görülmektedir.



Şekil 3.6 Uygun olan numune (solda), uygun olmayan numune (sağda)

3.5.2 Toplam sertlik

Toplam sertlik deney kitinin (ZAG) numune tüpü, numune ile çalkalanır. Daha sonra numune tüpü 5 mL numune ile doldurularak titrasyon çözeltisi damla damla eklenir ve damla sayısı dikkatlice sayılarak her damladan sonra numune hızla çalkalanır. İlk damlada gözlenen çözeltinin mor rengi dönüm noktasında maviye döner (Şekil 3.7).

Damla sayısı sayılarak elde edilen ‘Alman Sertliği’ aşağıdaki formül kullanılarak ‘Fransız Sertliği’ne çevrilir.

Hesaplama:

1 damla titrasyon çözeltisi = 1 Alman Sertliği = 1,78 Fransız Sertliği



Şekil 3.7 Numune (solda), ilk damla titrasyon çözeltisi ilavesinden sonra (ortada), dönüm noktasında (sağda)

3.5.3 pH

Temiz bir beher alınarak içi numune ile çalkalanır ve daha sonra 20°C’deki 250 mL numune ile doldurulur. Geniş okuma aralığına sahip bir pH metrenin (Sentron) elektrodu saf su ile yıkanıp kurulanır ve numunenin içine daldırılarak önce elektrot ile karıştırılır. Elektrot yüzeyindeki havayı uzaklaştırmak için aşağı-yukarı yavaş yavaş hareket ettirilir. Daha sonra göstergedeki pH değeri sabitlenene kadar beklenir.

3.5.4 İletkenlik

pH ölçmek için kullanılan numunenin içine geniş okuma aralığı olan iletkenlik ölçerin (Aqualytic CD 22) elektrodu daldırılır. Elektrot yüzeyindeki havayı uzaklaştırmak için aşağı-yukarı yavaş yavaş hareket ettirilir. Elektrot numuneye daldırılmadan önce saf su ile yıkanıp kurulanır. Sıcaklıktaki en küçük değışiklikler bile iletkenlik değerini değıştireceğinden dolayı numunenin sıcaklığının sabit kalmasına dikkat edilmelidir.

3.5.5 Yükseltgenme ürünleri

100 mL numuneye 10 mL 1 M sülfürik asit ve 0,1 mL 0,02 M potasyum permanganat çözeltisi ilave edilir. Bu ilaveler sonunda çözelti pembe bir renk alır. Çözelti 5 dakika kaynatılır ve bu süre sonunda çözeltinin rengi soluk pembe olarak kalır.

Kullanılan Çözeltiler:

- 1 M Sülfürik Asit: 54 mL sülfürik asit damıtık su ile 1000 mL'ye tamamlanır.
- 0,02 M Potasyum Permanganat: 3,16 g potasyum permanganat damıtık su ile 1000 mL'ye tamamlanır.

3.5.6 Toplam klor

Deney Çözeltisi: 5 mL pH 6,5 tampon çözeltisi ve 5 mL dietilfenilendiamin sülfat çözeltisi bir erleninde karıştırılır ve 1 g potasyum iyodür tartılarak bu çözeltiye eklenir. 100 mL numune konarak test çözeltisi hazırlanır.

Standart Çözelti (0,1 ppm): 5 mL pH 6,5 tampon çözeltisi ve 5 mL dietilfenilendiamin sülfat çözeltisi bir erleninde karıştırılır. Numune yerine bu çözeltiye 100 mL standart eklenir. Standart hazırlamak için 1 mL 10 mg/L potasyum iyodata 1 g potasyum iyodür ve 1 mL 1 M sülfürik asit eklenerek bir dakika bekletilir. 1 mL 2 M sodyum hidroksit çözeltisi eklenerek damıtık su ile 100 mL'ye tamamlanır.

Deney çözeltisindeki renk standart çözeltisinin renginden daha koyu olmamalıdır. Deney çözeltisinin rengi standart çözeltisinden daha koyu ise potasyum iyodat hacmi iki katına çıkarılarak 0,2 ppm standart çözeltisi elde edilerek tekrar karşılaştırma yapılır. Aynı yolla 0,3 ppm, 0,4 ppm vb. olacak şekilde deney çözeltisi standart çözeltisinden daha açık renkte olana kadar standart çözelti baştan hazırlanarak test tekrarlanır.

Kullanılan Çözeltiler:

- 1 M Sodyum Hidroksit: 4 g sodyum hidroksit 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.

- 0,1 M EDTA: 37,22 g disodyum EDTA 500 mL suda çözülür. 100 mL 1 M sodyum hidroksit ilave edilip 1000 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- 0,02 M EDTA: 20 mL 0,1 M EDTA 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- pH 6,5 Tampon Çözeltisi: 60,5 g disodyum hidrojen fosfat dodekahidrat ve 46,0 g potasyum dihidrojen fosfat damıtık su ile çözülerek 100 mL 0,02 M EDTA ve 20 mg cıva(II) klorür ilave edilir. 1000 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- Diethylfenilendiamin Sülfat: 250 mL suya 2 mL sülfürik asit ve 25 mL 0,02 M EDTA ilave edilir ve bu karışım içerisinde 1,1 g N,N dietil-1,4-fenilendiamonyumsülfat çözülerek 1000 mL'ye damıtık su ile tamamlanır. Bu çözelti ışıktan ve sıcaktan korunmalıdır.
- 10 mg/L Potasyum İyodat: 10 mg potasyum iyodat 1000 mL damıtık su içerisinde çözülür.
- 1 M Sülfürik Asit: 53,3 mL sülfürik asit 1000 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- 2 M Sodyum Hidroksit: 8 g sodyum hidroksit 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.

3.5.7 Klorür

50 mL ham su damıtık su ile 100 mL'ye seyreltilir. 5 mL 2 M nitrik asit, 10 mL 0,1 M gümüş nitrat ve 2 mL dibütilftalat eklenir. İndikatör olarak 2 mL amonyum demir(III) sülfat çözeltisi kullanılır. 0,1 M amonyum tiyosiyanat ile fazla gümüş nitrat titre edilir. Dönüm noktasına yaklaştıkça kuvvetlice çalkalanır. Numune eklendikten sonra gözlenen beyaz renk dönüm noktasında turuncuya dönüşür (Şekil 3.8).

Hesaplama:

1 mL 0,1 M gümüş nitrat 3,545 mg klorüre eşdeğerdir.

$$\frac{(10 \text{ mL AgNO}_3 - x \text{ mL titrant})}{50 \text{ mL numune}} \times \frac{3,545 \text{ mg}}{\text{mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = \text{ppm klorür}$$



Şekil 3.8 Numune konulduğu anda (soldaki şekil) ve dönüm noktasında (sağdaki şekil) çözelti renkleri

Kullanılan Çözeltiler:

- 2 M Nitrik Asit: 63 mL nitrik asit 1000 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- 0,1 M Gümüş Nitrat: 16,99 g gümüş nitrat 1000 mL damıtık su içinde çözülür.
- 0,1 M Amonyum Tiyosiyanat: 7,612 g amonyum tiyosiyanat 1000 mL damıtık su içerisinde çözülür.
- Amonyum Demir(III) Sülfat Çözeltisi: 10 g amonyum demir(III) sülfat dodekahidrat 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.

3.5.8 Florür

Deney Çözeltisi: 50 mL numuneye 10 mL pH 4,6 süksinat tampon çözeltisi, 10 mL aminometil alizarin diasetik asit çözeltisi, 5 mL 0,4 g/L lantanyum nitrat ve 20 mL aseton eklenir ve 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.

Standart Çözeltisi (1,5 ppm): 7,5 mL 10 ppm florür standart çözeltisine 42,5 mL damıtık su eklenir. Hazırlanan bu çözeltiliye 10 mL pH 4,6 süksinat tampon çözeltisi, 10 mL aminometil alizarin diasetik asit çözeltisi, 5 mL 0,4 g/L lantanyum nitrat ve 20 mL aseton eklenir ve 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır. 1 saat karanlıkta bekletilir. Süre sonunda deney çözeltisindeki renk standart çözeltisinin renginden daha koyu olmamalıdır.

Kullanılan Çözeltiler:

- 1 M Sodyum Hidroksit: 4 g sodyum hidroksit 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- 0,5 M Hidroklorik Asit: 4,04 mL hidroklorik asit damıtık su ile 100 mL'ye tamamlanır.
- pH 4,6 Süksinat Tampon Çözeltisi: 11,8 g süksinik asit 600 mL damıtık su içerisinde çözülerek 82 mL 1 M sodyum hidroksit ilave edilir ve damıtık su ile 1 L'ye tamamlanır.
- Aminometil Alizarin Diasetik Asit Çözeltisi: 0,192 g alizarin-3-metilamin-N,N-diasetik asit dihidrata 6 mL 1 M sodyum hidroksit, 750 mL damıtık su, 25 mL pH 4,6 süksinat tampon çözeltisi, damla damla 0,5 M hidroklorik asit (renk kırmızıdan sarıya dönene kadar), 100 mL aseton eklenir ve 1 L'ye damıtık su ile tamamlanır.
- 0,4 g/L Lantanyum Nitrat: 0,4 g lantanyum nitrat 1000 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- 10 ppm Florür Standart Çözeltisi: 0,0442 g sodyum florür 2000 mL damıtık su içerisinde çözülür.

3.5.9 Nitrat

Deney Çözeltisi: 0,1 mL numune 5 mL'ye damıtık su ile tamamlanır. Bu çözelti buzlu su içerisine yerleştirilmiş tüpe aktarılır. Bunun üzerine 0,4 mL 100 g/L potasyum klorür çözeltisi, 0,1 mL difenilamin çözeltisi ilave edilir ve çalkalayarak damla damla sülfürik asit katılır. Bu tüp 50 °C'luk su banyosunun içerisine yerleştirilerek 15 dakika beklenir.

Standart Nitrat Çözeltisi (1 ppm): 0,1 mL 50 ppm nitrat standart çözeltisine 4,9 mL damıtık su eklenir. Bu çözelti buzlu su içerisine yerleştirilmiş tüpe aktarılır. Üzerine 0,4 mL 100 g/L potasyum klorür çözeltisi, 0,1 mL difenilamin çözeltisi ilave edilir ve çalkalayarak damla damla sülfürik asit katılır. Bu tüp 50 °C'luk su banyosunun içerisine yerleştirilerek 15 dakika beklenir. Deney çözeltisinde gözlenen mavi renk standart çözeltinin renginden daha koyu olmamalıdır.

Kullanılan Çözeltiler:

- 100 g/L Potasyum Klorür Çözeltisi: 100 g potasyum klorür 1000 mL damıtık su içinde çözülür.
- Difenilamin Çözeltisi: 0,1 g difenilamin sülfürik asit ile 100 mL'ye tamamlanır. Çözelti ışıktan saklanmalıdır.
- 50 ppm Nitrat Standart Çözeltisi: 0,0163 g potasyum nitrat 200 mL damıtık su içerisinde çözülür.

3.5.10 Sülfat

15 mL numune deney tüpüne alınarak üzerine 3 mL tampon A çözeltisi eklenir ve karıştırılır. Bir spatül ucu baryum klorür dihidrat eklenerek tekrar karıştırılır ve 5 dakika beklenir. UV Spektrofotometre dalga boyu 420 nm'ye ayarlanır ve 5 mm'lik küvetlere damıtık su doldurularak sıfır ayarı yapılır. Numune küvetinin içerisindeki su boşaltılarak hazırlanan numunedan 1 – 2 mL konularak çalkalanır ve dökülerek numune ile doldurulur. Cihazın 'Start' tuşuna basılarak birinci ölçüm alınır. Bu işlem üç ayrı numune ile tekrarlanır ve cihaz ortalama değeri otomatik olarak verir (Şekil 3.9).

08/04/14 14:17:57

Quantitation 420,0nm 0,097A

Smpl No.	A B S	Conc.(ppm)
1 - 1	0,095	2,3500
1 - 2	0,096	2,3560
1 - 3	0,096	2,3620
1 - m	0,096	2,3560
2 - 1		

Smpl No. DataFile DataDisp Equation

Şekil 3.9 UV Spektrofotometrede sülfat analizi ham verisi

Kullanılan Çözeltiler:

- Tampon A Çözeltisi: 30 g magnezyum klorür heksahidrat, 5 g sodyum asetat, 1 g potasyum nitrat 20 mL asetik asit içinde çözülür, 1000 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.

3.5.11 Alüminyum

Önce Analytic Jena AAS 5 EA atomik absorpsiyon spektrofotometresi sonra bilgisayar açılır. Alüminyum lambasının takılı ve tarette doğru yerde olup olmadığı kontrol edilir. Daha sonra lambanın enerjisi kontrol edilir. Grafit tüp fırına yerleştirilir ve faktörü kontrol edilir. Atomizasyon sıcaklığı 2400 °C, süresi 3,6 saniye olarak fırın programı yüklenir ve dalga boyu 309,3 nm olarak seçilir. Boş çözelti ve 20 ppb alüminyum standart çözeltisi hazırlanır ve hazırlanan bu iki çözelti oto örnekleyiciye yerleştirilir. Cihaz 20 ppb alüminyum standart çözeltisi ve boş çözeltiyi kullanarak 3 ppb, 5 ppb ve 10 ppb standardı otomatik olarak elde ederek 0-20 ppb arasında bir kalibrasyon doğrusu oluşturur. Kalibrasyon doğrusu oluşturulduktan hemen sonra 50 mL numunenin içerisine 50 µL suprapur nitrik asit eklenerek hazırlanan numune okutulur. Numunenin derişimi en yüksek standart olan 20 ppb'den yüksekse, numune elde edilen cevaba göre 2 veya 3 kat seyreltilerek tekrar okutulur.

Kullanılan Çözeltiler:

- Boş Çözelti: 100 mL ultra saf su içerisine 100 µL suprapur nitrik asit eklenir.
- 20 ppb Alüminyum Standart Çözeltisi: 0,1 mL alüminyum primer standardından alınarak 100 mL'ye tamamlanır. Hazırlanan bu çözeltiden 1 mL alınarak boş çözelti ile 50 mL'ye tamamlanır.

3.5.12 Amonyum

20 mL numuneye 1 mL alkali potasyum iyodo merkürat çözeltisi ilave edilir. 5 dakika sonra deney tüpüne dikey olarak bakıldığında çözeltinin rengi, 1 mL alkali potasyum iyodo merkürat, 10 mL 1 ppm amonyum standart çözeltisi ve 10 mL damıtık suyun karıştırılması ile elde edilen çözeltinin renginden daha koyu olmamalıdır.

Kullanılan Çözeltiler:

- Alkali Potasyum İyodo Merkürat Çözeltisi: 11 g potasyum iyodür 50 mL suda çözülür. Üzerine 15 g cıva (II) iyodür ilave edilip 100 mL'ye tamamlanır. Diğer taraftan 25 g sodyum hidroksit 100 mL damıtık su içerisinde çözülür. Her iki çözelti karıştırılarak alkali potasyum iyodo merkürat çözeltisi elde edilmiş olur.
- 1 ppm Amonyum Standart Çözeltisi: 0,0741 g amonyum klorür damıtık su ile 100 mL'ye tamamlanır. Bu çözeltden 0,4 mL alınarak 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.

3.5.13 Kalsiyum

100 mL numune 500 mL erlen içine alınır ve 300 mL'ye damıtık su ile seyreltilir. 6 mL 10 M sodyum hidroksit ve 15 mg kalkonkarboksilik asit karışımı eklenir ve çalkalanır. 0,1 M EDTA ile titre edilir. Dönüm noktasında renk mordan maviye dönüşür.

Hesaplama:

1 mL 0,1 M EDTA 4,008 mg kalsiyuma (Ca) eşdeğerdir.

$$\frac{x \text{ mL EDTA}}{100 \text{ mL numune}} \times \frac{4,008 \text{ mg Ca}}{1 \text{ mL EDTA}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = \text{ppm kalsiyum}$$

Kullanılan Çözeltiler:

- 10 M Sodyum Hidroksit: 40 g sodyum hidroksit 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- Kalkonkarboksilik Asit Karışımı: 1 g kalkonkarboksilik asit 99 g sodyum klorür ile karıştırılır.
- 1 M Sodyum Hidroksit: 4 g sodyum hidroksit 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- 0,1 M EDTA: 37,22 g EDTA 500 mL damıtık suda çözülür. Üzerine 100 mL 1 M sodyum hidroksit ilave edilip 1000 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.

3.5.14 Magnezyum

50 mL numuneye 10 mL pH 10 tampon çözeltisi ve 50 mg mordant 11 siyahı karışımı ilave edilir. 40 °C'da 0,1 M EDTA ile titre edilir.

Hesaplama:

1 mL 0,1 M EDTA 2,431 mg magnezyuma (Mg) eşdeğerdir.

$$\frac{x \text{ mL EDTA}}{50 \text{ mL numune}} \times \frac{2,431 \text{ mg Mg}}{1 \text{ mL EDTA}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = \text{ppm magnezyum}$$

Kullanılan Çözeltiler:

- 10 M Amonyak: 56,82 mL amonyak 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- pH 10 Tampon Çözeltisi: 5,4 g amonyum klorür 20 mL damıtık su içinde çözülür. 35 mL 10 M amonyak ilave edilip 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- Mordant 11 Siyahı Karışımı: 1 g eriyokrom siyahı T, 99 g sodyum klorür ile karıştırılır.
- 1 M Sodyum Hidroksit: 4 g sodyum hidroksit 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- 0,1 M EDTA: 37,22 g EDTA 500 mL damıtık suda çözülür. Üzerine 100 mL 1 M sodyum hidroksit ilave edilip 1000 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.

3.5.15 Cıva

Önce AAS 5 EA atomik absorpsiyon spektrofotometresi, sonra HS 5 hidrür sistem ve son olarak bilgisayar açılır. Cıva lambasının takılı ve tarette doğru yerde olup olmadığı kontrol edilir. Daha sonra lambanın enerjisi kontrol edilir. İridyum kaplı grafit tüp fırına yerleştirilir ve faktörü kontrol edilir. Atomizasyon sıcaklığı 800 °C, süresi 4,7 saniye olarak fırın programı yüklenir ve dalga boyu 253,6 nm olarak seçilir. Redükleyici hacmi 7 mL olarak seçilir ve bir miktar redükleyici boşa akıtılarak hatların redükleyici ile dolması sağlanır. Boş çözelti, 0,5 ppb, 1 ppb ve 2 ppb cıva standart çözeltileri hazırlanır ve sırasıyla okutularak kalibrasyon doğrusu oluşturulur. Kalibrasyon doğrusu oluşturulduktan hemen sonra 76,4 mL numunenin içerisine 3,6 mL nitrik asit ve bir

spatül ucu kadar potasyum dikromat eklenerek hazırlanan numune okutulur. Cihazda okunan numune derişimi en yüksek standart olan 2 ppb'den yüksekse numune elde edilen cevaba göre 2 veya 3 kat seyreltilerek tekrar okutulur.

Kullanılan Çözeltiler:

- Redükleyici: 3 g sodyum bor hidrit 100 mL su içerisinde çözülür. Diğer yandan 1 g sodyum hidroksit 100 mL su içerisinde çözülür. İki çözelti dikkatlice karıştırılır.
- Boş Çözelti: 76,5 mL ultra saf su içerisine 3,6 mL nitrik asit ve bir spatül ucu kadar potasyum dikromat eklenir.
- 1 ppm Cıva Standart Çözeltisi: 0,1 mL cıva primer standardından alınarak boş çözelti ile 100 mL'ye tamamlanır.
- 0,5 ppb Cıva Standart Çözeltisi: 50 µL 1 ppm cıva standart çözeltisinden alınarak boş çözelti ile 100 mL'ye tamamlanır.
- 1 ppb Cıva Standart Çözeltisi: 100 µL 1 ppm cıva standart çözeltisinden alınarak boş çözelti ile 100 mL'ye tamamlanır.
- 2 ppb Cıva Standart Çözeltisi: 200 µL 1 ppm cıva standart çözeltisinden alınarak boş çözelti ile 100 mL'ye tamamlanır.

3.5.16 Potasyum

Önce atomik absorpsiyon spektrometresi sonra bilgisayar açılır ve potasyum lambasının takılı ve tarette doğru yerde olup olmadığı kontrol edilir. Daha sonra lambanın enerjisi kontrol edilir. Grafit tüp fırına yerleştirilir ve faktörü kontrol edilir. Atomizasyon sıcaklığı 1450 °C, süresi 4,3 saniye olarak fırın programı yüklenir ve dalga boyu 404,4 nm olarak seçilir. Boş çözelti ve 4000 ppb potasyum standart çözeltisi hazırlanır ve hazırlanan bu iki çözelti oto örnekleleyiciye yerleştirilir. Cihaz 4000 ppb potasyum standart çözeltisi ve boş çözeltiyi kullanarak 100 ppb, 500 ppb, 1000 ppb ve 2000 ppb standardı otomatik olarak elde ederek 0 – 4000 ppb arasında bir kalibrasyon doğrusu oluşturur. Kalibrasyon doğrusu oluşturulduktan hemen sonra 50 mL numunenin içerisine 50 µL suprapur nitrik asit eklenerek hazırlanan numune okutulur. Numunenin derişimi en yüksek standart olan 4000 ppb'den yüksekse numune elde edilen cevaba göre 2 veya 3 kat seyreltilerek tekrar okutulur.

Kullanılan Çözeltiler:

- Boş Çözelti: 100 mL ultra saf su içerisine 100 µL suprapur nitrik asit eklenir.
- 4000 ppb Potasyum Standart Çözeltisi: 0,2 mL potasyum primer standardından alınarak boş çözelti ile 50 mL'ye tamamlanır.

3.5.17 Sodyum

Alkali analizör cihazı açılarak alev ayarı yapılır. Alev düzenli mavi bir çıkış sağlamalıdır. Daha sonra sodyum (Na) filtresi seçilir ve boş çözelti ile 'blank' ayarı yapılır. Ekranda '0' değeri görülene kadar damıtık su cihaza emdirilir ve değer sabitlenince, 10 ppm sodyum standart çözeltisi cihaza emdirilmeye başlanır. Böylece 'slope' ayarı yapmaya başlanmış olur. Ekranda '10' değeri sabitlenene kadar standart çözelti cihaza emdirilir. 0 – 10 ayarı yapılan cihaza numune okutulur. Numune çözeltisi 50 mL numuneye 50 µL suprapur nitrik asit eklenerek hazırlanır. Ekranda okunan değer 10'dan fazla ise, numune 2 veya 3 kat seyreltilerek aralığa girmesi sağlanır ve bu şekilde okumalar yapılır.

Kullanılan Çözeltiler:

- 10 ppm Sodyum Standart Çözeltisi: 1 mL sodyum primer standardından alınarak damıtık su ile 100 mL'ye tamamlanır.

3.5.18 Çinko

Önce atomik absorpsiyon spektrometresi sonra bilgisayar açılır ve çinko lambasının takılı ve tarette doğru yerde olup olmadığı kontrol edilir. Daha sonra lambanın enerjisi kontrol edilir. Grafit tüp fırına yerleştirilir ve faktörü kontrol edilir. Atomizasyon sıcaklığı 1100 °C, süresi 2,3 saniye olarak fırın programı yüklenir ve dalga boyu 213,9 nm olarak seçilir. Boş çözelti ve 200 ppb çinko standart çözeltisi hazırlanır ve hazırlanan bu iki çözelti oto örnekleyiciye yerleştirilir. Cihaz 200 ppb çinko standart çözeltisi ve boş çözeltiyi kullanarak 20 ppb, 50 ppb, 100 ppb ve 150 ppb standardı otomatik olarak elde ederek 0 – 150 ppb arasında bir kalibrasyon doğrusu oluşturur. Kalibrasyon doğrusu oluşturulduktan hemen sonra 50 mL numunenin içerisine 50 µL

suprapur nitrik asit eklenerek hazırlanan numune okutulur. Numunenin derişimi en yüksek standart olan 200 ppb'den yüksekse, numune elde edilen cevaba göre 2 veya 3 kat seyreltilerek tekrar okutulur.

