



**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**AŞI ÜRETİMİNDE İHTİYAÇ DUYULAN SUYUN ELDE EDİLMESİNDE
KULLANILAN ARITMA SİSTEMİNİN İNCELENMESİ**

MEHMET EMİN CANBAZ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

**Şanlıurfa
2025**



**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**AŞI ÜRETİMİNDE İHTİYAÇ DUYULAN SUYUN ELDE EDİLMESİNDE
KULLANILAN ARITMA SİSTEMİNİN İNCELENMESİ**

MEHMET EMİN CANBAZ

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa ASLAN**

**Şanlıurfa
2025**

TEŐEKKÖR

Aőı űretiminde kullanılacak olan su kalitesinin saęlanması ve űretilmesi konulu yűksek lisans tezinin hazırlık aőamasında uygulama sırasında ve yazım aőamasında beni her zaman destekleyen, engin bilgilerini ve yardımlarını esirgemeyen danıőmanım Prof. Dr. Mustafa ASLAN hocama, iő yerinde çalıőma arkadaőım Makine Műhendisi Mustafa ROJEV'e en içten duygularımla teőekkűr ederim. Ayrıca alıőmaları sűrdűrdűęűm, analizleri gerçekleőtirdięim DOLLVET SAN. Ve TİC. A. ő'ye teőekkűr ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	iv
KISALTMALAR	v
1. GİRİŞ	1
1.1. Tez Çalışmasının Amacı	1
1.2. Tez Çalışmasının Anlam ve Önemi	1
1.3. Genel Bilgiler	4
1.3.1. Aşı türleri	4
1.3.1.1. Canlı zayıflatılmış (atenüe) aşılar	4
1.3.1.2. İn aktif edilmiş (ölü) aşılar	4
1.4. Saf Su	5
1.5. Membran Prosesler	6
1.5.1. Mikrofiltrasyon	7
1.5.2. Ultrafiltrasyon	8
1.5.3. Nanofiltrasyon	9
1.5.4. Ters ozmos (RO)	10
1.6. Sularda Sertlik	12
1.6.1. Sertlik giderme ve metotları	13
1.6.1.1. Soda -kireç metodu	13
1.6.1.2. Alüminyum sülfat ve şap metodu	14
1.6.1.3. İyon Değiştiriciler	14
1.6.1.4. Trisodyum fosfat yöntemi	15
1.6.1.5. Permutit yöntemi	15
1.7. Suyun Dezenfeksiyonu	16
1.7.1. Kimyasal yöntem ile suyun dezenfeksiyonu	16
1.7.2. Klor ile dezenfeksiyon	17
1.7.3. Ozon ile dezenfeksiyon	19
1.7.4. Isı ile suyun dezenfeksiyonu	19
1.7.5. Ultraviyole ile suyun dezenfeksiyonu	20
1.7.6. Filtrasyon ile suyun dezenfeksiyonu	20
1.8. Aktif Karbon Prosesi	20
1.9. Elektro Deiyonizasyon Sistemi (EDI)	21
1.10. Suyun iletkenliği	22
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	24
3. GEREÇ VE YÖNTEM	26
3.1. Sistem Tanımı	26
3.2. Numune Alma ve Süreçleri	26
3.3. Parametreler ve Metodlar	27
3.4. Sertlik Tayini Yapılışı	29
3.5. Klor Tayini Yapılışı	30
3.6. Aktif Klor Miktarı Tayini:	30
4. BULGULAR	36
5. TARTIŞMA	46
6. SONUÇLAR	47
7. ÖNERİLER	48
KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ	51

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AŞI ÜRETİMİNDE İHTİYAÇ DUYULAN SUYUN ELDE EDİLMESİNDE KULLANILAN ARITMA SİSTEMİNİN İNCELENMESİ

MEHMET EMİN CANBAZ

HARRAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Tez Danışman: Prof. Dr. Mustafa ASLAN
Yıl: 2025, Sayfa : 52