Kullanılan Çözeltiler:

- Boş Çözelti: 100 mL ultra saf su içerisine 100 µL suprapur nitrik asit eklenir.
- 200 ppb Çinko Standart Çözeltisi: 0,1 mL çinko primer standardından alınarak 100 mL'ye tamamlanır. Hazırlanan bu çözeltiden 20 mL alınarak boş çözelti ile 100 mL'ye tamamlanır.

3.5.19 Ağır metaller

Deney Çözeltisi: 160 mL numune 16 mL kalana dek ısıtılır. Bundan 12 mL alınarak 2 mL pH 3,5 tampon çözeltisi ilave edilir. Bu karışım 1,2 mL tiyoasetamit reaktifine ilave edilir ve hemen karıştırılır.

Referans Çözeltisi: 10 mL 0,5 ppm kurşun standart çözeltisine 2 mL hazırlanan numuneden ve 2 mL pH 3,5 tampon çözeltisi ilave edilir. Bu karışım 1,2 mL tiyoasetamit reaktifine ilave edilir ve hemen karıştırılır.

Kontrol Çözeltisi: 2 mL hazırlanan numuneye 10 mL damıtık su ve 2 mL pH 3,5 tampon çözeltisi ilave edilir. Bu karışım 1,2 mL tiyoasetamit reaktifine ilave edilir ve hemen karıştırılır.

2 dakika sonra referans çözelti kontrol çözeltisine göre daha kahverengi olmalıdır. Deney çözeltisinde gözlenen renk değişimi referans çözeltiden fazla olmamalıdır.

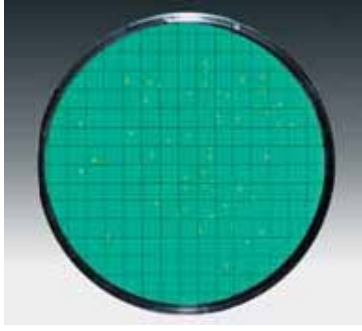
Kullanılan Çözeltiler:

- 7 M Hidroklorik Asit: 56,59 mL hidroklorik asit damıtık su ile 100 mL'ye tamamlanır.
- 2 M Hidroklorik Asit: 16,17 mL hidroklorik asit damıtık su ile 100 mL'ye tamamlanır.

- 6 M Amonyak: 34,1 mL amonyak 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- 1 M Sodyum Hidroksit: 4 g sodyum hidroksit 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- pH 3,5 Tampon Çözeltisi: 25 g amonyum asetat 25 mL damıtık su ve 38 mL 7 M hidroklorik asit içinde çözülür. 2 M hidroklorik asit veya 6 M amonyak ile pH 3,5'a ayarlanır ve damıtık su ile 100 mL'ye tamamlanır.
- Tiyoasetamit Reaktifi: 15 mL 1 M sodyum hidroksit 5 mL damıtık su ve 20 mL gliserol içerisinde çözülür. Bu çözeltilerden 5 mL alınarak, 100 mL damıtık su içerisinde 4 g tiyoasetamit çözülmesiyle elde edilen karışımdan alınan 1 mL çözeltiliye eklenir. 20 dakika su banyosunda ısıtılır ve soğuduktan sonra kullanılır.
- 0,5 ppm Kurşun Standart Çözeltisi: 0,05 mL kurşun primer standardından alınarak 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.

3.5.20 Toplam bakteri

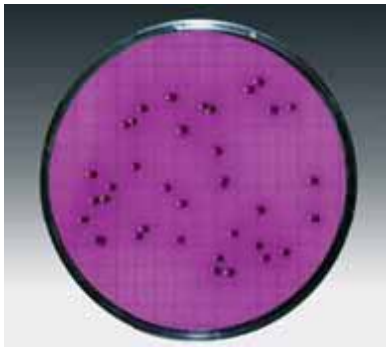
Çalışılacak zemin etanol ile temizlenir. Aynı şekilde süzme kabı ve çelik tutucu, huni kısmı, kapak da dahil olmak üzere tüm parçaları da etanol ile temizlenerek aleve tutulur ve parçalar tekrar birleştirilir. Diğer taraftan Sartorius R2A NPS besiyeri ambalajından çıkarılarak şırınga ucuna takılmış 0,2 µm filtreden süzülen 3,4 mL damıtık su ile ıslatılır ve kapak kapatılarak filtre atılır. Filtre kağıdı steril ambalajından çıkarılır ve filtre koruyucu tabakasından ayrılarak süzme kabındaki çelik filtrenin üzerine konulur. Huni yerleştirilerek çelik tutucu ile kapatılır. 50 mL numune dikkatlice huniye doldurulur ve kapak kapatılır. Vakum pompası açılır ve süzme işlemi bitene kadar açık tutulur. Süzme işlemi tamamlanınca vakum pompası kapatılarak çelik tutucu açılır. Filtre aleve tutulmuş pens yardımıyla alınarak besiyerinin içine yerleştirilir. Besiyeri 35 °C'a ayarlanmış inkübatöre yerleştirilerek 48-72 saat inkübasyona bırakılır. Süre sonunda filtre üzerindeki organizmalar sayılır. Bakteri kolonileri filtre kağıdı üzerinde Şekil 3.10'dakine benzer şekilde görülmektedir.



Şekil 3.10 Besiyeri içerisinde bakteri kolonileri

3.5.21 *Escherichia coli*

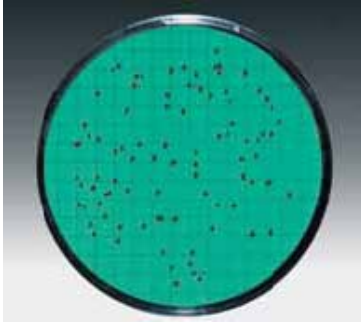
Çalışılacak zemin etanol ile temizlenir. Aynı şekilde süzme kabı ve çelik tutucu, huni kısmı, kapak da dahil olmak üzere tüm parçaları da etanol ile temizlenerek aleve tutulur ve parçalar tekrar birleştirilir. Diğer taraftan Sartorius Endo NPS besiyeri ambalajından çıkarılarak şırınga ucuna takılmış 0,2 µm filtreden süzülen 3,4 mL damıtık su ile ıslatılır ve kapak kapatılarak filtre atılır. Filtre kağıdı steril ambalajından çıkarılır ve filtre koruyucu tabakasından ayrılarak süzme kabındaki çelik filtrenin üzerine konulur. Huni yerleştirilerek çelik tutucu ile kapatılır. 100 mL numune dikkatlice huniye doldurulur ve kapak kapatılır. Vakum pompası açılır ve süzme işlemi bitene kadar açık tutulur. Süzme işlemi tamamlanınca vakum pompası kapatılarak çelik tutucu açılır. Filtre aleve tutulmuş pens yardımıyla alınarak besiyerinin içine yerleştirilir. Besiyeri 36 °C'a ayarlanmış inkübatöre yerleştirilerek 24 saat inkübasyona bırakılır. Süre sonunda filtre üzerindeki organizmalar sayılır. *Escherichia coli* kolonileri filtre kâğıdı üzerinde Şekil 3.11'dekine benzer şekilde görülmektedir.



Şekil 3.11 Besiyeri içerisinde *escherichia coli* kolonileri

3.5.22 Fekal streptokoklar

Çalışılacak zemin etanol ile temizlenir. Aynı şekilde süzme kabı ve çelik tutucu, huni kısmı, kapak da dahil olmak üzere tüm parçaları da etanol ile temizlenerek aleve tutulur ve parçalar tekrar birleştirilir. Diğer taraftan Sartorius Azid NPS besiyeri ambalajından çıkarılarak şırınga ucuna takılmış 0,2 µm filtreden süzülen 3,4 mL damıtık su ile ıslatılır ve kapak kapatılarak filtre atılır. Filtre kağıdı steril ambalajından çıkarılır ve filtre koruyucu tabakasından ayrılarak süzme kabındaki çelik filtrenin üzerine konulur. Huni yerleştirilerek çelik tutucu ile kapatılır. 100 mL numune dikkatlice huniye doldurulur ve kapak kapatılır. Vakum pompası açılır ve süzme işlemi bitene kadar açık tutulur. Süzme işlemi tamamlanınca vakum pompası kapatılarak çelik tutucu açılır. Filtre aleve tutulmuş pens yardımıyla alınarak besiyerinin içine yerleştirilir. Besiyeri 36 °C'a ayarlanmış inkübatöre yerleştirilerek 44 saat inkübasyona bırakılır. Süre sonunda filtre üzerindeki organizmalar sayılır. Fekal streptokok kolonileri filtre kâğıdı üzerinde Şekil 3.12'dekine benzer şekilde görülmektedir.



Şekil 3.12 Besiyeri içerisinde fekal streptokok kolonileri

3.5.23 Bakteriyel endotoksin

Önce LAL-5000 cihazı daha sonra bilgisayar açılır. Bilgisayara inkübasyon tüpleri inkübasyon tabakasına yerleştirildiği pozisyonla aşağıdaki listeye göre sırayla tanıtılır:

1. Pozisyon: Negatif Kontrol
2. Pozisyon: Negatif Kontrol
3. Pozisyon: 0,25 EU/mL Endotoksin Standardı

4. Pozisyon: 0,25 EU/mL Endotoksin Standardı
5. Pozisyon: 0,0625 EU/mL Endotoksin Standardı
6. Pozisyon: 0,0625 EU/mL Endotoksin Standardı
7. Pozisyon: 0,0156 EU/mL Endotoksin Standardı
8. Pozisyon: 0,0156 EU/mL Endotoksin Standardı
9. Pozisyon: 0,00391 EU/mL Endotoksin Standardı
10. Pozisyon: 0,00391 EU/mL Endotoksin Standardı
11. Pozisyon: 1. Numune
12. Pozisyon: 1. Numune
13. Pozisyon: 1. Numune
14. Pozisyon: 1. Numune + Spike
15. Pozisyon: 2. Numune
16. Pozisyon: 2. Numune
17. Pozisyon: 2. Numune
18. Pozisyon: 2. Numune + Spike
19. Pozisyon: 3. Numune
20. Pozisyon: 3. Numune
21. Pozisyon: 3. Numune
22. Pozisyon: 3. Numune + Spike
23. Pozisyon: 4. Numune
24. Pozisyon: 4. Numune
25. Pozisyon: 4. Numune
26. Pozisyon: 4. Numune + Spike
27. Pozisyon: 5. Numune
28. Pozisyon: 5. Numune
29. Pozisyon: 5. Numune
30. Pozisyon: 5. Numune + Spike
31. Pozisyon: Pozitif Kontrol
32. Pozisyon: Pozitif Kontrol

İlk iki pozisyona içinde endotoksin olmadığı bilinen LAL suyu negatif kontrol olarak konulur. 3. ile 10. pozisyon arasına konulan standartlar ile cihaz bir kalibrasyon doğrusu

oluşturur. 11. ile 30. pozisyon arasına numuneler yerleştirilir. Her bir numune 4 kere hazırlanarak inkübasyon tüplerine aktarılır. 4. numuneye bilinen miktarda endotoksin standardı eklenerek spike hazırlanır. İnkübasyon tabakasında 32 pozisyon olmasından dolayı bir kurulumda en fazla 5 numune çalışılmıştır. Son iki pozisyona ise içinde 0,1 EU/mL endotoksin standardı olacak şekilde inkübasyon tüpleri yerleştirilerek elde edilen geri kazanıma göre sonuçların doğruluğu kontrol edilir.

Kullanılan Reaktifler:

- LAL Suyu (LRW): < 0,001 IU/mL, biyosaf
- Endotoksin Kontrol Standardı (CSE): 0,5 µg endotoksin. Kullanımdan önce 5 mL LAL suyu ile seyreltilerek hazırlanır ve 700 EU/mL standart elde edilmiş olur.
- LAL Sulandırma Tamponu (Pyrosol): 37 °C'da pH 7,4, 0,2 M hidroksimetilaminometan hidroklorür
- LAL Reaktifi (Pyrotell-T): Kullanımdan önce 5 mL LAL sulandırma tamponu ile çözülerek hazırlanır.

Kullanılan Kontrol Çözeltileri ve Endotoksin Standartları:

- Negatif Kontrol: 400 µL LAL suyu inkübasyon tüpüne alınır.
- 100 EU/mL Endotoksin Standardı: Deney tüpüne 100 µL 700 EU/mL CSE alınarak 600 µL LAL suyu konulur.
- 10 EU/mL Endotoksin Standardı: Deney tüpüne 200 µL 100 EU/mL endotoksin standardı alınarak 1800 µL LAL suyu konulur.
- 1 EU/mL Endotoksin Standardı: Deney tüpüne 200 µL 10 EU/mL endotoksin standardı alınarak 1800 µL LAL suyu konulur.
- 0,25 EU/mL Endotoksin Standardı: Deney tüpüne 500 µL 1 EU/mL endotoksin standardı alınarak 1500 µL LAL suyu konulur. Bu standarttan 400 µL alınarak inkübasyon tüpüne aktarılır.
- 0,0625 EU/mL Endotoksin Standardı: Deney tüpüne 500 µL 0,25 EU/mL endotoksin standardı alınarak 1500 µL LAL suyu konulur. Bu standarttan 400 µL alınarak inkübasyon tüpüne aktarılır.

- 0,0156 EU/mL Endotoksin Standardı: Deney tüpüne 500 µL 0,0625 EU/mL endotoksin standardı alınarak 1500 µL LAL suyu konulur. Bu standarttan 400 µL alınarak inkübasyon tüpüne aktarılır.
- 0,00391 EU/mL Endotoksin Standardı: Deney tüpüne 500 µL 0,0156 EU/mL endotoksin standardı alınarak 1500 µL LAL suyu konulur. Bu standarttan 400 µL alınarak inkübasyon tüpüne aktarılır.
- Pozitif Kontrol: İnkübasyon tüpüne 360 µL LAL suyu konularak 40 µL 1 EU/mL endotoksin standardı eklenir. Böylece 0,1 EU/mL endotoksin standardı elde edilmiş olur.

Numunenin Hazırlanması:

- Numune: 100 µL ham su deney tüpüne alınarak 1900 µL LAL suyu ilave edilir ve dikkatlice karıştırılır. Böylece numune 20 kat seyreltilmiş olur. Cihaza numune tanıtılırken seyreltme faktörü 20 olarak girilerek bu faktörün cihaz tarafından otomatik olarak hesaba katılması sağlanır. Hazırlanan numuneden inkübasyon tüpüne 400 µL alınır.
- Numune + Spike: 360 µL numune inkübasyon tüpüne alınarak üzerine 40 µL 1 EU/mL endotoksin standardı eklenir.

Tüm inkübasyon tüplerine inkübasyonun hemen öncesinde 100 µL LAL reaktifi eklenir ve inkübasyon başlatılır.

Endotoksin analizlerinde kullanılan tüm ekipmanlar steril olmalıdır. Kullanılan pipet uçları, deney tüpleri ve inkübasyon tüpleri endotoksinden muaf ve tek kullanımlık olmalıdır. İnkübasyona ait teknik özellikler aşağıda sıralanmaktadır:

- İnkübasyon Hacmi: 400 µL
- İnkübasyon Sıcaklığı: 37 °C
- İnkübasyon Süresi: 45 – 90 dakika

3.6 RO Su Analiz Metotları

RO su giriş noktasından alınan ters ozmoz için 22 parametrenin analizi yapılmış ve sonuçlar Avrupa Farmakopesi 1167 numaralı 'Konsantre Hemodiyaliz Çözeltilerini Seyreltmede Kullanılan Su' monografındaki limitlere göre değerlendirilmiştir. Her bir parametre için kullanılan kimyasal maddeler ve uygulanan analiz metotları aşağıda ayrıntılarıyla açıklanmıştır:

- Alizarin-3-metilamin-N,N-diasetik Asit Dihidrat ($C_{19}H_{15}NO_8 \cdot 2H_2O$): Merck, > % 95
- Amonyak (NH_3): Merck, % 25, analitik saflıkta
- Amonyum Asetat (CH_3COONH_4): Merck, > % 98, analitik saflıkta
- Amonyum Klorür (NH_4Cl): Riedel-de Haën, % 95-100,5, saf
- Asetik Asit (CH_3COOH): Merck, % 100, glasiyel
- Aseton (CH_3COCH_3): Merck, > % 99,8, analitik saflıkta
- Baryum Klorür Dihidrat ($BaCl_2 \cdot 2H_2O$): Merck, > % 99, analitik saflıkta
- Bromotimol Mavisi ($C_{27}H_{28}Br_2O_5S$): Merck, indikatör
- Cıva (II) İyodür (HgI_2): Merck, analitik saflıkta
- Diamonyum Okzalat Monohidrat ($(NH_4)_2C_2O_4 \cdot H_2O$): Merck, % 99,5-101, analitik saflıkta
- Difenilamin ($C_{12}H_{11}N$): Merck
- Eriyokrom Siyahı T ($C_{20}H_{12}N_3NaO_7S$): Merck, < % 7, metal indikatörü
- Etanol (C_2H_5OH): Carlo Erba, % 99,8, mutlak
- Gliserol ($C_3H_8O_3$): Merck, > 99,5, analitik saflıkta
- Gümüş Nitrat ($AgNO_3$): Fluka, > % 99,5
- Hidroklorik Asit (HCl): Merck, % 37, ekstra saf
- Kurşun Primer Standardı (Pb): Peak Performance, Sertifikalı Referans Materyal, $1000 \pm 3 \mu g/mL$ % 2 HNO_3 içerisinde
- Lantanyum Nitrat ($LaNO_3 \cdot 6H_2O$): Merck, analitik saflıkta
- Metil Kırmızısı ($C_{15}H_{15}N_3O_2$): Merck, indikatör
- Nitrik Asit (HNO_3): Merck, % 65, ekstra saf

- Potasyum İyodür (KI): Merck, % 99-100,5, ekstra saf
- Potasyum Klorür (KCl): Macco, % 99-100,5
- Potasyum Nitrat (KNO₃): Merck, > % 99, analitik saflıkta
- Potasyum Sülfat (K₂SO₄): Merck
- Sodyum EDTA (C₁₀H₁₄N₂Na₂O₈.2H₂O): Merck, % 99-101, Titriplex III, analitik saflıkta
- Sodyum Florür (NaF): Merck, > % 99, analitik saflıkta
- Sodyum Hidroksit (NaOH): Merck, > % 97, saf pelet
- Sodyum Klorür (NaCl): Merck, > % 99,5, analitik saflıkta
- Süksinik Asit (C₄H₆O₄): Merck, > % 99,5, analitik saflıkta
- Sülfürik Asit (H₂SO₄): Merck, % 95-98, ekstra saf
- Tiyoasetamit: Merck, analitik saflıkta

3.6.1 Görünüş

Numunenin görünüşünü değerlendirmek için Bölüm 3.5.1'deki yöntem kullanılır. Numune berrak, renksiz ve kokusuz olmalıdır.

3.6.2 Toplam sertlik

Toplam sertlik test kitinin numune tüpü numune ile çalkalanır. Daha sonra numune tüpü 5 mL numune ile doldurularak titrasyon çözeltisinden bir damla eklenir. RO suda sertlik limiti 0 F.S^o olduğu için ilk damlada çözeltinin rengi mavi olmalıdır.

3.6.3 pH

pH tayini için Bölüm 3.5.3'teki yöntem uygulanır.

3.6.4 İletkenlik

İletkenlik tayini için Bölüm 3.5.4'teki yöntem uygulanır.

3.6.5 Asitlik veya Bazlık

50 mL'lik beher içerisinde kaynatılıp soğutulmuş numuneden 10 mL bir deney tüpüne alınarak üzerine 0,05 mL metil kırmızı reaktifi ilave edilir. Çözeltinin renginin kırmızı olmaması gerekir. Başka bir deney tüpüne 10 mL numune alınarak üzerine 0,1 mL bromotimol mavi reaktifi ilave edilir. Çözeltinin renginin mavi olmaması gerekir.

Kullanılan Çözeltiler:

- 0,1 M Sodyum Hidroksit: 0,4 g sodyum hidroksit 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- 0,02 M Sodyum Hidroksit: 0,08 g sodyum hidroksit 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- Metil Kırmızı Reaktifi: 1,86 mL 0,1 M sodyum hidroksit ile 50 mL etanol karışımı içinde 50 mg metil kırmızısı çözülür ve damıtık su ile 100 mL'ye tamamlanır.
- Bromotimol Mavi Reaktifi: 0,02 M sodyum hidroksit ile 20 mL etanol karışımı içinde 50 mg bromotimol mavisi çözülür ve damıtık su ile 100 mL'ye tamamlanır.

3.6.6 Yükseltgenme ürünleri

Yükseltgenme ürünleri tayini için Bölüm 3.5.5'deki yöntem uygulanır.

3.6.7 Toplam klor

Toplam klor tayini için Bölüm 3.5.6'daki yöntem uygulanır.

3.6.8 Klorür

Deney Çözeltisi: 1 mL numune 15 mL'ye damıtık su ile tamamlanır. Üzerine 1 mL 2 M nitrik asit ve 1 mL 0,1 M gümüş nitrat çözeltisi ilave edilir. 5 dakika karanlıkta bekletilir.

Standart Çözeltisi (50 ppm): 0,1 mL 500 ppm klorür standart çözeltisi damıtık su ile 15 mL'ye tamamlanır. Üzerine 1 mL 2 M nitrik asit ve 1 mL 0,1 M gümüş nitrat çözeltisi ilave edilir. 5 dakika karanlıkta bekletilir.

Süre sonunda tüplerin altına siyah bir fon koyularak bakıldığında deney çözeltisindeki renk standart çözeltisinin renginden daha koyu olmamalıdır.

Kullanılan Çözeltiler:

- 2 M Nitrik Asit: 63 mL nitrik asit 1000 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- 0,1 M Gümüş Nitrat Çözeltisi: 1.7 g gümüş nitrat 100 mL damıtık su içerisinde çözülür. Çözelti ışıktan korunarak saklanmalıdır.
- 500 ppm Klorür Standart Çözeltisi: 0,0824 g sodyum klorür 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.

3.6.9 Florür

Deney Çözeltisi: 50 mL numuneye 10 mL pH 4,6 süksinat tampon çözeltisi, 10 mL aminometil alizarin diasetik asit çözeltisi, 5 mL 0,4 g/L lantanyum nitrat ve 20 mL aseton eklenir ve 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.

Standart Çözeltisi (0,2 ppm): 1 mL 10 ppm florür standart çözeltisine 49 mL damıtık su eklenir. Hazırlanan bu çözeltiliye 10 mL pH 4,6 süksinat tampon çözeltisi, 10 mL aminometil alizarin diasetik asit çözeltisi, 5 mL 0,4 g/L lantanyum nitrat ve 20 mL aseton eklenir ve 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır. 1 saat karanlıkta bekletilir. Süre sonunda test çözeltisindeki renk standart çözeltisinin renginden daha koyu olmamalıdır.

Kullanılan Çözeltiler:

- 1 M Sodyum Hidroksit: 4 g sodyum hidroksit 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- 0,5 M Hidroklorik Asit: 4,04 mL hidroklorik asit damıtık su ile 100 mL'ye tamamlanır.

- pH 4,6 Süksinat Tampon Çözeltisi: 11,8 g süksinik asit 600 mL damıtık su içerisinde çözülerek 82 mL 1 M sodyum hidroksit ilave edilir ve damıtık su ile 1 L'ye tamamlanır.
- Aminometil Alizarin Diasetik Asit Çözeltisi: 0,192 g alizarin-3-metilamin-N,N-diasetik asit dihidrata 6 mL 1 M sodyum hidroksit, 750 mL damıtık su, 25 mL pH 4,6 süksinat tampon çözeltisi, damla damla 0,5 M hidroklorik asit (renk kırmızıdan sarıya dönene kadar), 100 mL aseton eklenir ve 1 L'ye damıtık su ile tamamlanır.
- 0,4 g/L Lantanyum Nitrat: 0,4 g lantanyum nitrat 1000 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- 10 ppm Florür Standart Çözeltisi: 0,0442 g sodyum florür 2000 mL damıtık su içerisinde çözülür.

3.6.10 Nitrat

Deney Çözeltisi: 2 mL numune 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır. Bu çözeltiden 5 mL alınarak buzlu su içerisine yerleştirilmiş tüpe aktarılır. Bunun üzerine 0,4 mL 100 g/L potasyum klorür çözeltisi, 0,1 mL difenilamin çözeltisi ilave edilir ve çalkalayarak damla damla sülfürik asit katılır. Bu tüp 50 °C'luk su banyosunun içerisine yerleştirilerek 15 dakika beklenir.

Standart Çözeltisi (0,04 ppm): 0,1 mL 2 ppm nitrat standart çözeltisine 4,9 mL damıtık su eklenir. Bu çözelti buzlu su içerisine yerleştirilmiş tüpe aktarılır. Üzerine 0,4 mL 100 g/L potasyum klorür çözeltisi, 0,1 mL difenilamin çözeltisi ilave edilir ve çalkalayarak damla damla sülfürik asit katılır. Bu tüp 50 °C'luk su banyosunun içerisine yerleştirilerek 15 dakika beklenir.

Deney çözeltisinde gözlenen mavi renk standart çözeltinin renginden daha koyu olmamalıdır.

Kullanılan Çözeltiler:

- 100 g/L Potasyum Klorür Çözeltisi: 100 g potasyum klorür 1000 mL damıtık su içinde çözülür.

- Difenilamin Çözeltisi: 0,1 g difenilamin sülfürik asit ile 100 mL'ye tamamlanır. Çözelti ışıktan saklanmalıdır.
- 2 ppm Nitrat Standart Çözeltisi: 0,0163 g potasyum nitrat 200 mL damıtık su içerisinde çözülür.

3.6.11 Sülfat

Deney Çözeltisi: 1 mL % 25'lik baryum klorür çözeltisine 1,5 mL 10 ppm sülfat standart çözeltisi (etanolde) eklenir ve çalkalanır. 1 dakika bekledikten sonra 3 mL numunenin 15 mL'ye seyreltilmesiyle elde edilen numune çözeltisi ve 0,5 mL 5 M asetik asit ilave edilir.

Referans Çözeltisi: 1 mL % 25'lik baryum klorür çözeltisine 1,5 mL 10 ppm sülfat standart çözeltisi (etanolde) eklenir ve çalkalanır. 1 dakika bekledikten sonra 15 mL 10 ppm sülfat standart çözeltisi ve 0,5 mL 5 M asetik asit ilave edilir. 5 dakika sonra deney çözeltisindeki renk değişimi referans çözeltiden fazla olmamalıdır.

Kullanılan Çözeltiler:

- % 25'lik Baryum Klorür Çözeltisi: 25 g baryum klorür dihidrat 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- 5 M Asetik Asit: 2,85 mL asetik asit 10 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- % 30'luk Etanol: 300,6 mL etanol 1000 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- 10 ppm Sülfat Standart Çözeltisi (Etanolde): 0,0181 g potasyum sülfat 1000 mL % 30'luk etanol içerisinde çözülür.
- 10 ppm Sülfat Standart Çözeltisi: 0,0181 g potasyum sülfat 1000 mL damıtık su içerisinde çözülür.

3.6.12 Alüminyum

Alüminyum tayini için Bölüm 3.5.11'deki yöntem uygulanır.

3.6.13 Amonyum

20 mL numuneye 1 mL alkali potasyum iyodo merkürat çözeltisi ilave edilir. 5 dakika sonra deney tüpüne dikey olarak bakıldığında çözeltinin rengi, 1 mL alkali potasyum iyodo merkürat, 4 mL 1 ppm amonyum standart çözeltisi ve 16 mL damıtık suyun karıştırılması ile elde edilen çözeltinin renginden daha koyu olmamalıdır.

Kullanılan Çözeltiler:

- Alkali Potasyum İyodo Merkürat Çözeltisi: 11 g potasyum iyodür 50 mL suda çözülür. Üzerine 15 g cıva (II) iyodür ilave edilip 100 mL'ye tamamlanır. Diğer taraftan 25 g sodyum hidroksit 100 mL damıtık su içerisinde çözülür. Her iki çözelti karıştırılarak alkali potasyum iyodo merkürat çözeltisi elde edilmiş olur.
- 1 ppm Amonyum Standart Çözeltisi: 0,0741 g amonyum klorür damıtık su ile 100 mL'ye tamamlanır. Bu çözeltiden 0,4 mL alınarak 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.

3.6.14 Kalsiyum

50 mL numune bir erlene alınarak üzerine 1 mL tampon çözeltisi ve 3 – 4 damla eriyokrom siyahı T indikatörü eklenir. 0,001 M EDTA ile titre edilir. Başlangıçtaki kırmızı renk maviye döndüğü anda titrasyona son verilir.

Hesaplama:

1 mL 0,001 M EDTA 0,04008 mg kalsiyuma (Ca) eşdeğerdir.

$$\frac{x \text{ mL EDTA}}{50 \text{ mL numune}} \times \frac{0,04008 \text{ mg Ca}}{1 \text{ mL EDTA}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = \text{ppm kalsiyum}$$

Kullanılan Çözeltiler:

- Tampon Çözeltisi: 67,5 g amonyum klorür 570 mL amonyak çözeltisinde çözülerek damıtık su ile 1 L'ye tamamlanır.
- % 67'lik Etanol: 67,13 mL etanol 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.

- Eriyokrom Siyahı T İndikatörü: 0,5 g eriyokrom siyahı T, 100 mL % 67'lik etanolde çözülür.
- 0,001 M EDTA: 0,37224 g sodyum EDTA 2 saat kadar sıcaklığı 80 °C olan etüvde bekletilir ve soğutulur. 1 L damıtık su içerisinde çözülür.

3.6.15 Magnezyum

50 mL numune bir erlene alınır ve diamonyum okzalat monohidrat ilave edilerek ortamın pH'si kontrol edilir. Ortam asidik ise, çökme olmaz. Ortama yavaş yavaş amonyak eklenerek bazik hale getirilir ve kalsiyum, kalsiyum okzalat halinde çöker. Çözelti süzülerek çökelti ayrılır, süzüntüde sadece magnezyum kalır. Kalsiyumu uzaklaştırılmış çözeltinin hacmi 100 mL'ye seyreltilir ve içerisinde 50 mL çözelti alınarak üzerine 1 mL tampon çözeltisi ve 3 – 4 damla eriyokrom siyahı T indikatörü eklenir. 0,01 M EDTA ile titre edilir. Başlangıçtaki kırmızı renk maviye döndüğü anda titrasyona son verilir.

Hesaplama:

1 mL 0,01 M EDTA 0,2432 mg magnezyuma (Mg) eşdeğerdir.

$$\frac{x \text{ mL EDTA}}{50 \text{ mL numune}} \times \frac{0,2432 \text{ mg Mg}}{1 \text{ mL EDTA}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \frac{100 \text{ mL}}{50 \text{ mL}} = \text{ppm magnezyum}$$

Kullanılan Çözeltiler:

- Tampon Çözeltisi: 67,5 g amonyum klorür 570 mL amonyak çözeltisinde çözülerek damıtık su ile 1 L'ye tamamlanır.
- % 67'lik Etanol: 67,13 mL etanol 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- Eriyokrom Siyahı T İndikatörü: 0,5 g eriyokrom siyahı T, 100 mL % 67'lik etanolde çözülür.
- 0,01 M EDTA: 3,7224 g sodyum EDTA 2 saat kadar sıcaklığı 80 °C olan etüvde bekletilir ve soğutulur. 1 L damıtık su içerisinde çözülür.

3.6.16 Cıva

Cıva tayini için Bölüm 3.5.15'deki yöntem uygulanır.

3.6.17 Potasyum

Potasyum tayini için Bölüm 3.5.16'daki yöntem uygulanır.

3.6.18 Sodyum

Sodyum tayini için Bölüm 3.5.17'deki yöntem uygulanır.

3.6.19 Çinko

Çinko tayini için Bölüm 3.5.18'deki yöntem uygulanır.

3.6.20 Ağır metaller

Deney Çözeltisi: 160 mL numune 16 mL kalana dek ısıtılır. Bundan 12 mL alınarak 2 mL pH 3,5 tampon çözeltisi ilave edilir. Bu karışım 1,2 mL tiyoasetamid reaktifine ilave edilir ve hemen karıştırılır.

Referans Çözeltisi: 10 mL 1 ppm kurşun standart çözeltisine 2 mL hazırlanan numuneden ve 2 mL pH 3,5 tampon çözeltisi ilave edilir. Bu karışım 1,2 mL tiyoasetamid reaktifine ilave edilir ve hemen karıştırılır.

Kontrol Çözeltisi: 2 mL hazırlanan numuneye 10 mL damıtık su ve 2 mL pH 3,5 tampon çözeltisi ilave edilir. Bu karışım 1,2 mL tiyoasetamid reaktifine ilave edilir ve hemen karıştırılır.

2 dakika sonra referans çözelti kontrol çözeltisine göre daha kahverengi olmalıdır. Deney çözeltisinde gözlenen renk değişimi referans çözeltiden fazla olmamalıdır.

Kullanılan Çözeltiler:

- 7 M Hidroklorik Asit: 56,59 mL hidroklorik asit damıtık su ile 100 mL'ye tamamlanır.
- 2 M Hidroklorik Asit: 16,17 mL hidroklorik asit damıtık su ile 100 mL'ye tamamlanır.
- 6 M Amonyak: 34,1 mL amonyak 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- 1 M Sodyum Hidroksit: 4 g sodyum hidroksit 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.
- pH 3,5 Tampon Çözeltisi: 25 g amonyum asetat 25 mL damıtık su ve 38 mL 7 M hidroklorik asit içinde çözülür. 2 M hidroklorik asit veya 6 M amonyak ile pH 3,5'a ayarlanır ve damıtık su ile 100 mL'ye tamamlanır.
- Tiyoasetamit Reaktif: 15 mL 1 M sodyum hidroksit 5 mL damıtık su ve 20 mL gliserol içerisinde çözülür. Bu çözeltiden 5 mL alınarak, 100 mL damıtık su içerisinde 4 g tiyoasetamit çözülmesiyle elde edilen karışımdan alınan 1 mL çözeltiye eklenir. 20 dakika su banyosunda ısıtılır ve soğuduktan sonra kullanılır.
- 1 ppm Kurşun Standart Çözeltisi: 0,1 mL kurşun primer standardından alınarak 100 mL'ye damıtık su ile tamamlanır.

3.6.21 Toplam bakteri

Toplam bakteri tayini için Bölüm 3.5.20'deki yöntem uygulanır.

3.6.22 Bakteriyel endotoksin

Bakteriyel endotoksin tayini için Bölüm 3.5.23'teki yöntem uygulanır. Yalnızca numunenin hazırlanışında farklılık vardır ve bunun için aşağıdaki yöntem uygulanır.

Numunenin Hazırlanması:

- Numune: 1000 µL RO su deney tüpüne alınarak 1000 µL LAL suyu ilave edilir ve dikkatlice karıştırılır. Böylece numune 2 kat seyreltilmiş olur. Cihaza numune tanıtılırken seyreltme faktörü 2 olarak girilerek bu faktörün cihaz tarafından

otomatik olarak hesaba katılması sağlanır. Hazırlanan numuneden inkübasyon tüpüne 400 µL alınır.

3.7 Geri Dönüş Hattından Alınan RO Su Analiz Metotları

Geri dönüş hattından alınan RO su için 9 parametrenin analizi yapılmış ve sonuçlar yine Avrupa Farmakopesi 1167 numaralı monograftaki limitlere göre değerlendirilmiştir. Her bir parametre için uygulanan analiz metotları RO su analiz metotlarıyla aynıdır. Geri dönüş hattından yalnızca hatlarda bir kirlenme olup olmadığına dair fikir edinmek amacıyla değerlerinde artış olabileceği düşünülen parametrelerin analizleri yapılmıştır. Geri dönüş hattından alınan numunelerde aşağıdaki parametrelere bakılmıştır.

3.7.1 Görünüş

Numunenin görünüşünü değerlendirmek için Bölüm 3.5.1'deki yöntem kullanılır. Numune berrak, renksiz ve kokusuz olmalıdır.

3.7.2 Toplam sertlik

Toplam sertlik tayini için Bölüm 3.6.2'deki yöntem uygulanır.

3.7.3 pH

pH tayini için Bölüm 3.5.3'teki yöntem uygulanır.

3.7.4 İletkenlik

İletkenlik tayini için Bölüm 3.5.4'teki yöntem uygulanır.

3.7.5 Asitlik veya Bazlık

Asitlik veya bazlık tayini için Bölüm 3.6.5'deki yöntem uygulanır.

3.7.6 Yükseltgenme ürünleri

Yükseltgenme ürünleri tayini için Bölüm 3.5.5'deki yöntem uygulanır.

3.7.7 Ağır metaller

Yükseltgenme ürünleri tayini için Bölüm 3.6.20'deki yöntem uygulanır.

3.7.8 Toplam bakteri

Toplam bakteri tayini için Bölüm 3.5.20'deki yöntem uygulanır.

3.7.9 Bakteriyel endotoksin

Bakteriyel endotoksin tayini için Bölüm 3.6.22'deki yöntem uygulanır.

4. BULGULAR

Bu araştırma için 22 ildeki toplam 24 diyaliz kliniğinin RO su sistemi üzerinde çalışmalar yapılmıştır (Şekil 4.1). Ham su numuneleri, içme suyu kalitesindeki şebeke suyunun RO su arıtma sistemine girdiği noktadan alınmıştır. İzmir ve İstanbul'un ham su kaynakları farklı olan ikişer kliniğinden alınan numunelerde analizler yapılmıştır.



Şekil 4.1 Çalışmada kullanılan diyaliz kliniklerinin yer aldığı şehirler

RO su numuneleri RO su arıtma sistemi çıkışından alınmıştır. Geri dönüş hattından alınan numunelerle sistemin su hatlarından suya bir bulaşma olup olmadığına bakılmıştır.

Tüm analizler üçer defa yapılmış ve sonuçlar ortalamaları alınarak yazılmıştır. Miktar tayini yapılan analizler için standart sapma değerleri hesaplanmış ve sonuçlar standart hata değerleriyle birlikte verilmiştir.

Ham su, RO su ve geri dönüş hattından alınan RO su numunelerinin analizleri, yukarıda detaylı olarak anlatılan ve Çizelge 4.1'de özetlenen metotlara göre yapılmıştır.

Çizelge 4.1 Standart metotlar ile uygulanan metotların karşılaştırılması

Parametreler	Ham Su Standart Metot	Ham Su Uygulanan Metot	RO Su Standart Metot	RO Su Uygulanan Metot
Görünüş	Duyusal analiz	Duyusal analiz	-	Duyusal analiz
Toplam Sertlik	-	Sertlik kiti	-	Sertlik kiti
pH	pH tayini	pH metre	-	pH metre
İletkenlik	Elektriksel iletkenlik tayini	İletkenlik ölçer	-	İletkenlik ölçer
Asitlik veya Bazlık	-	Uygulanmaz	EP limit testi	EP limit testi
Yükseltgenme Ürünleri	-	EP limit testi	EP limit testi	EP limit testi
Toplam Klor	-	EP limit testi	EP limit testi	EP limit testi
Klorür	Kromat ind. ile gümüş nitrat titrasyonu	Amonyum demir III sülfat ind. ile gümüş nitrat tit.	EP limit testi	EP limit testi
Florür	Elektrokim. prob metodu	EP limit testi	EP limit testi	EP limit testi
Nitrat	2,6 dimetilfenol spektrometrik	EP limit testi	EP limit testi	EP limit testi
Sülfat	Baryum klorür ile gravimetrik	UV spektrofotomet.	EP limit testi	EP limit testi
Alüminyum	Spektrometrik	AAS-Grafit	EP limit testi	AAS-Grafit
Amonyum	Otomatik spektrometrik	EP limit testi	EP limit testi	EP limit testi
Kalsiyum	-	EDTA ile titrasyon	AAS	EDTA ile titrasyon
Magnezyum	-	EDTA ile titrasyon	AAS	EDTA ile titrasyon
Cıva	AFS	AAS-Hidrür	AAS-Soğuk buhar	AAS-Hidrür
Potasyum	AES	AAS-Grafit	AES	AAS-Grafit
Sodyum	AAS	Alev fotometrik	AES	Alev fotometrik
Çinko	Spektrometrik	AAS-Grafit	AAS	AAS-Grafit
Ağır Metaller	-	EP limit testi	EP limit testi	EP limit testi
Toplam Bakteri	Membran filtre	Membran filtre	Membran filtre	Membran filtre
<i>Escherichia Coli</i>	Membran filtre	Membran filtre	Uygulanmaz	Uygulanmaz
Fekal Streptokoklar	Membran filtre	Membran filtre	Uygulanmaz	Uygulanmaz
Bakteriyel Endotoksin	-	Kinetik Türbidimetrik	Kinetik Türbidimetrik	Kinetik Türbidimetrik

Çizelge 4.2 – 4.7 'de 1. periyot ham su analiz sonuçları görülmektedir.

Çizelge 4.2 Marmara Bölgesi 1. periyot ham su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Edirne	İstanbul Anadolu	İstanbul Avrupa	Bursa
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	40 Fr.S°	14,24	8,90	16,02	19,58
pH	6,5 < pH < 9,5	7,74±0,01	7,36±0,01	7,18±0,01	7,91±0,02
İletkenlik	2,5 mS/cm	0,40±0,02	0,25±0,01	0,58±0,01	0,58±0,02
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun değil	Uygun	Uygun değil	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	250 mg/L	177,00±2,91	55,30±2,14	141,80±2,28	52,49±2,36
Florür	1,5 mg/L	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Nitrat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Sülfat	250 mg/L	41,955 ±0,006	31,683 ±0,023	37,394 ±0,032	29,141 ±0,019
Alüminyum	200 µg/L	157,39 ±1,34	21,552 ±0,241	44,003 ±0,816	124,63 ±1,16
Amonyum	0,5 mg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Kalsiyum	200 mg/L	14±1	24±1	54±2	96±4
Magnezyum	50 mg/L	63±3	29±1	35±1	28±2
Cıva	1,0 µg/L	TSA**	0,59±0,02	0,48±0,04	TSA**
Potasyum	12000 µg/L	601,1±6,1	4969±19	4501±13	2816±11
Sodyum	200 mg/L	19,60±0,06	15,60±0,04	35,10±0,11	6,60±0,03
Çinko	5000 µg/L	TSA**	141,9±5,0	62,47±1,04	TSA**
Ağır Metaller	50 µg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Toplam Bakteri*	500 adet/mL	15±1	1	2	0
<i>Eschericha Coli</i>	0 adet/mL	0	0	0	0
Fekal Streptokoklar	0 adet/mL	0	0	0	0
Bakteriyel Endotoksin	EU/mL	5,8600 ±0,0115	9,0550 ±0,1454	1,8000 ±0,0120	40,450 ±0,239

* 500 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.3 Ege Bölgesi 1. periyot ham su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Balıkesir	Manisa	İzmir I	İzmir II
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	40 Fr.S°	17,80	23,14	23,14	14,24±
pH	6,5 < pH < 9,5	7,16±0,02	7,34±0,01	7,80±0,01	8,18±0,01
İletkenlik	2,5 mS/cm	0,31±0,02	0,47±0,01	0,56±0,03	0,41±0,01
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun değil	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	250 mg/L	69,16±1,93	22,14±1,03	63,81±1,11	70,90±1,45
Florür	1,5 mg/L	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Nitrat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Sülfat	250 mg/L	26,856 ±0,085	5,4353 ±0,0040	24,380 ±0,009	24,390 ±0,012
Alüminyum	200 µg/L	5,8560 ±0,0965	26,649 ±0,416	48,816 ±0,826	92,414 ±1,486
Amonyum	0,5 mg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Kalsiyum	200 mg/L	40±1	50±1	54±2	24±1
Magnezyum	50 mg/L	41±2	83±3	83±2	19±1
Cıva	1,0 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	0,19±0,06
Potasyum	12000 µg/L	5153 ±17	TSA**	3158 ±15	3483 ±12
Sodyum	200 mg/L	11,40±0,04	7,80±0,02	17,80±0,05	14,00±0,07
Çinko	5000 µg/L	TSA**	162,7±8,7	TSA**	38,71±2,63
Ağır Metaller	50 µg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Toplam Bakteri*	500 adet/mL	300±2	82±1	1	50±1
<i>Escherichia Coli</i>	0 adet/mL	0	0	0	0
Fekal Streptokoklar	0 adet/mL	0	0	0	0
Bakteriyel Endotoksin	EU/mL	13,750 ±0,114	0,6150 ±0,0012	0,2855 ±0,0008	7,5000 ±0,0914

* 500 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.4 İç Anadolu Bölgesi 1. periyot ham su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Kocaeli	Ankara	Konya	Kayseri
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	40 Fr.S°	10,68	8,90	23,14	10,68
pH	6,5 < pH < 9,5	7,57±0,01	6,91±0,01	7,61±0,01	8,48±0,02
İletkenlik	2,5 mS/cm	0,24±0,01	0,27±0,01	0,59±0,02	0,55±0,01
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun değil	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	250 mg/L	56,12±1,45	163,07±2,15	28,67±0,83	70,90±1,54
Florür	1,5 mg/L	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Nitrat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Sülfat	250 mg/L	21,120 ±0,008	29,273 ±0,012	40,207 ±0,028	23,584 ±0,004
Alüminyum	200 µg/L	43,188 ±0,987	20,621 ±0,442	50,379 ±0,846	2,6669 ±0,4716
Amonyum	0,5 mg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Kalsiyum	200 mg/L	44±1	16±1	56±2	32±1
Magnezyum	50 mg/L	34±1	31±2	72±3	34±1
Cıva	1,0 µg/L	0,22±0,08	TSA**	TSA**	TSA**
Potasyum	12000 µg/L	253,3±6,1	1322±11	500,7±8,5	2209±20
Sodyum	200 mg/L	4,30±0,02	9,30±0,05	7,20±0,03	16,20±0,05
Çinko	5000 µg/L	228,5±2,0	364,4±3,1	42,70±0,78	TSA**
Ağır Metaller	50 µg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Toplam Bakteri*	500 adet/mL	3±1	0	7±1	0
<i>Eschericha Coli</i>	0 adet/mL	0	0	0	0
Fekal Streptokoklar	0 adet/mL	0	0	0	0
Bakteriyel Endotoksin	EU/mL	2,5000 ±0,0112	4,6600 ±0,0435	0,2865 ±0,0011	0,8050 ±0,0034

* 500 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.5 Akdeniz Bölgesi 1. periyot ham su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Antalya	İçel	Adana	Antakya
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	40 Fr.S°	32,04	8,90	35,60	16,02
pH	6,5 < pH < 9,5	7,25±0,01	7,89±0,02	7,69±0,01	8,73±0,02
İletkenlik	2,5 mS/cm	0,67±0,01	0,35±0,01	0,96±0,01	0,57±0,01
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1<N<0,2
Klorür	250 mg/L	78,67±1,15	76,65±1,09	87,00±1,15	184,0±2,4
Florür	1,5 mg/L	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Nitrat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Sülfat	250 mg/L	22,597 ±0,012	11,984 ±0,009	40,910 ±0,010	7,4197 ±0,002
Alüminyum	200 µg/L	164,42 ±2,04	148,39 ±1,94	21,471 ±0,461	20,722 ±0,426
Amonyum	0,5 mg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Kalsiyum	200 mg/L	148±3	24±1	44±2	22±1
Magnezyum	50 mg/L	36±1	6±1	46±1	49±1
Cıva	1,0 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	0,41±0,03
Potasyum	12000 µg/L	1795±16	173,1±6,4	4610±18	56,39±1,11
Sodyum	200 mg/L	12,70±0,04	5,30±0,01	14,30±0,02	9,70±0,02
Çinko	5000 µg/L	191,6±1,9	TSA**	72,02±1,01	TSA**
Ağır Metaller	50 µg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Toplam Bakteri*	500 adet/mL	0	3±1	0	2
<i>Escherichia Coli</i>	0 adet/mL	0	0	0	0
Fekal Streptokoklar	0 adet/mL	0	0	0	0
Bakteriyel Endotoksin	EU/mL	0,2375 ±0,0041	4,4400 ±0,0467	5,2550 ±0,0784	0,2965 ±0,0067