Bu çalışmanın amacı aşı üretiminde kullanılacak olan suyun kalitesinin araştırılması, geliştirilmesi ve üretim sisteminin incelenmesi amaçlanmıştır. Aşı virüs bakteri gibi mikroorganizmaların hastalık yapma özelliklerinden arındırılarak veya bazı mikroorganizmaların salgıladığı zehirlerin etkilerini ortadan kaldırarak sağlık, ekonomik ve psikolojik kayıpları önleyecek, tasarruf sağlayan tek sağlık yatırımıdır. Her gün yeni aşılar geliştirilmekte ve kullanıma sunulmaktadır. Bu aşılardan iyi ve etkin kullanılmaları için çalışmalar sürmektedir. Aşı üretiminde kullanılan hammaddelerin önemli olması kadar üretimin her aşamasında kullanılan su da önemli bir yere sahiptir. Aşı üretim aşamalarında yaygın olarak deiyonize su kullanılmaktadır. Deiyonize su, mineral ve iyon içeriği tamamen veya büyük oranda giderilmiş su demektir. Bu durum suyun elektriksel olarak nötr olmasını sağlar. Bu su ultra saf su olarak adlandırılır. Ultra saf suyun elde edilmesi ve stoklanması; fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin korunması aşı üretiminin bir parçası olarak önemlidir. Bu çalışmada aşı üretimi için gerekli suyun, üretimi için kullanılan proseslerin kalitesi ve verimleri incelenmiş sayısal olarak hesaplanmıştır. Ayrıca ABD ve Avrupa standartlarında yer alan ultra saf suyun özellikleri ile karşılaştırılıp, Aşı üretiminde kullanılan ultra saf su üretimine yönelik işletme ve dizayn çalışmaları konusunda üretim yapacaklara fikir vermesi, veri sağlaması ve deneyim kazandırması açısından değerlendirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: De İyonizasyon, Su Kalitesi, Reverse Osmoz , Su arıtma, Aşı

ABSTRACT

MASTER THESIS

EXAMINATION OF THE PURIFICATION SYSTEM USED TO OBTAIN THE WATER NEEDED IN VACCINE PRODUCTION

MEHMET EMİN CANBAZ

**HARRAN UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE EDUCATION
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Mustafa ASLAN

Year: 2025, Page : 52

The purpose of this study is to investigate and improve the quality of water used in vaccine production and to examine the production system. Vaccines are the only healthcare investment that will prevent health, economic, and psychological losses and save money by purifying microorganisms such as viruses and bacteria from causing disease or by eliminating the effects of the toxins secreted by some microorganisms. New vaccines are being developed and introduced every day. Studies are ongoing to ensure the effective and efficient use of these vaccines. The water used in each stage of vaccine production is as crucial as the raw materials used in vaccine production. Deionized water is widely used in vaccine production. Deionized water is water that has been completely or largely removed from its mineral and ion content. This makes the water electrically neutral. This water is also called ultrapure water. Obtaining and storing ultrapure water, as well as preserving its physical, chemical, and microbiological properties, is crucial for vaccine production. In this study, the quality and efficiency of the water required for vaccine production, as well as the processes used for its production, were examined and numerically calculated. Furthermore, the properties of ultrapure water in US and European standards were compared and evaluated to provide insights, data, and experience for those planning to produce ultrapure water for vaccine production.