* 500 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.6 Güneydoğu Anadolu Bölgesi 1. periyot ham su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	K.Maraş	Osmaniye	Adıyaman	Gaziantep
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	40 Fr.S°	14,12	10,20	16,80	32,14
pH	6,5 < pH < 9,5	8,00±0,02	7,69±0,01	7,99±0,01	7,59±0,01
İletkenlik	2,5 mS/cm	0,30±0,01	0,32±0,02	0,23±0,01	0,64±0,03
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	250 mg/L	74,12±1,28	106,35±1,93	55,30±0,55	56,40±0,45
Florür	1,5 mg/L	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Nitrat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Sülfat	250 mg/L	5,9051 ±0,0120	28,658 ±0,034	3,1053 ±0,0160	2,2338 ±0,0220
Alüminyum	200 µg/L	4,3042 ±0,0416	7,1416 ±0,0919	29,824 ±0,127	3,5556 ±0,0546
Amonyum	0,5 mg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Kalsiyum	200 mg/L	56±2	36±1	TSA**	12±1
Magnezyum	50 mg/L	63±2	53±3	29±2	9±1
Cıva	1,0 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Potasyum	12000 µg/L	736,6±5,3	789,2±6,1	32,42±0,56	203,3±3,2
Sodyum	200 mg/L	4,60±0,02	7,20±0,03	2,80±0,01	5,90±0,03
Çinko	5000 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Ağır Metaller	50 µg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Toplam Bakteri*	500 adet/mL	250±2	0	0	5±1
<i>Eschericha Coli</i>	0 adet/mL	75±4,11	0	0	0
Fekal Streptokoklar	0 adet/mL	0	0	0	0
Bakteriyel Endotoksin	EU/mL	0,2335 ±0,0051	0,3485 ±0,0081	2,9850 ±0,0414	2,7400 ±0,0417

* 500 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.7 Doğu Anadolu Bölgesi 1. periyot ham su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Ordu	Erzurum	Malatya	Diyarbakır
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	40 Fr.S°	14,24	10,68	21,60	22,14
pH	6,5 < pH < 9,5	7,44±0,01	7,82±0,01	8,00±0,01	7,21±0,01
İletkenlik	2,5 mS/cm	0,33±0,03	0,18±0,01	0,28±0,00	0,30±0,01
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1<N<0,2
Klorür	250 mg/L	88,62±1,10	29,00±0,07	59,80±1,05	39,42±0,10
Florür	1,5 mg/L	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Nitrat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Sülfat	250 mg/L	27,224 ±0,013	2,6425 ±0,0110	7,2204 ±0,0140	24,753 ±0,019
Alüminyum	200 µg/L	50,877 ±0,564	1,7145 ±0,0414	55,261 ±0,905	15,719 ±0,087
Amonyum	0,5 mg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Kalsiyum	200 mg/L	21±1	28±1	40±2	TSA**
Magnezyum	50 mg/L	48±2	19±1	39±1	34±4
Cıva	1,0 µg/L	TSA**	35,21±0,92	TSA**	TSA**
Potasyum	12000 µg/L	2921±12	3842±16	508,3±8,2	1037±11
Sodyum	200 mg/L	12,14±0,06	6,00±0,02	1,80±0,01	7,20±0,03
Çinko	5000 µg/L	51,00±1,02	18,44±0,96	TSA**	TSA**
Ağır Metaller	50 µg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Toplam Bakteri*	500 adet/mL	2±1	1	6±1	1
<i>Escherichia Coli</i>	0 adet/mL	0	0	0	0
Fekal Streptokoklar	0 adet/mL	0	0	0	0
Bakteriyel Endotoksin	EU/mL	10,950 ±0,115	1,5950 ±0,0123	0,3875 ±0,0049	5,0000 ±0,1041

* 500 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.8 – 4.13’de 2. periyot ham su analiz sonuçları görülmektedir.

Çizelge 4.8 Marmara Bölgesi 2. periyot ham su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Edirne	İstanbul Anadolu	İstanbul Avrupa	Bursa
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	40 Fr.S°	33,82	17,8	19,58	17,80
pH	6,5 < pH < 9,5	7,63±0,01	6,89±0,02	7,60±0,01	7,66±0,01
İletkenlik	2,5 mS/cm	1,02±0,04	0,49±0,01	1,30±0,02	0,35±0,01
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun değil	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	250 mg/L	78,67±1,15	28,36±0,05	89,15±1,05	17,72±0,04
Florür	1,5 mg/L	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Nitrat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Sülfat	250 mg/L	50,680 ±0,028	34,706 ±0,034	68,115 ±0,048	47,062 ±0,019
Alüminyum	200 µg/L	TSA**	22,476 ±0,742	40,311 ±0,876	111,76 ±0,89
Amonyum	0,5 mg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Kalsiyum	200 mg/L	68±2	44±1	52±4	100±2
Magnezyum	50 mg/L	77±3	41±1	46±3	32±1
Cıva	1,0 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Potasyum	12000 µg/L	901,7±9,2	737,5±8,9	8913±24	1944±9
Sodyum	200 mg/L	32,10±0,14	21,60±0,09	48,80±0,04	8,30±0,06
Çinko	5000 µg/L	TSA**	80,00±1,06	72,88±0,98	21,72±0,87
Ağır Metaller	50 µg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Toplam Bakteri*	500 adet/mL	15±1	0	10±1	10±2
<i>Eschericha Coli</i>	0 adet/mL	0	0	0	0
Fekal Streptokoklar	0 adet/mL	0	0	0	0
Bakteriyel Endotoksin	EU/mL	4,4500 ±0,1132	7,0800 ±0,1678	4,2500 ±0,1333	4,5300 ±0,1297

* 500 adet 1 mL’deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.9 Ege Bölgesi 2. periyot ham su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Balıkesir	Manisa	İzmir I	İzmir II
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	40 Fr.S°	16,02	26,70	30,26	14,24
pH	6,5 < pH < 9,5	7,91±0,01	7,10±0,01	7,93±0,01	8,23±0,02
İletkenlik	2,5 mS/cm	0,41±0,01	0,75±0,01	0,73±0,02	0,53±0,01
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun değil
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	250 mg/L	14,00±0,02	14,18±0,03	35,45±0,08	33,09±0,04
Florür	1,5 mg/L	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Nitrat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Sülfat	250 mg/L	40,220 ±0,013	34,844 ±0,022	31,449 ±0,019	36,854 ±0,035
Alüminyum	200 µg/L	43,207 ±0,442	33,748 ±0,353	17,068 ±0,058	1,7704 ±0,0062
Amonyum	0,5 mg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Kalsiyum	200 mg/L	40±1	47±3	60±2	40±2
Magnezyum	50 mg/L	34±3	73±4	83±3	49±3
Cıva	1,0 µg/L	TSA**	TSA**	0,06±0,06	TSA**
Potasyum	12000 µg/L	288,7±5,8	1304±7	3387±6	151,1±8,2
Sodyum	200 mg/L	13,10±0,14	21,00±0,11	31,60±0,09	15,80±0,17
Çinko	5000 µg/L	TSA**	104,9±1,1	TSA**	309,4±0,9
Ağır Metaller	50 µg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Toplam Bakteri*	500 adet/mL	150±6	10±2	9±1	24±4
<i>Eschericha Coli</i>	0 adet/mL	50±4	0	0	0
Fekal Streptokoklar	0 adet/mL	0	0	0	0
Bakteriyel Endotoksin	EU/mL	0,7650 ±0,0690	0,2520 ±0,0465	0,3810 ±0,0064	11,100 ±0,0698

* 500 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.10 İç Anadolu Bölgesi 2. periyot ham su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Kocaeli	Ankara	Konya	Kayseri
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	40 Fr.S°	12,46	12,46	30,26	12,46
pH	6,5 < pH < 9,5	7,58±0,01	7,56±0,02	7,61±0,01	7,86±0,01
İletkenlik	2,5 mS/cm	0,21±0,01	0,25±0,01	0,61±0,02	0,44±0,01
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun değil	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	250 mg/L	35,45±0,09	101±1,42	17,72±0,05	42,00±0,11
Florür	1,5 mg/L	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Nitrat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Sülfat	250 mg/L	23,007 ±0,042	33,396 ±0,035	43,392 ±0,019	28,093 ±0,022
Alüminyum	200 µg/L	70,914 ±1,158	54,559 ±0,331	73,348 ±0,627	9,1225 ±0,7645
Amonyum	0,5 mg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Kalsiyum	200 mg/L	40±2	16±1	60±3	32±2
Magnezyum	50 mg/L	29±3	29±4	58±3	39±6
Cıva	1,0 µg/L	0,14±0,04	0,37±0,02	TSA**	TSA**
Potasyum	12000 µg/L	142,8±2,4	4998±1	4642±8	8105±6
Sodyum	200 mg/L	8,00±0,11	12,30±0,09	10,60±0,06	18,60±0,09
Çinko	5000 µg/L	11,74±1,11	71,07±0,98	TSA**	TSA**
Ağır Metaller	50 µg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Toplam Bakteri*	500 adet/mL	1	25±1	0	8±2
<i>Eschericha Coli</i>	0 adet/mL	0	0	0	0
Fekal Streptokoklar	0 adet/mL	0	0	0	0
Bakteriyel Endotoksin	EU/mL	4,3000 ±0,0814	5,2500 ±0,0698	2,0400 ±0,0123	0,5340 ±0,0043

* 500 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.11 Akdeniz Bölgesi 2. periyot ham su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Antalya	İçel	Adana	Antakya
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	40 Fr.S°	30,26	17,80	19,58	39,16
pH	6,5 < pH < 9,5	7,84±0,01	7,77±0,01	8,34±0,01	9,18±0,02
İletkenlik	2,5 mS/cm	0,76±0,02	0,46±0,01	0,47±0,01	2,04±0,04
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun değil	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1
Klorür	250 mg/L	17,72±0,05	58,00±0,12	17,73±0,05	56,20±0,25
Florür	1,5 mg/L	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Nitrat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Sülfat	250 mg/L	24,255 ±0,064	32,684 ±0,056	42,920 ±0,018	58,342 ±0,074
Alüminyum	200 µg/L	99,654 ±3,129	55,581 ±1,153	29,366 ±0,679	14,908 ±0,563
Amonyum	0,5 mg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Kalsiyum	200 mg/L	172±6	42±2	26±1	52±1
Magnezyum	50 mg/L	36±4	63±1	56±6	106±4
Cıva	1,0 µg/L	0,24±0,02	TSA**	TSA**	TSA**
Potasyum	12000 µg/L	2927±4	1228±2	6501±6	TSA**
Sodyum	200 mg/L	14,60±0,02	9,80±0,04	13,20±0,09	32±0,41
Çinko	5000 µg/L	TSA**	31,52±1,16	2,538±0,04	72,02±1,14
Ağır Metaller	50 µg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Toplam Bakteri*	500 adet/mL	0	0	0	0
<i>Escherichia Coli</i>	0 adet/mL	0	0	0	0
Fekal Streptokoklar	0 adet/mL	0	0	0	0
Bakteriyel Endotoksin	EU/mL	0,1165 ±0,0034	2,2000 ±0,0616	6,6000 ±0,0851	1,5200 ±0,0072

* 500 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.12 Güneydoğu Anadolu Bölgesi 2. periyot ham su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	K.Maraş	Osmaniye	Adıyaman	Gaziantep
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	40 Fr.S°	26,7	19,58	14,24	23,14
pH	6,5 < pH < 9,5	8,15±0,01	7,51±0,01	7,77±0,02	8,91±0,01
İletkenlik	2,5 mS/cm	0,49±0,01	0,43±0,01	0,32	0,77±0,02
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	250 mg/L	24,82±0,33	85,79±0,55	36,14±0,15	48,19±0,15
Florür	1,5 mg/L	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Nitrat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Sülfat	250 mg/L	6,1396 ±0,0270	35,879 ±0,042	3,4058 ±0,0700	5,5496 ±0,0480
Alüminyum	200 µg/L	5,0364 ±0,4224	19,211 ±0,951	TSA**	0,7728 ±0,0012
Amonyum	0,5 mg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Kalsiyum	200 mg/L	54±2	32±1	44±3	100±3
Magnezyum	50 mg/L	44±1	43±1	29±1	58±4
Cıva	1,0 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Potasyum	12000 µg/L	269,8±1,3	1324±4	110,3±2,2	TSA**
Sodyum	200 mg/L	6,40±0,02	8,10±0,04	2,40±0,09	9,50±0,06
Çinko	5000 µg/L	TSA**	TSA**	4,275±0,742	22,95±2,16
Ağır Metaller	50 µg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Toplam Bakteri*	500 adet/mL	0	0	0	35±4
<i>Eschericha Coli</i>	0 adet/mL	0	0	0	0
Fekal Streptokoklar	0 adet/mL	0	0	0	0
Bakteriyel Endotoksin	EU/mL	0,2175 ±0,0042	0,1765 ±0,0005	3,7300 ±0,0037	2,1400 ±0,0012

* 500 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.13 Doğu Anadolu Bölgesi 2. periyot ham su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Ordu	Erzurum	Malatya	Diyarbakır
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	40 Fr.S°	19,58±0,00	10,68±0,00	17,80±0,00	17,80±0,59
pH	6,5 < pH < 9,5	7,71±0,01	8,28±0,02	7,86±0,01	8,19±0,01
İletkenlik	2,5 mS/cm	0,65±0,01	0,28±0,01	0,36±0,02	0,34±0,01
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	250 mg/L	56,14±0,15	14,18±0,05	52,16±0,92	10,64±0,10
Florür	1,5 mg/L	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Nitrat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Sülfat	250 mg/L	46,239 ±0,056	3,5220 ±0,007	8,1112 ±0,014	36,288 ±0,027
Alüminyum	200 µg/L	89,919 ±2,2931	5,8620 ±0,4582	TSA**	10,689 ±0,9562
Amonyum	0,5 mg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Kalsiyum	200 mg/L	52±2	24±1	32±1	24±1
Magnezyum	50 mg/L	63±4	24±2	43±5	17±2
Cıva	1,0 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Potasyum	12000 µg/L	3579±4	4608±4	240,3±2,2	1195±5
Sodyum	200 mg/L	14,70±0,02	7,90±0,02	1,90±0,04	8,40±0,02
Çinko	5000 µg/L	TSA**	TSA**	50,69±2,92	125,2±3,3
Ağır Metaller	50 µg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Toplam Bakteri*	500 adet/mL	0	100±6	4±1	3±1
<i>Escherichia Coli</i>	0 adet/mL	0	0	0	0
Fekal Streptokoklar	0 adet/mL	0	0	0	0
Bakteriyel Endotoksin	EU/mL	11,050 ±0,009	17,020 ±0,003	0,5040 ±0,0041	8,6300 ±0,0013

* 500 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.14 – 4.19’da 3. periyot ham su analiz sonuçları görülmektedir.

Çizelge 4.14 Marmara Bölgesi 3. periyot ham su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Edirne	İstanbul Anadolu	İstanbul Avrupa	Bursa
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	40 Fr.S°	12,46	12,46	16,02	23,14
pH	6,5 < pH < 9,5	7,62±0,01	7,74±0,01	7,18±0,02	7,31±0,01
İletkenlik	2,5 mS/cm	0,45±0,02	0,64±0,01	0,88±0,01	0,69±0,01
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun değil	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	0,2<N<0,3	< 0,1	< 0,1
Klorür	250 mg/L	56,72±0,05	21,00±0,14	77,00±0,43	10,64±0,03
Florür	1,5 mg/L	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Nitrat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Sülfat	250 mg/L	42,525 ±0,042	31,045 ±0,023	53,358 ±0,064	44,719 ±0,029
Alüminyum	200 µg/L	90,787 ±1,144	33,278 ±1,221	61,531 ±2,104	TSA**
Amonyum	0,5 mg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Kalsiyum	200 mg/L	36±1	48±1	46±2	80±2
Magnezyum	50 mg/L	38±1	58±1	58±3	49±3
Cıva	1,0 µg/L	0,22±0,04	0,14±0,02	0,14±0,07	TSA**
Potasyum	12000 µg/L	7017±2	3930±3	9351±3	2914±2
Sodyum	200 mg/L	15,40±0,01	13,70±0,01	30,70±0,04	6,50±0,02
Çinko	5000 µg/L	TSA**	73,22±1,93	9,974±0,890	82,01±1,14
Ağır Metaller	50 µg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Toplam Bakteri*	500 adet/mL	0	0	0	0
<i>Eschericha Coli</i>	0 adet/mL	0	0	0	0
Fekal Streptokoklar	0 adet/mL	0	0	0	0
Bakteriyel Endotoksin	EU/mL	11,700 ±0,009	8,2800 ±0,0014	2,3200 ±0,0023	0,7325 ±0,0013

* 500 adet 1 mL’deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.15 Ege Bölgesi 3. periyot ham su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Balıkesir	Manisa	İzmir I	İzmir II
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	40 Fr.S°	16,02	24,92	21,36	17,8
pH	6,5 < pH < 9,5	7,80±0,01	7,79±0,01	7,54±0,02	8,34±0,02
İletkenlik	2,5 mS/cm	0,50±0,02	0,59±0,03	0,61±0,02	0,56±0,01
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun değil	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	250 mg/L	11,82±0,04	14,18±0,01	35,45±0,05	53,18±0,11
Florür	1,5 mg/L	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Nitrat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Sülfat	250 mg/L	37,196 ±0,016	24,637 ±0,023	25,520 ±0,019	30,153 ±0,013
Alüminyum	200 µg/L	3,7385 ±0,9414	3,6498 ±0,0937	35,333 ±1,111	82,587 ±2,101
Amonyum	0,5 mg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Kalsiyum	200 mg/L	40±1	60±1	64±2	44±1
Magnezyum	50 mg/L	44±4	53±4	95±2	97±2
Cıva	1,0 µg/L	TSA**	0,158±0,01	TSA**	TSA**
Potasyum	12000 µg/L	1400±1	479,6±2,0	3885±3	6752±3
Sodyum	200 mg/L	9,40±0,06	7,30±0,02	16,00±0,02	12,20±0,01
Çinko	5000 µg/L	263,9±1,0	197,9±1,1	TSA**	TSA**
Ağır Metaller	50 µg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Toplam Bakteri*	500 adet/mL	0	0	25±2	5±1
<i>Escherichia Coli</i>	0 adet/mL	0	0	0	0
Fekal Streptokoklar	0 adet/mL	0	0	0	0
Bakteriyel Endotoksin	EU/mL	21,45 ±0,01	0,7790 ±0,0089	0,0671 ±0,0002	11,30 ±0,01

* 500 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.16 İç Anadolu Bölgesi 3. periyot ham su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Kocaeli	Ankara	Konya	Kayseri
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	40 Fr.S°	10,68	10,68	28,48	10,68
pH	6,5 < pH < 9,5	7,85±0,01	6,92±0,02	7,34±0,01	7,47±0,02
İletkenlik	2,5 mS/cm	0,31±0,01	0,52±0,01	1,24±0,01	0,43±0,01
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	250 mg/L	21,27±1,54	63,81±1,15	17,00±0,66	36,24±2,14
Florür	1,5 mg/L	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Nitrat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Sülfat	250 mg/L	21,577 ±0,006	28,918 ±0,012	41,695 ±0,018	24,469 ±0,005
Alüminyum	200 µg/L	35,856 ±0,999	97,680 ±0,923	41,1876 ±1,0134	38,944 ±0,094
Amonyum	0,5 mg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Kalsiyum	200 mg/L	36±2	38±5	60±3	28±4
Magnezyum	50 mg/L	24±2	48±3	58±2	43±1
Cıva	1,0 µg/L	0,04±0,02	TSA**	0,02±0,01	0,12±0,03
Potasyum	12000 µg/L	117±1	1050±1	2319±1	7571±2
Sodyum	200 mg/L	3,60±0,02	8,10±0,08	4,20±0,03	14,60±0,04
Çinko	5000 µg/L	243,8±2,0	58,44±1,03	251,8±1,9	70,27±2,24
Ağır Metaller	50 µg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Toplam Bakteri*	500 adet/mL	150±6	100±3	0	0
<i>Eschericha Coli</i>	0 adet/mL	0	0	0	0
Fekal Streptokoklar	0 adet/mL	0	0	0	0
Bakteriyel Endotoksin	EU/mL	8,8050 ±0,0093	9,1500 ±0,0087	0,3800 ±0,0008	0,2325 ±0,0021

* 500 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.17 Akdeniz Bölgesi 3. periyot ham su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Antalya	İçel	Adana	Antakya
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	40 Fr.S°	32,04	17,80	17,80	16,02
pH	6,5 < pH < 9,5	7,96±0,02	8,01±0,02	7,96±0,01	8,67±0,01
İletkenlik	2,5 mS/cm	0,77±0,01	0,38±0,02	0,54±0,01	0,55±0,01
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	0,1<N<0,2	< 0,1	0,1
Klorür	250 mg/L	7,09±0,15	38,00±1,06	10,64±1,21	21,27±1,94
Florür	1,5 mg/L	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Nitrat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Sülfat	250 mg/L	21,917 ±0,009	21,154 ±0,011	43,572 ±0,003	7,7495 ±0,0060
Alüminyum	200 µg/L	TSA**	86,835 ±1,099	TSA**	2,5579 ±0,0089
Amonyum	0,5 mg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Kalsiyum	200 mg/L	88±4	52±6	42±5	24±5
Magnezyum	50 mg/L	73±3	34±6	34±4	63±4
Cıva	1,0 µg/L	TSA**	0,49±0,02	0,04±0,02	TSA**
Potasyum	12000 µg/L	196,5±2,1	1039±1	282,3±1,0	TSA**
Sodyum	200 mg/L	12,20±0,02	7,70±0,01	14,20±0,04	11,90±0,04
Çinko	5000 µg/L	26,93±0,17	TSA**	161,6±1,8	39,05±1,11
Ağır Metaller	50 µg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Toplam Bakteri*	500 adet/mL	0	0	15±2	10±1
<i>Escherichia Coli</i>	0 adet/mL	0	0	0	0
Fekal Streptokoklar	0 adet/mL	0	0	0	0
Bakteriyel Endotoksin	EU/mL	2,4500 ±0,0013	3,8400 ±0,0017	31,950 ±0,092	1,0900 ±0,0065

* 500 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.18 Güneydoğu Anadolu Bölgesi 3. periyot ham su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	K.Maraş	Osmaniye	Adıyaman	Gaziantep
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	40 Fr.S°	16,02	16,02	12,46	26,70
pH	6,5 < pH < 9,5	8,21±0,01	8,26±0,01	8,41±0,01	8,32±0,01
İletkenlik	2,5 mS/cm	0,50±0,01	0,57±0,02	0,37±0,01	0,75±0,01
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	250 mg/L	17,00±0,98	28,36±0,93	3,55±0,05	7,09±0,04
Florür	1,5 mg/L	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Nitrat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Sülfat	250 mg/L	5,4320 ±0,0140	32,339 ±0,032	3,8516 ±0,0560	3,4084 ±0,0340
Alüminyum	200 µg/L	18,319 ±1,008	5,4785 ±0,0916	26,869 ±1,072	32,545 ±2,103
Amonyum	0,5 mg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Kalsiyum	200 mg/L	60±1	46±2	42±2	74±1
Magnezyum	50 mg/L	63±2	46±2	41±2	72±3
Cıva	1,0 µg/L	0,25±0,02	0,02±0,02	0,24±0,02	0,16±0,01
Potasyum	12000 µg/L	926±1	275,8±1,0	549,1±1,9	1409±2
Sodyum	200 mg/L	3,70±0,02	11,40±0,04	3,50±0,01	5,20±0,02
Çinko	5000 µg/L	TSA**	14,21±1,14	TSA**	TSA**
Ağır Metaller	50 µg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Toplam Bakteri*	500 adet/mL	0	0	3±1	4±1
<i>Eschericha Coli</i>	0 adet/mL	0	0	0	0
Fekal Streptokoklar	0 adet/mL	0	0	0	0
Bakteriyel Endotoksin	EU/mL	0,0717 ±0,0024	2,6150 ±0,0044	3,1250 ±0,0194	0,4785 ±0,0067

* 500 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.19 Doğu Anadolu Bölgesi 3. periyot ham su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Ordu	Erzurum	Malatya	Diyarbakır
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	40 Fr.S°	17,8	8,90	19,58	16,02
pH	6,5 < pH < 9,5	7,61±0,01	7,87±0,01	8,20±0,02	7,91±0,01
İletkenlik	2,5 mS/cm	0,95±0,02	0,29±0,01	0,31±0,03	0,36±0,01
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1
Klorür	250 mg/L	7,09±0,09	7,09±0,09	21,00±0,15	7,09±0,10
Florür	1,5 mg/L	< 1,5	< 1,5	< 1,5	< 1,5
Nitrat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Sülfat	250 mg/L	42,115 ±0,011	3,1113 ±0,014	7,5136 ±0,021	27,294 ±0,018
Alüminyum	200 µg/L	64,555 ±1,016	17,927 ±0,908	69,874 ±1,107	13,289 ±1,001
Amonyum	0,5 mg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Kalsiyum	200 mg/L	64±2	32±2	44±2	28±1
Magnezyum	50 mg/L	102±4	19±2	36±2	58±1
Cıva	1,0 µg/L	0,03±0,02	TSA**	0,15±0,02	0,13±0,01
Potasyum	12000 µg/L	2809±1	6101±1	375,9±2,1	1701±1
Sodyum	200 mg/L	11,90±0,04	6,50±0,03	2,40±0,02	3,50±0,02
Çinko	5000 µg/L	294,1±0,8	TSA**	TSA**	121±1
Ağır Metaller	50 µg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Toplam Bakteri*	500 adet/mL	0	0	0	0
<i>Escherichia Coli</i>	0 adet/mL	0	0	0	0
Fekal Streptokoklar	0 adet/mL	0	0	0	0
Bakteriyel Endotoksin	EU/mL	4,2200 ±0,0016	5,2420 ±0,0101	0,8300 ±0,0022	5,9600 ±0,0124

* 500 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.20 – 4.25’de 1. periyot RO su analiz sonuçları görülmektedir.

Çizelge 4.20 Marmara Bölgesi 1. periyot RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Edirne	İstanbul Anadolu	İstanbul Avrupa	Bursa
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
pH	5 < pH < 7	6,33±0,01	6,62±0,01	6,71±0,02	6,86±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	7,3±0,9	13,8±1,0	19,4±0,8	8,0±0,4
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Florür	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Nitrat	2 mg/L	< 2	< 2	< 2	< 2
Sülfat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Alüminyum	10 µg/L	0	0	0	0
Amonyum	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Kalsiyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Magnezyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Cıva	1 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Potasyum	2000 µg/L	14,12±0,77	TSA**	TSA**	TSA**
Sodyum	50 mg/L	1,80±0,03	1,50±0,04	2,30±0,04	1,30±0,01
Çinko	100 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri*	100 adet/mL	45±1	2	0	43±2
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0322 ±0,0008	0,0056 ±0,0012	0,0024 ±0,0005	0,0186 ±0,0021

* 100 adet 1 mL’deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.21 Ege Bölgesi 1. periyot RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Balıkesir	Manisa	İzmir I	İzmir II
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
pH	5 < pH < 7	6,69±0,02	5,99±0,01	6,32±0,01	6,75±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	17,9±0,7	19,7±0,4	8,8±0,2	5,3±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Florür	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Nitrat	2 mg/L	< 2	< 2	< 2	< 2
Sülfat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Alüminyum	10 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Amonyum	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Kalsiyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Magnezyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Cıva	1 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Potasyum	2000 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	14,56±0,63
Sodyum	50 mg/L	1,9±0,01	4,3±0,02	0,7±0,03	0
Çinko	100 µg/L	0	2,640 ±0,070	1,919 ±0,043	1,605 ±0,038
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri*	100 adet/mL	125±2	125±1	7±1	0
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0390 ±0,0007	0,0362 ±0,0004	0,0475 ±0,0003	0,0488 ±0,0009

* 100 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.22 İç Anadolu Bölgesi 1. periyot RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Kocaeli	Ankara	Konya	Kayseri
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
pH	5 < pH < 7	5,20±0,01	5,57±0,01	6,51±0,02	5,82±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	5,4±0,2	12,0±0,5	9,6±0,4	16,1±0,3
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Florür	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Nitrat	2 mg/L	< 2	< 2	< 2	< 2
Sülfat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Alüminyum	10 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Amonyum	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Kalsiyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Magnezyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Cıva	1 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Potasyum	2000 µg/L	TSA**	TSA**	368,1±1,2	TSA**
Sodyum	50 mg/L	1,40±0,01	0,30±0,01	1,10±0,01	1,80±0,01
Çinko	100 µg/L	3,179 ±0,063	2,941 ±0,044	1,905 ±0,032	84,10 ±0,021
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri*	100 adet/mL	65±1	4	15±1	0
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0736 ±0,0006	0,0212 ±0,0004	0,0142 ±0,0003	0,0384 ±0,0004

* 100 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.23 Akdeniz Bölgesi 1. periyot RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Antalya	İçel	Adana	Antakya
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
pH	5 < pH < 7	6,83±0,01	6,28±0,01	6,66±0,02	6,67±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	14,8±0,4	10,2±0,3	8,2±0,1	15,6±0,2
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Florür	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Nitrat	2 mg/L	< 2	< 2	< 2	< 2
Sülfat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Alüminyum	10 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Amonyum	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Kalsiyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Magnezyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Cıva	1 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Potasyum	2000 µg/L	87,80±1,63	TSA**	6,03±0,62	TSA**
Sodyum	50 mg/L	2,40±0,01	1,50±0,01	1,30±0,02	2,20±0,02
Çinko	100 µg/L	1,099 ±0,043	6,577 ±0,032	1,424 ±0,009	TSA**
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri*	100 adet/mL	0	22±1	19±1	130±2
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0297 ±0,0005	0,0336 ±0,0004	0,1045 ±0,0223	0,0264 ±0,0003

* 100 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.24 Güneydoğu Anadolu Bölgesi 1. periyot RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	K.Maraş	Osmaniye	Adıyaman	Gaziantep
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
pH	5 < pH < 7	6,98±0,01	5,55±0,01	6,65±0,02	5,32±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	5,1±0,1	2,2±0,1	6,8±0,1	8,0±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Florür	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Nitrat	2 mg/L	< 2	< 2	< 2	< 2
Sülfat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Alüminyum	10 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Amonyum	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Kalsiyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Magnezyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Cıva	1 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Potasyum	2000 µg/L	249,9±2,2	TSA**	12,15±0,65	TSA**
Sodyum	50 mg/L	2,60±0,01	0,80±0,01	1,50±0,01	1,90±0,02
Çinko	100 µg/L	0,172 ±0,021	TSA**	TSA**	1,326 ±0,031
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri*	100 adet/mL	150±2	0	10±1	0
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0293 ±0,0002	0,0003 ±0,0004	0,0320 ±0,0003	0,0047 ±0,0003

* 100 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.25 Doğu Anadolu Bölgesi 1. periyot RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Ordu	Erzurum	Malatya	Diyarbakır
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
pH	5 < pH < 7	6,72±0,01	6,20±0,01	5,43±0,02	6,52±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	24,7±0,2	3,6±0,1	17,2±0,1	16,5±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Florür	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Nitrat	2 mg/L	< 2	< 2	< 2	< 2
Sülfat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Alüminyum	10 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Amonyum	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Kalsiyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Magnezyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Cıva	1 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Potasyum	2000 µg/L	TSA**	395,6±3,3	TSA**	211,5±3,2
Sodyum	50 mg/L	1,60±0,01	0,40±0,01	1,30±0,02	2,60±0,01
Çinko	100 µg/L	0,246 ±0,031	4,382 ±0,023	0,334 ±0,004	2,152 ±0,006
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri*	100 adet/mL	0	14±1	200±1	150±2
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0269 ±0,0002	0,0078 ±0,0003	0,0078 ±0,0002	0,1220 ±0,0063

* 100 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.26 – 4.31’de 2. periyot RO su analiz sonuçları görülmektedir.

Çizelge 4.26 Marmara Bölgesi 2. periyot RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Edirne	İstanbul Anadolu	İstanbul Avrupa	Bursa
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
pH	5 < pH < 7	6,72±0,01	6,58±0,02	6,21±0,02	6,84±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	8,7±0,1	29,3±0,2	12,3±0,1	13,6±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Florür	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Nitrat	2 mg/L	< 2	< 2	< 2	< 2
Sülfat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Alüminyum	10 µg/L	0,8126 ±0,0001	0,3097 ±0,0001	3,0816 ±0,0002	TSA**
Amonyum	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Kalsiyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Magnezyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Cıva	1 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Potasyum	2000 µg/L	2,38±0,04	TSA**	58,01±0,94	TSA**
Sodyum	50 mg/L	2,20±0,01	3,50±0,02	3,10±0,01	0,50±0,01
Çinko	100 µg/L	TSA**	24,75 ±0,04	TSA**	2,070 ±0,001
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri*	100 adet/mL	10±1	20±1	250±2	0
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0084 ±0,0001	0,0078 ±0,0001	0,0226 ±0,0002	0,0030 ±0,0001

* 100 adet 1 mL’deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.27 Ege Bölgesi 2. periyot RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Balıkesir	Manisa	İzmir I	İzmir II
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
pH	5 < pH < 7	6,79±0,01	6,60±0,01	6,61±0,02	6,25±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	17,2±0,12	19,5±0,14	8,4±0,09	4,2±0,03
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Florür	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Nitrat	2 mg/L	< 2	< 2	< 2	< 2
Sülfat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Alüminyum	10 µg/L	TSA**	1,3567 ±0,0003	TSA**	1,7704 ±0,0002
Amonyum	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Kalsiyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Magnezyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Cıva	1 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Potasyum	2000 µg/L	9,92±0,12	TSA**	2,32±0,04	TSA**
Sodyum	50 mg/L	2,80±0,01	5,40±0,01	1,90±0,02	0,70±0,01
Çinko	100 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri*	100 adet/mL	200±2	3	16±1	15±1
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,1575 ±0,0012	0,0132 ±0,0014	0,0078 ±0,0003	0,0361 ±0,0013

* 100 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.28 İç Anadolu Bölgesi 2. periyot RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Kocaeli	Ankara	Konya	Kayseri
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
pH	5 < pH < 7	5,31±0,01	5,62±0,01	6,61±0,02	6,80±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	6,6±0,1	12,8±0,1	9,1±0,1	8,6±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Florür	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Nitrat	2 mg/L	< 2	< 2	< 2	< 2
Sülfat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Alüminyum	10 µg/L	0,6559 ±0,0005	TSA**	4,4674 ±0,0011	0
Amonyum	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Kalsiyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Magnezyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Cıva	1 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Potasyum	2000 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	28,16±0,72
Sodyum	50 mg/L	1,50±0,02	1,80±0,01	1,10±0,02	2,10±0,01
Çinko	100 µg/L	6,118 ±0,009	TSA**	0,578 ±0,002	TSA**
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri*	100 adet/mL	20±3	6±1	15±1	0
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0003 ±0,0001	0,0374 ±0,0005	0,0142 ±0,0013	0,0093 ±0,0008

* 100 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.29 Akdeniz Bölgesi 2. periyot RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Antalya	İçel	Adana	Antakya
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
pH	5 < pH < 7	6,82±0,01	6,96±0,01	6,01±0,02	6,99±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	11,4±0,1	30,7±0,1	5,3±0,1	54,4±0,2
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Florür	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Nitrat	2 mg/L	< 2	< 2	< 2	< 2
Sülfat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Alüminyum	10 µg/L	TSA**	0,3476 ±0,0001	TSA**	TSA**
Amonyum	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Kalsiyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Magnezyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Cıva	1 µg/L	0,24±0,04	0,16±0,02	TSA**	TSA**
Potasyum	2000 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Sodyum	50 mg/L	2,00±0,02	2,00±0,02	1,30±0,03	2,50±0,01
Çinko	100 µg/L	TSA**	TSA**	2,538 ±0,008	2,798 ±0,011
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri*	100 adet/mL	20±2	25±1	0	0
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0078 ±0,0001	0,0078 ±0,0001	0,0330 ±0,0012	0,0265 ±0,0012

* 100 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.30 Güneydoğu Anadolu Bölgesi 2. periyot RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	K.Maraş	Osmaniye	Adıyaman	Gaziantep
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
pH	5 < pH < 7	7,02±0,02	6,82±0,01	6,98±0,02	6,39±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	14,4±0,1	7,1±0,1	20,3±0,2	6,4±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Florür	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Nitrat	2 mg/L	< 2	< 2	< 2	< 2
Sülfat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Alüminyum	10 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Amonyum	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Kalsiyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Magnezyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Cıva	1 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Potasyum	2000 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Sodyum	50 mg/L	1,20±0,01	0,30±0,01	2,90±0,02	3,60±0,02
Çinko	100 µg/L	TSA**	1,234 ±0,013	TSA**	TSA**
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri*	100 adet/mL	0	0	0	0
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0080 ±0,0001	0,0382 ±0,0012	0,0616 ±0,0011	0,0078 ±0,0001

* 100 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.31 Doğu Anadolu Bölgesi 2. periyot RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Ordu	Erzurum	Malatya	Diyarbakır
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
pH	5 < pH < 7	6,77±0,01	6,70±0,01	6,03±0,02	6,52±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	27,1±0,2	3,2±0,1	16,7±0,1	11,9±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Florür	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Nitrat	2 mg/L	< 2	< 2	< 2	< 2
Sülfat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Alüminyum	10 µg/L	TSA**	TSA**	2,0142 ±0,0010	TSA**
Amonyum	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Kalsiyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Magnezyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Cıva	1 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Potasyum	2000 µg/L	TSA**	101,6±0,9	TSA**	114,2±0,9
Sodyum	50 mg/L	1,30±0,01	0,50±0,01	1,90±0,01	2,80±0,01
Çinko	100 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri*	100 adet/mL	0	1	0	0
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0104 ±0,0010	0,0078 ±0,0001	0,0182 ±0,0016	0,0109 ±0,0017

* 100 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.32 – 4.37’de 3. periyot RO su analiz sonuçları görülmektedir.

Çizelge 4.32 Marmara Bölgesi 3. periyot RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Edirne	İstanbul Anadolu	İstanbul Avrupa	Bursa
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
pH	5 < pH < 7	6,91±0,01	6,37±0,01	5,93±0,02	6,47±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	8,6±0,1	12,7±0,1	10,4±0,1	7,2±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Florür	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Nitrat	2 mg/L	< 2	< 2	< 2	< 2
Sülfat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Alüminyum	10 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	0,6231 ±0,0015
Amonyum	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Kalsiyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Magnezyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Cıva	1 µg/L	TSA**	0,14±0,03	0,29±0,04	TSA**
Potasyum	2000 µg/L	96,44±0,82	4,17±0,32	2,12±0,11	TSA**
Sodyum	50 mg/L	1,80±0,02	3,70±0,02	3,40±0,01	0,90±0,01
Çinko	100 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri*	100 adet/mL	28±1	0	24±2	24±1
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0800 ±0,0011	0,0178 ±0,0009	0,0218 ±0,0013	0,0078 ±0,0001

* 100 adet 1 mL’deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.33 Ege Bölgesi 3. periyot RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Balıkesir	Manisa	İzmir I	İzmir II
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
pH	5 < pH < 7	6,70±0,02	5,31±0,02	5,75±0,02	5,98±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	6,7±0,1	6,7±0,1	10,8±0,1	5,2±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Florür	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Nitrat	2 mg/L	< 2	< 2	< 2	< 2
Sülfat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Alüminyum	10 µg/L	2,6920 ±0,0014	1,5188 ±0,0009	TSA**	4,3848 ±0,0018
Amonyum	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Kalsiyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Magnezyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Cıva	1 µg/L	TSA**	0,16±0,05	TSA**	TSA**
Potasyum	2000 µg/L	146,7±0,9	11,01±0,08	4,73±0,10	TSA**
Sodyum	50 mg/L	1,20±0,01	6,30±0,01	3,00±0,02	0,50±0,01
Çinko	100 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri*	100 adet/mL	110±3	14±1	73±3	40±2
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0098 ±0,0010	0,0446 ±0,0013	0,0106 ±0,0003	0,0078 ±0,0001

* 100 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.34 İç Anadolu Bölgesi 3. periyot RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Kocaeli	Ankara	Konya	Kayseri
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
pH	5 < pH < 7	6,29±0,01	5,60±0,01	5,98±0,01	6,60±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	6,4±0,1	13,3±0,1	44,7±0,2	15,2±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Florür	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Nitrat	2 mg/L	< 2	< 2	< 2	< 2
Sülfat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Alüminyum	10 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Amonyum	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Kalsiyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Magnezyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Cıva	1 µg/L	0,01±0,01	TSA**	0,02±0,01	0,09±0,01
Potasyum	2000 µg/L	2,24±0,04	TSA**	TSA**	21,06±0,12
Sodyum	50 mg/L	1,60±0,01	0,60±0,01	2,10±0,01	1,90±0,01
Çinko	100 µg/L	1,972±0,012	TSA**	55,68±0,03	TSA**
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri*	100 adet/mL	1	14±2	0	3±1
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0275 ±0,0021	0,0252 ±0,0016	0,0078 ±0,0001	0,0300 ±0,0017

* 100 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.35 Akdeniz Bölgesi 3. periyot RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Antalya	İçel	Adana	Antakya
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
pH	5 < pH < 7	6,33±0,01	6,99±0,02	6,44±0,02	6,60±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	6,3±0,1	5,2±0,1	5,3±0,1	14,2±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Florür	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Nitrat	2 mg/L	< 2	< 2	< 2	< 2
Sülfat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Alüminyum	10 µg/L	1,8424 ±0,0016	3,5323 ±0,0019	TSA**	9,3500 ±0,0022
Amonyum	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Kalsiyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Magnezyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Cıva	1 µg/L	TSA**	0,10±0,03	0,04±0,02	0,64±0,02
Potasyum	2000 µg/L	TSA**	18,87±0,14	2,89±0,06	TSA**
Sodyum	50 mg/L	1,80±0,01	1,30±0,01	2,20±0,02	2,80±0,01
Çinko	100 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri*	100 adet/mL	0	20±2	0	0
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0078 ±0,0001	0,0078 ±0,0001	0,0240 ±0,0022	0,0209 ±0,0018

* 100 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.36 Güneydoğu Anadolu Bölgesi 3. periyot RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	K.Maraş	Osmaniye	Adıyaman	Gaziantep
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
pH	5 < pH < 7	6,97±0,01	6,51±0,02	6,99±0,02	6,24±0,02
İletkenlik	50 µS/cm	12,7±0,1	4,4±0,1	12,4±0,1	6,6±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Florür	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Nitrat	2 mg/L	< 2	< 2	< 2	< 2
Sülfat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Alüminyum	10 µg/L	1,6120 ±0,0110	TSA**	0,5158 ±0,0012	0,6753 ±0,0021
Amonyum	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Kalsiyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Magnezyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Cıva	1 µg/L	0,243±0,03	0,02±0,01	TSA**	0,16±0,02
Potasyum	2000 µg/L	TSA**	10,59±0,25	29,58±0,32	29,15±0,48
Sodyum	50 mg/L	4,40±0,01	0,90±0,01	3,20±0,02	1,70±0,02
Çinko	100 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri*	100 adet/mL	7±1	5±1	100±2	4±1
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0318 ±0,0009	0,0398 ±0,0011	0,0451 ±0,0005	0,0288 ±0,0021

* 100 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.37 Doğu Anadolu Bölgesi 3. periyot RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Ordu	Erzurum	Malatya	Diyarbakır
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
pH	5 < pH < 7	5,71±0,01	6,20±0,01	5,19±0,02	6,88±0,03
İletkenlik	50 µS/cm	3,9±0,1	6,4±0,2	6,5±0,1	20,1±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Klor	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Klorür	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Florür	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Nitrat	2 mg/L	< 2	< 2	< 2	< 2
Sülfat	50 mg/L	< 50	< 50	< 50	< 50
Alüminyum	10 µg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Amonyum	0,2 mg/L	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Kalsiyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Magnezyum	2 mg/L	TSA**	TSA**	TSA**	TSA**
Cıva	1 µg/L	0,009±0,00	TSA**	0,14±0,02	0,14±0,01
Potasyum	2000 µg/L	TSA**	202,9±1,0	30,67±0,78	TSA**
Sodyum	50 mg/L	1,50±0,02	0,40±0,01	3,10±0,01	2,00±0,01
Çinko	100 µg/L	31,34±0,024	TSA**	TSA**	TSA**
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri*	100 adet/mL	0	2	3	50±1
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0080 ±0,0001	0,0078 ±0,0001	0,0125 ±0,0021	0,0134 ±0,0016

* 100 adet 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır.

** TSA (Tayin Sınırı Altında): Uygulanan metodun tayin sınırının altındadır.

Çizelge 4.38 – 4.55'de geri dönüş hattı analiz sonuçları görülmektedir. Toplam bakteri analizleri için 100 adet, 1 mL'deki limit değeridir, analizler 50 mL olarak yapılmıştır. TSA, uygulanan metodun tayin sınırının altında olduğunu ifade etmektedir.

Çizelge 4.38 Marmara Bölgesi 1. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Edirne	İstanbul Anadolu	İstanbul Avrupa	Bursa
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA	TSA	TSA	TSA
pH	5 < pH < 7	7,53±0,01	6,81±0,02	6,28±0,02	6,75±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	8,7±0,1	12,5±0,1	16,4±0,1	8,3±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri	100 adet/mL	1	1	13±1	78±1
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0378 ±0,0016	0,0048 ±0,0007	0,0214 ±0,0019	0,0194 ±0,0012

Çizelge 4.39 Ege Bölgesi 1. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Balıkesir	Manisa	İzmir I	İzmir II
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA	TSA	TSA	TSA
pH	5 < pH < 7	6,08±0,01	6,40±0,02	5,96±0,02	5,55±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	15,3±0,1	18,2±0,2	11,8±0,1	5,3±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri	100 adet/mL	125±2	60±2	10±1	25±1
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0390 ±0,0012	0,1230 ±0,0045	0,0988 ±0,0013	0,0324 ±0,0009

Çizelge 4.40 İç Anadolu Bölgesi 1. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Kocaeli	Ankara	Konya	Kayseri
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA	TSA	TSA	TSA
pH	5 < pH < 7	7,12±0,01	6,69±0,02	7,72±0,01	6,96±0,02
İletkenlik	50 µS/cm	4,6±0,1	12,8±0,1	15,6±0,1	8,1±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri	100 adet/mL	15±1	250±8	1	7±1
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,1305 ±0,0016	0,0410 ±0,0009	0,0296 ±0,0013	0,0209 ±0,0018

Çizelge 4.41 Akdeniz Bölgesi 1. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Antalya	İçel	Adana	Antakya
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA	TSA	TSA	TSA
pH	5 < pH < 7	6,44±0,01	6,92±0,01	6,83±0,01	7,06±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	15,5±0,1	6,2±0,1	5,2±0,1	13,8±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri	100 adet/mL	30±1	0	38±1	160±5
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0078 ±0,0001	0,0231 ±0,0019	0,2310 ±0,0021	0,0448 ±0,0022

Çizelge 4.42 Güneydoğu Anadolu Bölgesi 1. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	K.Maraş	Osmaniye	Adıyaman	Gaziantep
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA	TSA	TSA	TSA
pH	5 < pH < 7	6,91±0,01	7,14±0,01	7,29±0,01	9,06±0,02
İletkenlik	50 µS/cm	13,1±0,1	3,2±0,1	17,5±0,1	6,7±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri	100 adet/mL	56±5	100±3	2±1	6±1
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0946 ±0,0012	0,0218 ±0,0009	0,0552 ±0,0012	0,0174 ±0,0007

Çizelge 4.43 Doğu Anadolu Bölgesi 1. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Ordu	Erzurum	Malatya	Diyarbakır
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA	TSA	TSA	TSA
pH	5 < pH < 7	6,21±0,01	6,72±0,02	6,98±0,01	8,93±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	4,8±0,1	8,4±0,1	6,2±0,1	6,9±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri	100 adet/mL	110±8	0	25±1	150±3
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,1325 ±0,0187	0,0061 ±0,0001	0,0240 ±0,0012	0,2235 ±0,0134

Çizelge 4.44 Marmara Bölgesi 2. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Edirne	İstanbul Anadolu	İstanbul Avrupa	Bursa
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA	TSA	TSA	TSA
pH	5 < pH < 7	6,28±0,01	7,57±0,02	6,26±0,02	6,57±0,02
İletkenlik	50 µS/cm	25,0±0,1	10,0±0,1	19,5±0,2	11,4±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri	100 adet/mL	5±1	50±4	50±5	1
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,1199 ±0,0102	0,1042 ±0,0091	0,0143 ±0,0018	0,0078 ±0,0001

Çizelge 4.45 Ege Bölgesi 2. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Balıkesir	Manisa	İzmir I	İzmir II
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA	TSA	TSA	TSA
pH	5 < pH < 7	5,52±0,01	6,50±0,01	6,93±0,01	6,61±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	8,3±0,1	47,4±0,1	8,6±0,1	4,8±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri	100 adet/mL	140±7	53±4	35±2	15±1
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,2420 ±0,0112	0,0586 ±0,0008	0,0199 ±0,0009	0,0078 ±0,0001

Çizelge 4.46 İç Anadolu Bölgesi 2. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Kocaeli	Ankara	Konya	Kayseri
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA	TSA	TSA	TSA
pH	5 < pH < 7	6,65±0,02	6,68±0,01	4,62±0,01	7,91±0,02
İletkenlik	50 µS/cm	4,1±0,1	12,0±0,1	52,1±0,2	9,3±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri	100 adet/mL	0	3±1	0	60±3
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0078 ±0,0001	0,1620 ±0,0021	0,0466 ±0,0018	0,2120 ±0,0118

Çizelge 4.47 Akdeniz Bölgesi 2. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Antalya	İçel	Adana	Antakya
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA	TSA	TSA	TSA
pH	5 < pH < 7	6,48±0,01	6,82±0,01	6,92±0,01	7,14±0,02
İletkenlik	50 µS/cm	12,2±0,2	7,4±0,4	9,1±0,2	16,1±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri	100 adet/mL	14±2	20±1	18±1	0
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0962 ±0,0015	0,0078 ±0,0001	0,0979 ±0,0018	0,1500 ±0,0128

Çizelge 4.48 Güneydoğu Anadolu Bölgesi 2. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	K.Maraş	Osmaniye	Adıyaman	Gaziantep
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA	TSA	TSA	TSA
pH	5 < pH < 7	7,03±0,01	6,65±0,01	6,98±0,02	6,85±0,02
İletkenlik	50 µS/cm	14,8±0,1	9,4±0,1	14,5±0,2	8,5±0,2
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri	100 adet/mL	1	12±2	3	0
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0117 ±0,0026	0,0766 ±0,0019	0,1845 ±0,0114	0,0128 ±0,0017

Çizelge 4.49 Doğu Anadolu Bölgesi 2. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Ordu	Erzurum	Malatya	Diyarbakır
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA	TSA	TSA	TSA
pH	5 < pH < 7	7,55±0,02	6,68±0,02	7,04±0,01	6,77±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	6,8±0,1	4,3±0,1	4,4±0,1	5,2±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri	100 adet/mL	0	1	0	30±2
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0109 ±0,0071	0,0078 ±0,0001	0,0314 ±0,0017	0,0694 ±0,0038

Çizelge 4.50 Marmara Bölgesi 3. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Edirne	İstanbul Anadolu	İstanbul Avrupa	Bursa
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA	TSA	TSA	TSA
pH	5 < pH < 7	7,15±0,01	5,88±0,02	5,81±0,02	6,44±0,02
İletkenlik	50 µS/cm	20,2±0,2	13,5±0,2	12,5±0,2	7,8±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri	100 adet/mL	160±8	112±9	31±5	28±4
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,2090 ±0,0123	0,1175 ±0,0141	0,1012 ±0,0014	0,0078 ±0,0001

Çizelge 4.51 Ege Bölgesi 3. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Balıkesir	Manisa	İzmir I	İzmir II
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA	TSA	TSA	TSA
pH	5 < pH < 7	6,30±0,01	6,77±0,02	6,71±0,01	6,85±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	3,6±0,1	24,0±0,2	24,2±0,2	6,1±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri	100 adet/mL	150±2	0	10±1	13±1
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0238 ±0,0121	0,0807 ±0,0018	0,1014 ±0,0019	0,0194 ±0,0011

Çizelge 4.52 İç Anadolu Bölgesi 3. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Kocaeli	Ankara	Konya	Kayseri
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA	TSA	TSA	TSA
pH	5 < pH < 7	6,84±0,01	6,59±0,01	6,48±0,01	7,02±0,02
İletkenlik	50 µS/cm	6,2±0,1	12,5±0,1	10,6±0,1	20,6±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri	100 adet/mL	32±1	8±1	0	0
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0494 ±0,0021	0,0125 ±0,0012	0,0171 ±0,0014	0,0372 ±0,0019

Çizelge 4.53 Akdeniz Bölgesi 3. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Antalya	İçel	Adana	Antakya
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA	TSA	TSA	TSA
pH	5 < pH < 7	5,88±0,01	7,05±0,01	7,22±0,01	7,24±0,02
İletkenlik	50 µS/cm	7,0±0,1	5,9±0,1	26,6±0,3	7,8±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri	100 adet/mL	60±1	0	0	0
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0153 ±0,0014	0,0078 ±0,0001	0,0330 ±0,0015	0,0306 ±0,0012

Çizelge 4.54 Güneydoğu Anadolu Bölgesi 3. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	K.Maraş	Osmaniye	Adıyaman	Gaziantep
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA	TSA	TSA	TSA
pH	5 < pH < 7	7,32±0,01	7,11±0,01	7,33±0,02	7,36±0,02
İletkenlik	50 µS/cm	13,1±0,1	10,4±0,1	14,6±0,1	7,4±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri	100 adet/mL	22±2	10±0,1	85±5	22±2
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0216 ±0,0015	0,1805 ±0,0119	0,1755 ±0,0115	0,0172 ±0,0113

Çizelge 4.55 Doğu Anadolu Bölgesi 3. periyot geri dönüş hattı RO su analiz sonuçları

Parametreler	Limit Değerleri	Ordu	Erzurum	Malatya	Diyarbakır
Görünüş	Berrak, Renksiz, Kokusuz	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Toplam Sertlik	0 Fr.S°	TSA	TSA	TSA	TSA
pH	5 < pH < 7	6,69±0,01	6,54±0,01	7,01±0,01	7,10±0,01
İletkenlik	50 µS/cm	1,8±0,1	6,3±0,1	5,9±0,1	12,3±0,1
Asitlik veya Bazlık	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Yükseltgenme Ürünleri	Teste Uygunluk	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun
Ağır Metaller	0,1 mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Toplam Bakteri	100 adet/mL	15±1	1	9±1	2
Bakteriyel Endotoksin	0,25 EU/mL	0,0202 ±0,0032	0,0078 ±0,0001	0,0380 ±0,0013	0,0151 ±0,0054

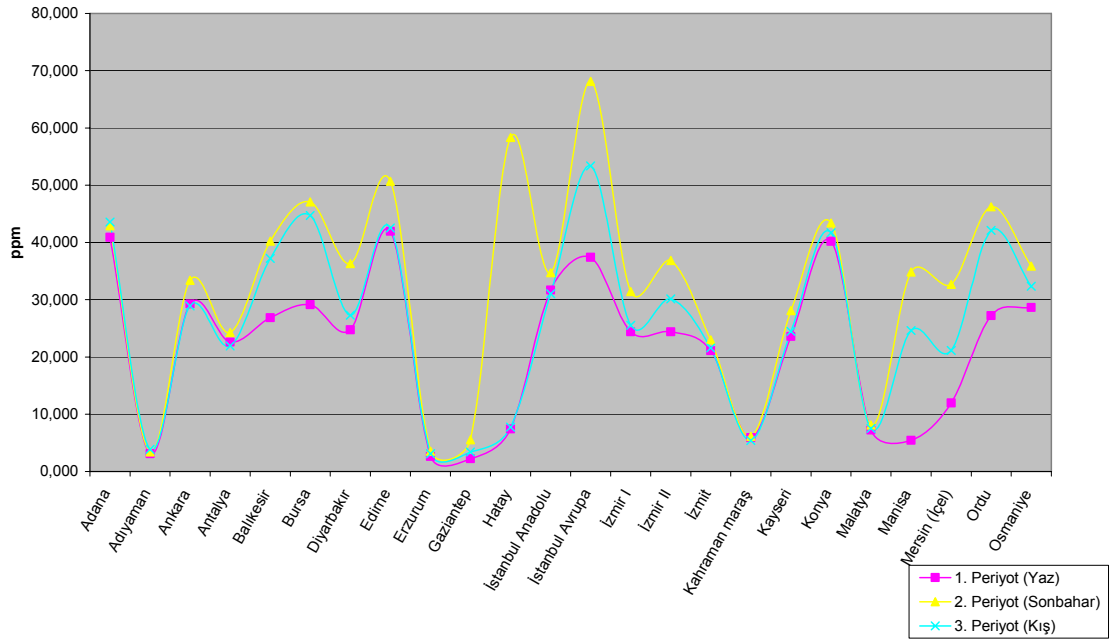
5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1 Ham Su Sonuçlarının Değerlendirilmesi

22 ildeki 24 klinikten 3 periyot boyunca alınan ham suların sertlik, pH, iletkenlik, klorür, sülfat ve sodyum değerleri karşılaştırılmış ve sonuçlar grafiğe aktarılmıştır. Bu grafikler incelendiğinde suların mevsimsel koşullar, coğrafik konumlar ve su kaynaklarının yarattığı şartlar sebebiyle farklılık gösterdiği ortaya çıkmıştır.

Sülfat Değişimi

Şekil 5.1’de görüldüğü üzere yağışın bol olduğu sonbahar aylarında topraktan suya sülfat geçmesi sonucu 2. periyot boyunca alınan numunelerde sülfat değerleri daha yüksektir. Yağış oranının sonbahara göre daha düşük olduğu kış aylarında 3. periyot boyunca alınan numunelerde sülfat değeri daha düşük çıkmıştır. Yağışın çok az olduğu yaz aylarında (1. periyot) alınan numunelerde ise sülfat değerleri en düşüktür. Bazı illerde bu genel eğilime uymayan durumlar da söz konusudur.



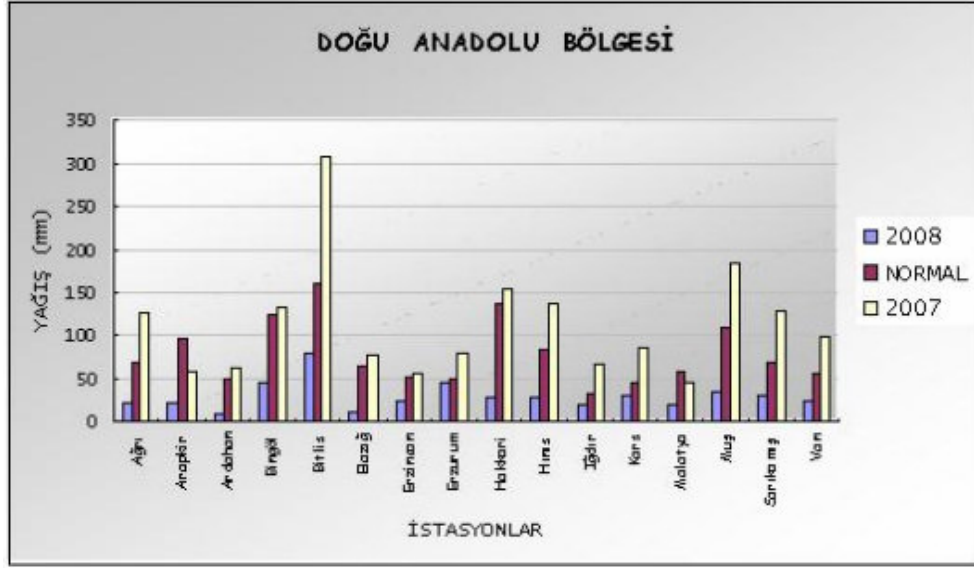
Şekil 5.1 Ham su sülfat içeriğinin illere göre değişim grafiği

Su kaynaklarının bulunduğu yerlerdeki toprağın yapısı da suyun kalitesini etkileyen sebeplerden birisidir. Sülfatın topraktaki değerlerinin yüksek olduğu yerlerde bu farklılık suyun kalitesine de yansımaktadır. Çizelge 5.1’de 2 ayrı şehirden alınan ham su numunesinin sülfat sonuçlarının 3 periyottaki değerleri yan yana getirilmiştir. Ne kadar yağış alırsa alsın su kaynağının bulunduğu yerde topraktaki sülfat değeri düşük olduğu sürece suda sülfata rastlanmamaktadır ve bu değer 3 periyot boyunca bir değişiklik göstermeyerek sabit kalmaktadır.

Çizelge 5.1 Ham su sülfat değerinin 3 periyot süresince değişimi

	Erzurum	Malatya
1. Periyot	2,6425 ppm	7,2204 ppm
2. Periyot	4,4814 ppm	8,1112 ppm
3. Periyot	3,1133 ppm	7,5136 ppm

Çizelgeden görüldüğü üzere 3 periyot boyunca sülfat değerleri arasında fazla bir değişiklik olmamıştır. Yani suyun kalitesi mevsimsel şartlardan bağımsız olarak bulunduğu coğrafik konumdan da etkilenmektedir. Su kaynağının bulunduğu yerin özelliklerinden kaynaklanan bu durumu Erzurum’un sülfat sonuçlarını inceleyerek açıklayabiliriz. ‘Meteoroloji Genel Müdürlüğü’ tarafından yapılan bir araştırma sonucu 2007 yılında Erzurum normalde beklenenden daha fazla yağış almıştır (Şekil 5.2). Yağışların artmasıyla birlikte sülfat sonuçlarının artması beklenirken periyotlar arasında sülfat değerlerinde fazla bir değişiklik olmamıştır. Bu durum yaz veya kış fark etmeksizin mevsimsel koşullardan bağımsız olarak o şehrin jeolojik yapısından kaynaklanmaktadır.

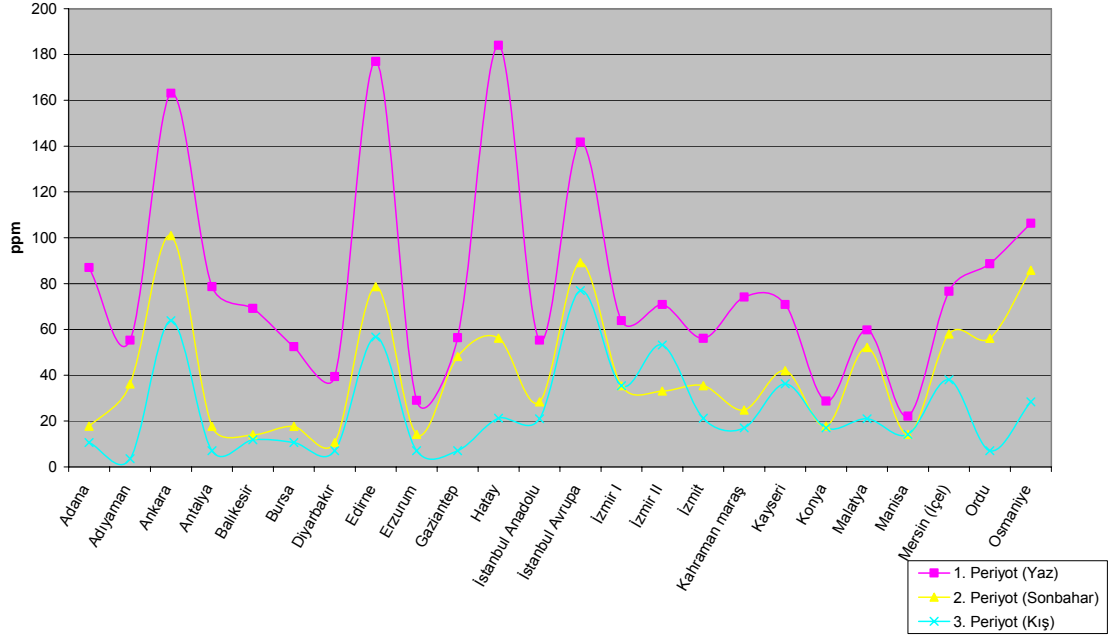


Şekil 5.2 Doğu Anadolu Bölgesi yağış durumu

Bütün illerin ham su sülfat değeri TS 266'daki limit değeri olan 250 ppm'nin altında bulunmuştur. İstanbul Avrupa yakası ve Hatay hariç bütün illerdeki ham su sülfat içeriği Avrupa Farmakopesi'nde verilen RO sudaki üst limit olan 50 ppm'in de altında bulunmuştur.

Klorür Değişimi

Şekil 5.3'te görüldüğü gibi bakteriyolojik kirlenmelerin daha yoğun olduğu yaz aylarında dezenfektan amacıyla kullanılan fazla hipoklorit ilavesi sebebiyle 1. periyot boyunca alınan numunelerde yüksek klorür değerleri gözlenmiştir. Bakteriyolojik büyümenin daha az olduğu 2. ve 3. periyotta alınan numunelerde kirlenmeleri önlemek amacıyla sulara katılan hipoklorit miktarı daha az olduğundan klorür değerleri daha düşük bulunmuştur. Nitekim ASKİ'den alınan bilgiyle yaz aylarında sulara daha fazla hipoklorit eklendiği doğrulanmıştır.



Şekil 5.3 Ham su klorür içeriğinin illere göre değişim grafiği

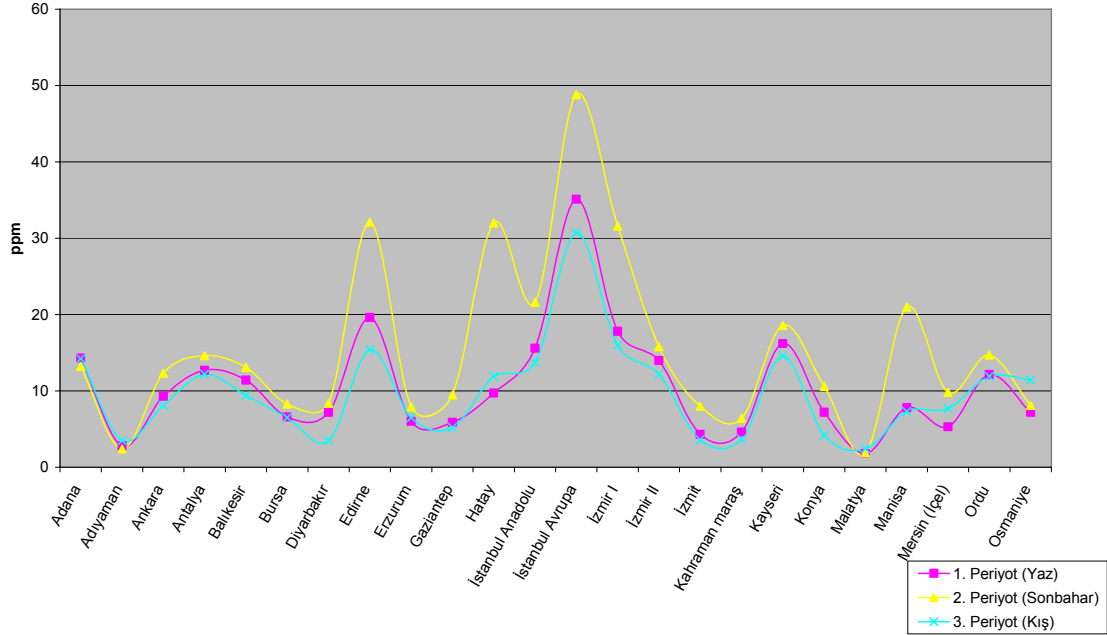
Ayrıca 1. periyotta alınan numunelerde klorür değerinin yüksek olmasının bir diğer sebebi de yüzey sularında buharlaşmanın yaz aylarında daha çok olması ve suyun buharlaşması sonucu klorür değerinin artmasıdır. Buharlaşmanın daha az olduğu sonbahar ayları süresince 2. periyotta alınan numunelerde ise klorür değerleri daha düşüktür. Buharlaşmanın olmadığı kış aylarında (3. periyot) alınan numunelerin klorür değerleri ise çok düşük bulunmuştur. Sonbahar ve kış aylarında suyun klorür içeriği hemen hemen aynıdır.

Bütün illerin ham su klorür değeri TS 266'daki limit değeri olan 250 ppm'nin altında bulunmuştur. Kış aylarında ham sudaki klorür içeriği ise hemen hemen bütün illerde RO suyun üst limiti olan 50 ppm'nin de altındadır.

Sodyum Değişimi

Şekil 5.4'te görüldüğü üzere ham sudaki sodyum içeriği de mevsimsel şartlardan etkilenmektedir. Sonbahar aylarında (2. periyot) yüksek olan sodyum değerlerinin sebebi artan yağışlarla birlikte topraktan suya sodyum iyonlarının taşınması olabilmekle

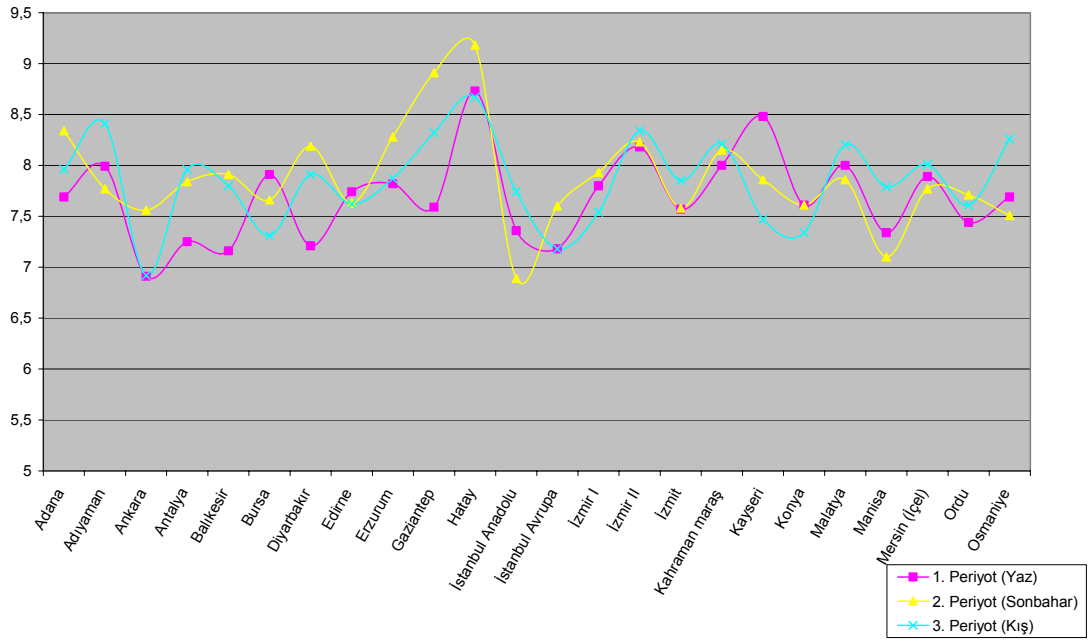
birlikte yaz ve kış aylarında (1. ve 3. periyotlarda) hemen hemen aynı değerlere inmektedir. Doğal sularda az olan sodyum değerleri TS 266'daki limit değeri olan 200 ppm'nin altında olmanın yanı sıra RO su limit değeri olan 50 ppm'nin de altındadır.



Şekil 5.4 Ham su sodyum içeriğinin illere göre değişim grafiği

pH Değişimi

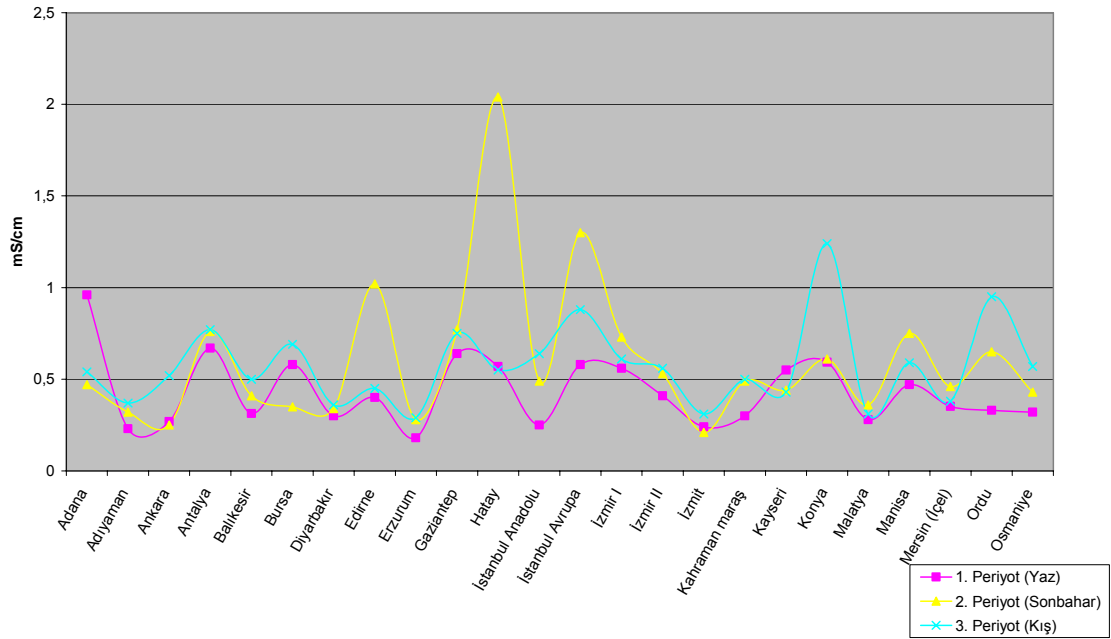
Şekil 5.5'e bakıldığında ham suların ilden ile pH değerlerinin değişimi görülmektedir. Gazların çözünürlüğünün sıcaklıkla azalması sonucu yaz aylarında pH değerinin yükselmesi veya kışın su tüketiminin az olmasıyla birlikte suların beklemesi sonucu havalandırılan suda karbondioksit kaybı ile pH değerinde artış olabilmesi normal olmakla birlikte taşınma esnasında tüm su numuneleri aynı sıcaklığa gelmiş ve ölçümler 20 °C'da yapılmıştır. Bu durumda pH değişiminin mevsimsel koşullardan etkilenip etkilenmeyeceğine dair bir yorum yapılamamakla birlikte Şekil 5.5'e bakıldığında her bir periyottaki dalgalanma hemen hemen aynı görülmektedir. Bu da suyun pH değerinin bölgenin coğrafik konumuna veya jeolojik yapısına bağlı olabileceğini göstermektedir.



Şekil 5.5 Ham su pH değerinin illere göre değişim grafiği

İletkenlik Değişimi

İletkenlik ölçümleri açısından numunenin sıcaklığı büyük önem taşımaktadır. Suyun iletkenliği sıcaklık artışlarıyla birlikte artma eğilimi gösterdiğinden dolayı yaz aylarında iletkenlik değerinin yükselmesi gerekmektedir. Fakat soğuk zincirde taşınmasının ardından numune sıcaklığı laboratuvar şartlarına getirildikten sonra iletkenlik ölçümleri yapıldığından dolayı suyun iletkenliğinin mevsimsel koşullardan ziyade bölgenin coğrafik konumuna bağlı olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Şekil 5.6'da görüldüğü üzere iletkenlik değeri yüksek olan bölgelerde tüm periyotlar boyunca yüksek ve düşük olan bölgelerde tüm periyotlar boyunca düşük iletkenlik değerleri tespit edilmiştir. Bütün illerin ham su iletkenlik değeri TS 266'daki limit değeri olan 2,5 mS/cm'nin altında bulunmuştur.

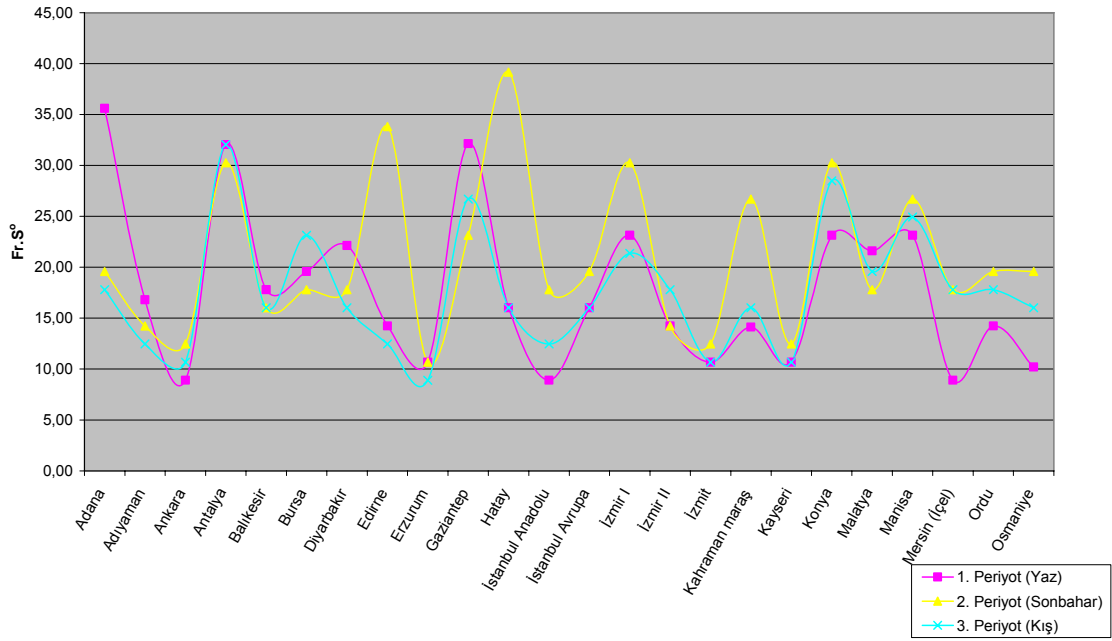


Şekil 5.6 Ham su iletkenlik değerinin illere göre değişim grafiği

Sertlik Değişimi

Şekillerden görüldüğü gibi kış ayları (3. periyot) süresince mevsimsel şartlara bağlı olarak sudaki kirleticilerin değerleri farklılık göstermektedir. Fakat pH ve iletkenlik değişimlerinden de görüldüğü üzere sertliğe neden olan kalsiyum ve magnezyum değerleri yalnızca mevsimsel şartlardan değil illerin bulunduğu coğrafik konumlardan da etkilenmektedir. Mevsimsel şartların yanısıra numunenin alındığı bölgenin toprak ve jeolojik yapısından direkt etkilenen bir diğer parametre de suyun sertliğidir (Şekil 5.7).

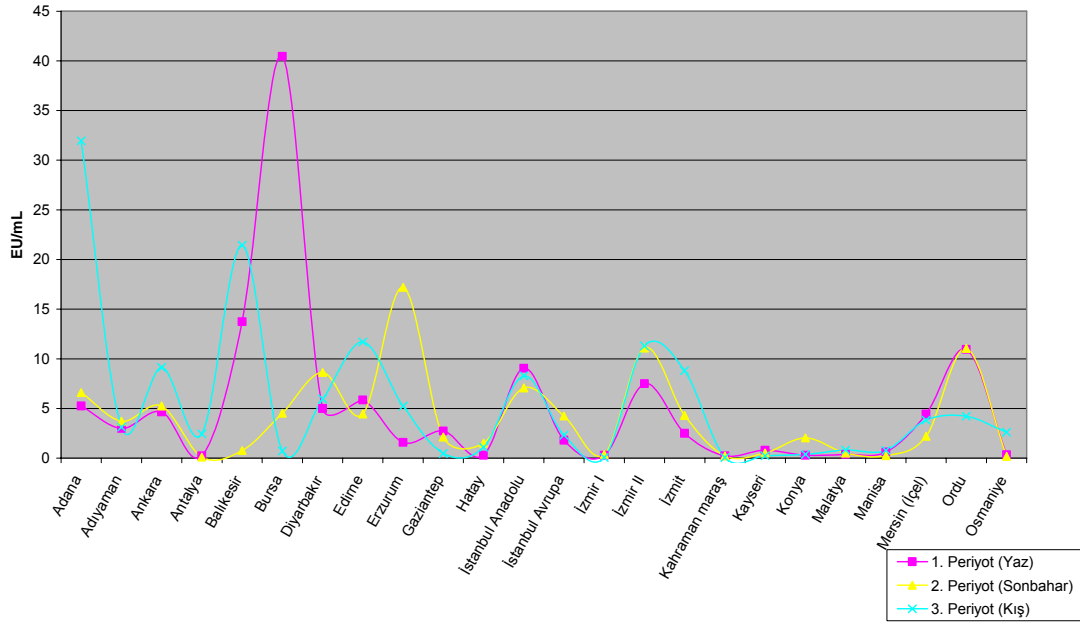
Yağmurların artışıyla birlikte topraktan sulara sürekli bir iyon geçişi olması sonucu sonbahar aylarında (2. periyot) alınan numunelerde suyun sertliği yüksektir. Özellikle grafikte yüksek değerlerde görünen Edirne, Antalya, Hatay ve İzmir I illerinin kalsiyum ve magnezyum parametrelerine baktığımız zaman bu değerlerin de diğer illere göre yüksek çıktığı ve sertlikle paralel bir gidişat gösterdiği ortaya çıkmaktadır.



Şekil 5.7 Ham su sertlik değerinin illere göre değişim grafiği

Endotoksin Değerinin Değişimi

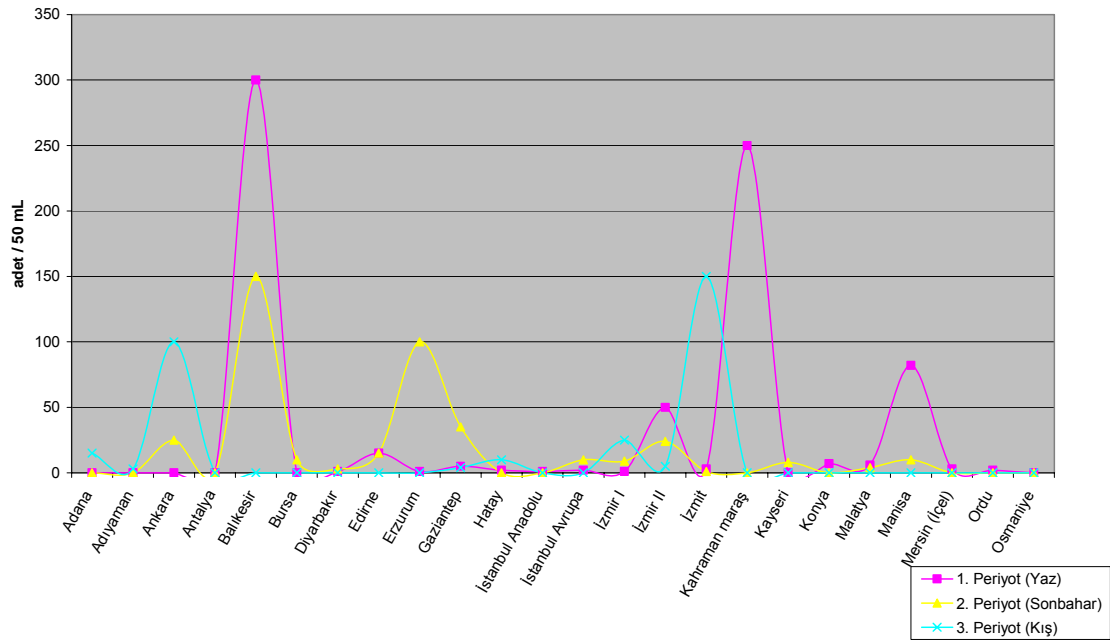
Şekil 5.8'deki endotoksin değişim grafiğine bakıldığında ise endotoksin değerinin su kaynağının bulunduğu konumdan, coğrafik koşullardan ve mevsimsel şartlardan etkilendiğine dair bir bulguya rastlanmamıştır. Fakat şekilde endotoksin içeriğinin tüm periyotlar boyunca hemen hemen aynı eğilimi gösterdiği görülmektedir. Ancak İzmir II, İstanbul Anadolu ve Ordu illerinde mevsimlere bağlı olmaksızın endotoksin değerinin yüksek olması bu illerdeki ham su sistemlerinde mikrobiyal kirlenmenin fazla olduğunu göstermektedir.



Şekil 5.8 Ham su endotoksin değeri illere göre değişim grafiği

Mikrobiyolojik Özelliklerin Değişimi

Şekil 5.9’da ise, ham suyun 3 periyot boyunca toplam bakteri değerlerinin değişim grafiği görülmektedir.



Şekil 5.9 Ham su bakteri içeriğinin illere göre değişim grafiği

Şekilden görüldüğü üzere bakteri değişimi üzerinde mevsimsel koşulların veya diğer etmenlerin gözle görülür bir etkisi bulunmamaktadır. Tüm illerin toplam bakteri analiz sonucu limit değeri olan 500 adet/mL'nin altındadır.

Ham suyun fekal streptokok analiz sonuçlarına baktığımızda ise (Çizelge 4.2 – 4.19), TS 266 (2005) limit değerine göre '0' adet/mL çıkması gereken bu parametre iki il dışında uygun çıkmıştır. Kahramanmaraş ve Balıkesir'in ham sularında yüksek değerlerde endo tespit edilmiştir.

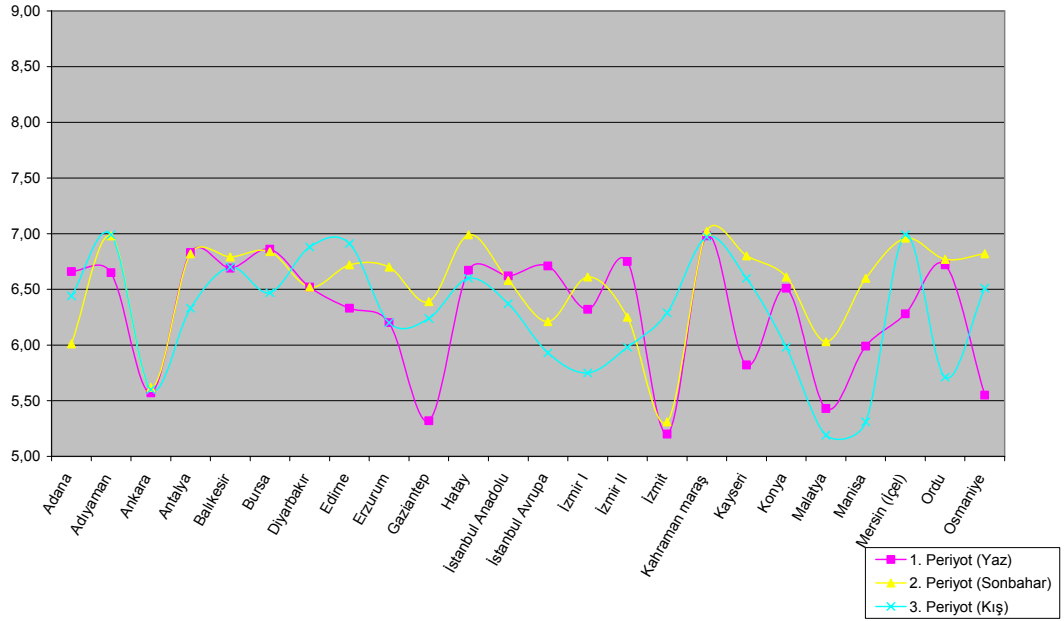
Ham suyun E. Coli analiz sonuçlarına baktığımızda ise (Çizelge 4.2 – 4.19), TS 266 (2005) limit değerine göre '0' adet/mL çıkması gereken bu parametre tüm illerde uygun çıkmıştır, hiçbir ilin ham suyunda azid çıkmamıştır.

5.2 RO Su Sonuçlarının Değerlendirilmesi

RO su sistemi çıkışından alınan numunelerin sonuçlarına baktığımızda ise elde edilen değerler arasında çok büyük farklılıklar olmadığı görülmektedir. Tüm kliniklerden alınan numunelerin kalsiyum ve magnezyum değerleri '0' olmuş, klorür ve sülfat değerleri EP RO su limiti olan 50 ppm'nin altına düşmüştür.

pH Değişimi

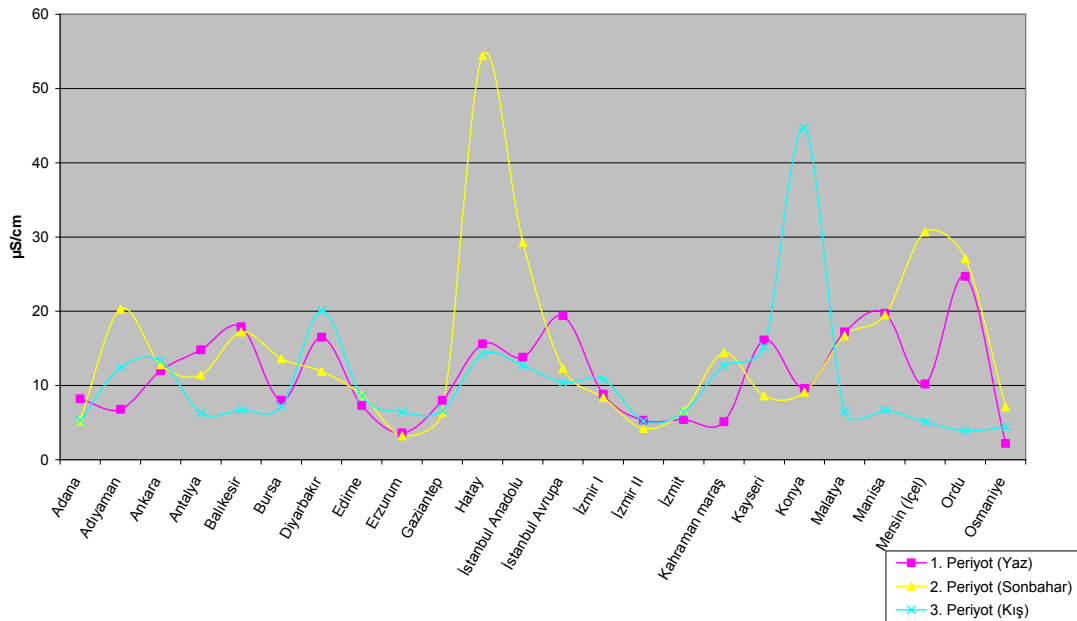
Şekil 5.10'daki pH sonuçlarına baktığımızda RO suyun pH aralığının ham suyun pH aralığına göre oldukça düştüğü görülmektedir. RO su arıtma sistemleri suyu belli bir pH aralığına düşürmekle birlikte şekilde de görüldüğü üzere RO su arıtma sistemi çıkışındaki suyun pH değerleri ham suyun pH değerlerinin bir sonucudur. Örneğin Ankara'nın RO su pH değerleri 3 periyot boyunca düşük bulunmuştur. Ankara için ham su pH değerlerine bakıldığında 3 periyot boyunca bu değerlerin de düşük olduğu görülmektedir (Şekil 5.4 ve Şekil 5.10).



Şekil 5.10 RO su pH değerinin illere göre değişim grafiği

İletkenlik Değişimi

Şekil 5.11’de görüldüğü üzere iletkenlik değerleri de Hatay ve Konya klinikleri dışında limit değerinin oldukça altına inmiştir.



Şekil 5.11 RO su iletkenlik değerinin illere göre değişim grafiği

Ayrıca yine pH'de olduğu gibi RO su arıtma sistemi çıkışındaki suyun iletkenlik değerleri ham suyun iletkenlik değerlerinden oldukça etkilenmektedir. Çizelge 5.2'ye bakıldığında bu durum açıkça görülmektedir.

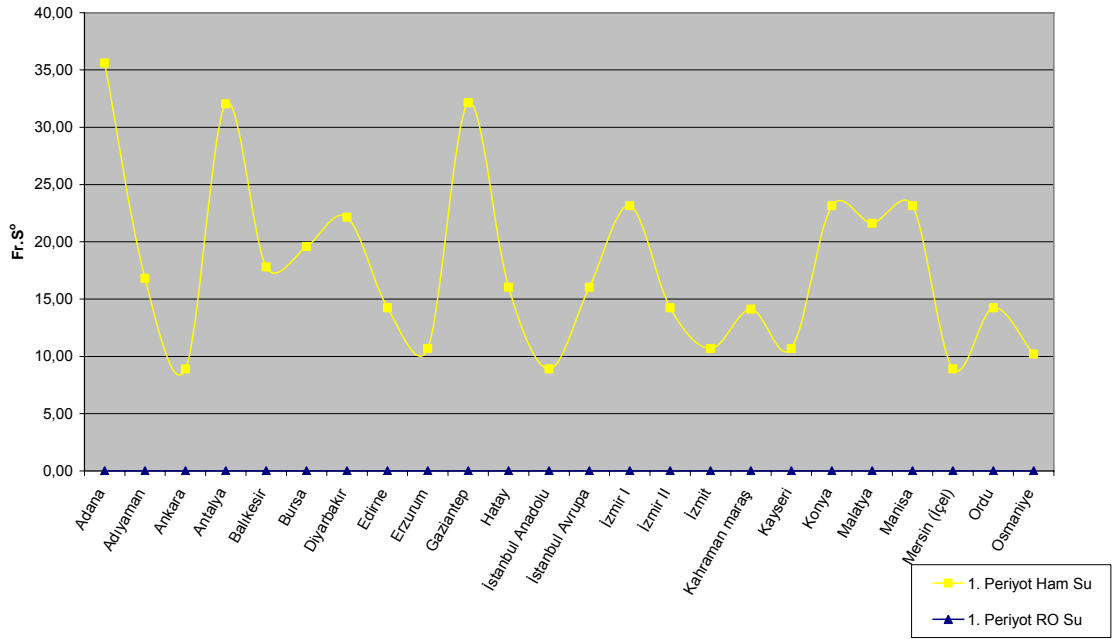
Çizelge 5.2 Ham su ile RO su iletkenlik değerlerinin karşılaştırılması

	Ham Su	RO Su
Hatay 2. Periyot	2,04 mS/cm	54,4 μ S/cm
Konya 3. Periyot	1,24 mS/cm	44,7 μ S/cm
Osmaniye 1. Periyot	0,32 mS/cm	2,2 μ S/cm

Çizelge 5.2'de görüldüğü üzere sonbahar aylarında (2. periyot) Hatay'dan alınan ham suyun iletkenliği 2,04 mS/cm gibi yüksek bir değerdir. RO sudan alınan numunede bu değer 54,4 μ S/cm değerine düşmüştür. Aynı şekilde kış aylarında (3. periyot) Konya'dan alınan ham suyun iletkenlik değeri 1,24 mS/cm'dir. RO sudan alınan numunede ise bu değer 44,7 μ S/cm olmuştur. Her ne kadar iletkenlik değerleri μ S/cm mertebesine düşmüş olsa da giren suyun iletkenlik değeri yüksek olduğu sürece çıkışta alınan suyun da iletkenlik değeri buna paralel olarak yüksek olmaktadır. Osmaniye'den yaz aylarında (1. periyot) alınan numune sonuçlarına bakıldığında görüldüğü üzere ham su sonucu diğer sonuçlar içinde neredeyse en düşük olduğu gibi RO su değeri de diğer sonuçlar arasında en düşüktür.

Sertlik Değişimi

Tüm bu grafiklere genel olarak baktığımızda RO su arıtma sistemlerinin, sisteme giren ham suyu istenen RO su kalitesine getirdiği ve performanslarının hemen hemen aynı olduğu sonucuna varılabilmektedir. Şekil 5.12'de ise, 1. periyot için alınan ham su ve RO su numunelerinin sertlik değerleri aynı grafikte karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.12 Ham su ve RO su sertlik değerlerinin karşılaştırılması

Şekilde görüldüğü üzere ham sudaki 5 ve 40 Fr.S° arasında değişen sertlik değerleri RO su arıtma sistemi çıkışında 0 Fr.S° değerine düşmektedir. Ancak Çizelge 5.3'e bakıldığında giriş suyunun çıkış suyuna olan etkileri üzerine oldukça güçlü bulgular ortaya çıkmaktadır. Çizelgede Antalya'dan alınan ham su ve RO su numunelerinin bazı kirletici değerleri karşılaştırılmıştır.

Çizelge 5.3 Ham su ve RO su alüminyum ve potasyum değerlerinin karşılaştırılması

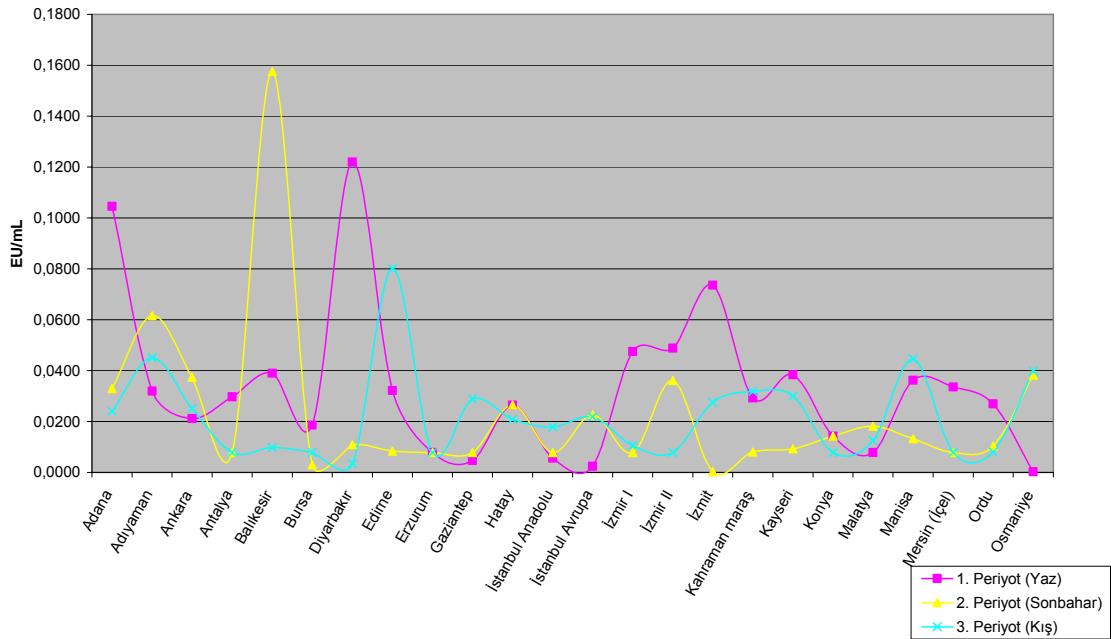
	Alüminyum (ppb)		Potasyum (ppb)	
	Ham Su	RO Su	Ham Su	RO Su
Antalya 1. Periyot	164,42	1,8424	2927	87,80
Antalya 3. Periyot	43,521	0	196,5	0

Bu grafikte Antalya'da 1. periyot için alınan numunelerin sonuçları değerlendirildiğinde RO su arıtma sisteminin suyu istenen kaliteye getirdiği, fakat çıkışta alınan suyun giren suyun kalitesinden etkilendiği açıkça görülmektedir. Alüminyum ve potasyum değerlerinin giriş suyunda yüksek olması çıkışta alınan suda da bu değerlerin yüksek

çıkmasına sebep olmuştur. Yine Antalya'dan 3. periyotta alınan numunelerde giriş suyunda bu kirleticilerin değerlerinin 1. periyottaki kadar yüksek olmaması çıktıda alınan numunede bu değerlerin 0 ppb'ye inmesiyle sonuçlanmıştır.

Endotoksin Değerinin Değişimi

Şekil 5.13'teki endotoksin sonuçlarına baktığımızda ise, yaklaşık olarak aynı durum görülmektedir. RO su arıtma sistemi endotoksin değerlerini EP limit değeri olan 0,25 EU/mL değerinin altına düşürmüştür. Ayrıca her sistemin her periyotta kendine özgü ayrı bir endotoksin değeri vardır. RO su endotoksin değeri ham suyun endotoksin eğiliminden etkilenmeksizin hatlardaki mikrobiyolojik birikmelerin veya kopmaların etkisiyle her bir periyotta birbirinden bağımsız eğriler oluşturmaktadır.

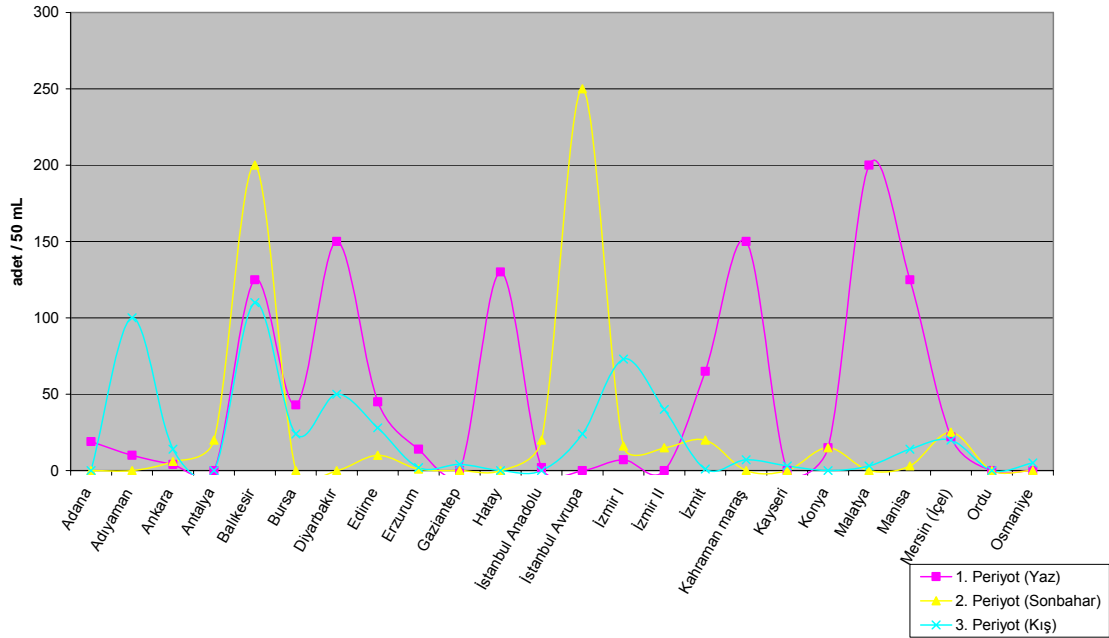


Şekil 5.13 RO su endotoksin içeriğinin illere göre değişim grafiği

Mikrobiyolojik Özelliklerin Değişimi

Şekil 5.14'te ise RO suyun 3 periyot boyunca toplam bakteri değerlerinin değişim grafiği görülmektedir. Şekilden görüldüğü üzere bakteri değişimi üzerinde ham suyun

gözle görülür bir etkisi bulunmamaktadır. Hatta diğer parametrelerin aksine ham su bakteri değişim grafiği ile kıyaslandığında RO suyun bakteri içeriği daha yüksek değerlerde çıkmaktadır. Bunun en önemli sebebi ham suyun limiti 600 ppm değerine çıkabilecek kadar klorlanması ve klorlu suda mikrobiyolojik büyümenin olmamasıdır. RO su arıtma sistemi çıkışında ise, klorür 50 ppm'nin altına düşürülerek değeri büyük oranda azalmaktadır. Bunun sonucu olarak da RO suda bakteriyolojik büyüme ham suya göre daha çok olmaktadır. Tüm illerin toplam bakteri analiz sonucu limit değeri olan 100 adet/mL'nin altındadır.



Şekil 5.14 RO su bakteri içeriğinin illere göre değişim grafiği

Ham suda bulunmaması gereken *E. Coli* Balıkesir ve Kahramanmaraş'ın ham su hattından alınan numunelerde yüksek değerlerde çıkmıştır. Endo'nun RO su arıtma sisteminden geçip RO suya bulaşıp bulaşmadığını tespit etmek amacıyla RO su numunesi alınarak endo tayini yapılmış ve sonuçlar Çizelge 5.4'e aktarılmıştır.

Çizelgede görüldüğü üzere ham suda limit değerine göre çok yüksek olan endo değerleri RO su arıtma sistemi çıkışında '0'a düşmektedir. Su arıtma sistemi endoyu tutma bakımından iyi performan göstermektedir.

Çizelge 5.4 Ham su ve RO su *eschericha coli* değerlerinin karşılaştırılması

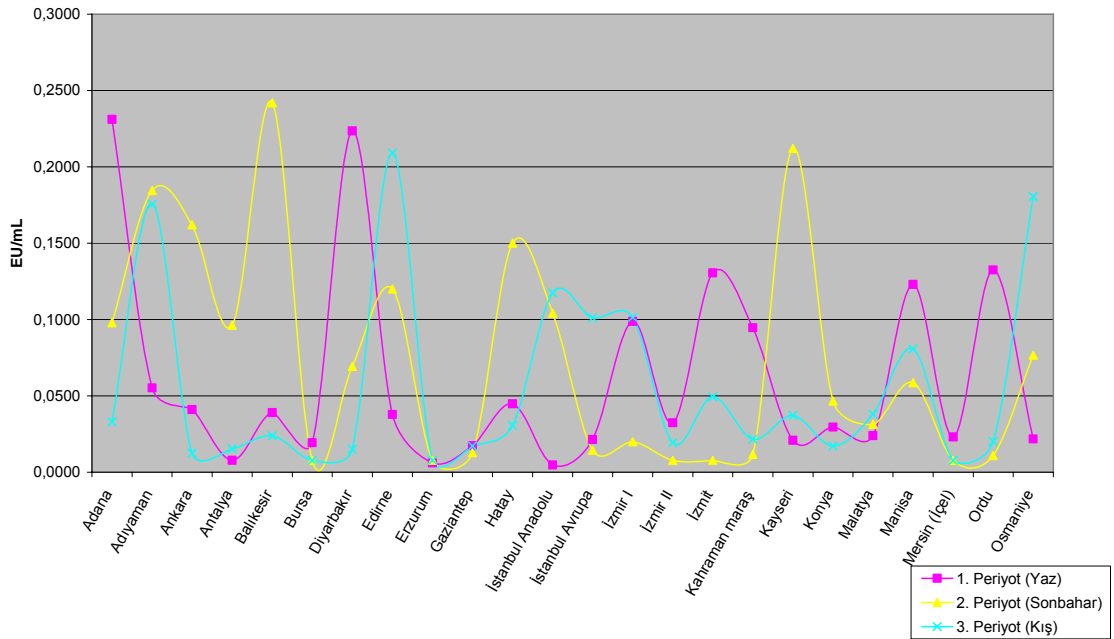
	<i>Eschericha coli</i> (Endo-adet/mL)	
	Ham Su	RO Su
Balıkesir (2. Periyot)	50	0
Kahramanmaraş (1. Periyot)	75	0

5.3 Geri Dönüş Hattı RO Su Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Geri dönüş hattından alınan numunelerin sonuçlarına bakıldığında ise hatlarda kirlenmeye yol açacak herhangi bir bulaşma olmadığı ve suyun kalitesinin bozulmadığı sonucuna varılmaktadır.

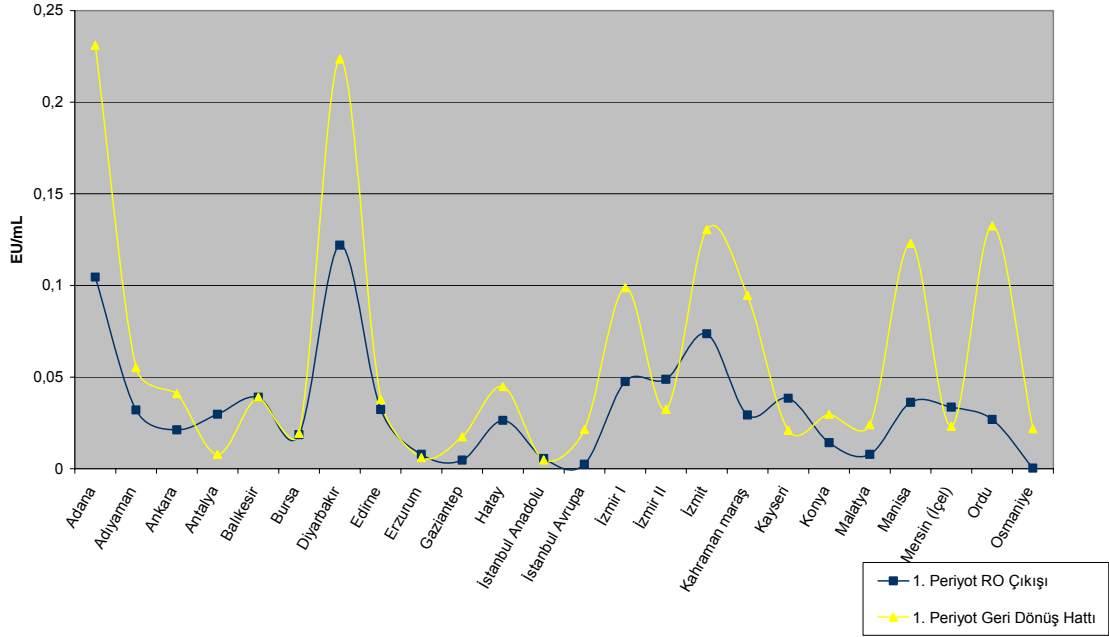
Endotoksin Değerinin Değişimi

Şekil 5.15’de görüldüğü üzere RO su arıtma sistemi çıkışında EP limit değeri olan 0,25 EU/mL’nin altında olan RO su, su sistemi hatlarında yüksek bir mikrobiyolojik kirlenmeye uğramadan geri dönüş hattında yine 0,25 EU/mL’nin altında bulunmuştur.



Şekil 5.15 Geri dönüş hattı RO suyunun illere göre endotoksin değişim grafiği

RO su çıkışından alınan numune ile geri dönüş hattından alınan numunelerin endotoksin değerlerini karşılaştırmak için Şekil 5.15 ile Şekil 5.13 kıyaslandığında sonuçların paralel bir dalgalanma gösterdiği ortaya çıkmaktadır. Bu durumu daha net gösterebilmek üzere her iki noktanın 1. periyodunda alınan numunelerin endotoksin değerleri Şekil 5.16’da karşılaştırılmıştır.

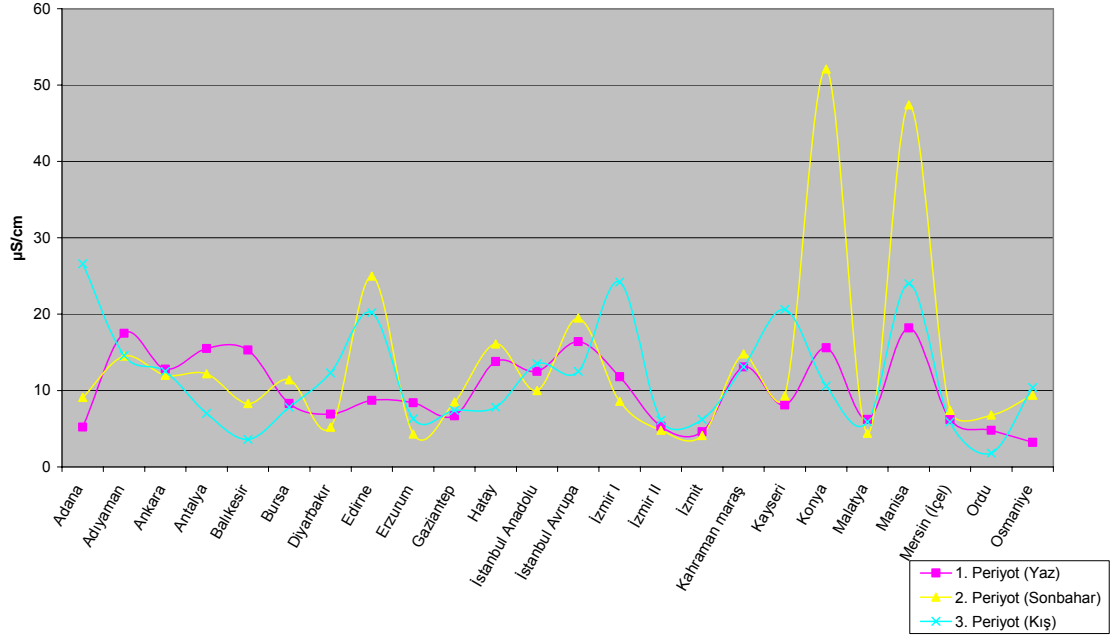


Şekil 5.16 1. periyotta alınan RO su numunelerinin endotoksin değişim grafiği

Şekilde görüldüğü üzere RO su arıtma sistemi çıkışında Adana, Diyarbakır gibi bazı illerin yüksek olan sonuçları geri dönüş hattında da yüksek bulunmuştur. Bazı illerde geri dönüş hattının endotoksin değerleri RO su arıtma sistemi çıkışına göre daha yüksek değerlerde olmakla birlikte pek çok kliniğin geri dönüş hattı RO su endotoksin değeri RO su arıtma hattının endotoksin değeriyle hemen hemen aynı ve limit değerinin altında çıkmaktadır.

İletkenlik Değişimi

Şekil 5.17’de geri dönüş hattından alınan numunelerin iletkenlik değerlerinin değişimi görülmektedir. Konya ve Manisa klinikleri dışında iletkenlik değerleri limit değeri olan 50 μ S/cm’nin altındadır.



Şekil 5.17 Geri dönüş hattı RO suyunun iletkenlik değişim grafiği

Sonuçlardan da görüldüğü üzere su kalitesinin izlenmesi, su uygulama sisteminin fonksiyonelliğinin test edilmesinde ve periyodik olarak hem kimyasal hem mikrobiyal bulaşmaların ölçülmesinde önem taşımaktadır.

RO su arıtma sistemi çıkışından alınan numune sonuçları, ham su numune sonuçlarına göre değerlendirildiğinde çalışmada izlenen 24 kliniğin RO su arıtma sistemlerinin sularda bulunan kirleticileri ham sudaki değerleri ne olursa olsun limit değerlerinin altına düşürdüğü ve tüm sistemlerin performansının iyi olduğu görülmektedir. Ayrıca geri dönüş hattından alınan numunelerin sonuçları değerlendirildiğinde sistemin hatlarında suyun kalitesini bozacak nitelikte bir bulaşma olmadığı görülmektedir. Sonuçlar göstermektedir ki diyaliz kliniklerinde diyaliz hastaları için, standardı Sağlık Bakanlığı tarafından belirlenen uygunlukta hemodiyaliz sağlayacak kalitede su kullanılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Anonymous. http://www.etcaritma.com/sartma/Reverse_Osmosis.htm, Erişim Tarihi: 28/03/2007
- Anonymous. <http://www.medikalteknoloji.com/news52.html>, Erişim Tarihi: 25/04/2008
- Anonymous. <http://www.meteor.gov.tr/2006/zirai/zirai-aylikyagis.aspx>, Erişim Tarihi: 04/06/2008.
- Abbott K. C. 1998. Essentials of Hemodialysis Water Treatment. Nephrology Service, WRAMC.
- Amato, R. L. 2005. Water treatment for hemodialysis-updated to include the latest AAMI standards for dialysate. Nephrology Nursing Journal 32:151-167.
- Anonim. 2008. Türk Standardı, Ocak 2008, Su Kalitesi-Mikrobiyolojik Analizler İçin Numune Alma. TS EN ISO 19458.
- Anonim. 1997. Türk Standardı, Nisan 1997, Su Kalitesi-Numune Alma-Bölüm 2: Numune Alma Teknikleri. TS 5090 EN 25667-2.
- Anonim. 2007. Türk Standardı, Mart 2007, Su Kalitesi-Numune Alma-Bölüm 3: Su Numunelerinin Muhafaza, Taşıma ve Depolanması İçin Kılavuz. TS EN ISO 5667-3.
- Anonim. 1997. Türk Standardı, Nisan 1997, Sular-İçme ve Kullanma Suları. TS 266.
- Anonim. 2005. Türk Standardı, Nisan 2005, Sular-İnsani Tüketim Amaçlı Sular. TS 266.
- Anonymous. 2006. Association for the Advancement of Medical Instrumentation, Water treatment equipment for hemodialysis applications.
- Anonymous. 2005. European Pharmacopoeia 5.08, Haemodialysis solutions concentrated water for diluting 01-2005:1167.
- Arvanitidou, M., Spaia, S., Asklepidis, N., Kanetidis, D., Pazarloglou, M., Katsoyannopoulos, V. and Vayonas, G. 1999. Endotoxin concentration in treated water of all hemodialysis units in Greece and inquisition of influencing factors. Nephrology of Journal 32-37.

- Cebeci, E. 2002. Türkiye’de üretilen konsantre hemodiyaliz çözeltilerinde ve bunların seyreltilmesinde kullanılan suların alüminyum içerikleri üzerine çalışmalar. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi. 89 s., Ankara.
- Cloete, T.E. and Maluleke, M.R. The use of the Rotoscope as an online, real-time, non-destructive biofilm monitor.
- Çiftçi, Z. 2005. Kronik tonsillitte biofilmin rolü. Uzmanlık Tezi. T.C. Taksim Eğitim ve Araştırma Hastanesi KBB Kliniği. İstanbul.
- Daugirdas, J. T. ve Ing T. S. 1997. Diyaliz El Kitabı. 2. Baskı. Nobel Tıp Kitabevleri. 6, 30-52.
- Kılıç, E., Köseoğlu, F. ve Yılmaz, H. 1998. Enstrümantal analiz ilkeleri. 5. Baskı. Bilim Yayıncılık, 206-207 s. Ankara.
- LAL Update. 1988. The problems with plastics. Associates of Cape Cod, Inc. Vol.6, No.3
- Nissenson, A. R. ve Fine, R. N. 1995. Dializ Tedavisi. 2. Baskı. Nobel Tıp Kitabevleri. 29, 33, 52.
- Rajapurkar, M.M. 1994. Water treatment for hemodialysis. Journal of Postgraduate Medicine, 40, 140-3.
- Sartorius. 2007. Microbiological testing of foods, beverages and pharmaceuticals. 5, 9, 11, 13 p. Germany.
- Schrier, R. W. 2000. Nefroloji El Kitabı. 5. Baskı. LippincottWilliams&Wilkins. 30, 37, 42, 64.
- Vorbeck-Meister, I., Sommer, R., Vorbeck, F. and Hörl, W. 1999. Quality of water used for haemodialysis: bacteriological and chemical parameters. Nephrology Dialysis Transplantation 14:666-675.
- Yalçın, H. ve Gürü, M. 2002. Su teknolojisi. Palme Yayıncılık, 9, 11-13, 23-25, 293, 486 s. Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Seda SOYULMAZ
Doğum Yeri :Ankara
Doğum Tarihi :22/05/1982
Medeni Hali :Bekar
Yabancı Dil :İngilizce, Almanca

Eğitim Durumu

Lise :50. Yıl Lisesi (Yabancı Dil Ağırlıklı) (1996-2000)
Lisans :Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü
(İngilizce) (2000-2005)
Yüksek Lisans :Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim
Dalı (Şubat 2005-Ağustos 2008)

Çalıştığı Kurumlar

- Fresenius Medikal Hizmetler A.Ş., Kalite Kontrol Sorumlusu (2006-)