KEYWORDS: De-ionization, Water Quality, Reverse Osmosis, Water treatment, Vaccin

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Bir Membran Şeması	6
Şekil 1.2.	Basınç Sürücü Kuvvetli Membran Prosesler ve Gözenek Boyutları	7
Şekil 1.3.	Mikrofiltrasyon (MF)	8
Şekil 1.4.	MF Uygulamaları	8
Şekil 1.5.	Ultrafiltrasyon (UF)	9
Şekil 1.6.	Nanofiltrasyon (NF)	10
Şekil 1.7.	Ters ozmos (RO)	11
Şekil 1.8.	Elektro deiyonizasyon şeklinin görüntüsü	22
Şekil 3.1.	Sistemin Akış Şeması	26
Şekil 3.2.	Çalışmalarda kullanılmak üzere spektrofotometre cihazı.	28
Şekil 3.3.	Toplam organik karbon (TOC) tayini için kullanılan TOC Analyzer cihazı.	28
Şekil 3.4.	Çalışmalarda kullanılan iletkenlik ve pH ölçüm cihazı.	31
Şekil 3.5.	Ham suyun 50 mikron ve kum filtreden geçişi.	32
Şekil 3.6.	Klorlama Sistemi.	32
Şekil 3.7.	. Sertlik Giderme İçin Soft Tankı (Na iyon değiştirici Reçine).	33
Şekil 3.8.	Aktif Karbon Prosesi.	34
Şekil 3.9.	Reverse Osmoz Membran Sistemi.	35
Şekil 4.1.	Üretilen Suyun pH değişim grafiği	37
Şekil 4.2.	Üretilen Suyun İletkenlik değişimi.	38
Şekil 4.3.	Üretilen Suyun Sertlik değişim grafiği.	40
Şekil 4.4.	Üretilen Suyun Klor Değişimi.	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1.	Aşıların Gelişiminde Anahtar Tarihler	1
Çizelge 1.2.	Aşılarda Bulunan Maddeler	2
Çizelge 1.3.	Aşı ve İlaç Standartlarında Belirtilen Saf Suyun Özellikleri	4
Çizelge 1.4.	Çeşitli Saflaştırıcı Yöntemlerin Sudan Uzaklaştırabilecekleri Safsızlıklar	5
Çizelge 1.5.	Membran Proseslerde Sürücü Kuvvetler	11
Çizelge 1.6.	Suların (mg CaCO ₃ /L)Sertlik Derecesi Sınıflandırılması	12
Çizelge 1.7.	Çeşitli Ülkelerin Sertlik Birimlerine Göre Suların Sınıflandırılması	13
Çizelge 1.8.	Genel Olarak EDİ Sistemleri İçin İstenen Besleme Suyu Nitelikleri	22
Çizelge 1.9.	Suda Bulunan Bazı İyonlar İçin İletkenlik Faktörleri	23
Çizelge 3.1.	Analiz Edilen Parametreler, Birimleri ve Analiz Metotları.	26
Çizelge 3.2.	Üretimde Kullanılan Ham Suyun Fiziksel ve Kimyasal Analizleri.	27
Çizelge 4.1.	Üretilen Suyun pH değerleri.	36
Çizelge 4.2.	Üretilen Suyun İletkenlik Değerleri.	37
Çizelge 4.3.	Üretilen Suyun Sertlik Değerleri.	39
Çizelge 4.4.	Üretilen Suyun Klor Değerleri.	40
Çizelge 4.5.	Klorlama Sisteminden Çıkan Suyun Ortalama Değerleri.	42
Çizelge 4.6.	Yumuşatma Sisteminden Çıkan Suyun Ortalama Değerleri.	42
Çizelge 4.7.	Aktif Karbon prosesinden çıkan suyun ortalama analiz sonuçları.	43
Çizelge 4.8.	Elektrodeiyonizasyon sisteminden çıkan suyun ortalama analiz sonuçları.	43
Çizelge 4.9.	Giderim Verimi Hesaplamaları.	43
Çizelge 4.10.	Avrupa Standartları İle Ulaşılan Kalite Standartlarının Karşılaştırılması.	44

KISALTMALAR

DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
EMA	Avrupa ilaç Ajansı
FDA	ABD Gıda ve İlaç İdaresi
GMP	İyi Üretim Uygulamaları
TİTCK	Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurulumu
TOC	Toplam Organik Karbon
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

1.1. Tez Çalışmasının Amacı

Tez çalışmamızda aşı üretiminde kullanılan suyun kalitesine ulaşmak amacıyla şebeke suyundan elde edilen suyun kalitesinin incelenmesi ve aşı üretimine uygun kalitede bir su elde etmek amacıyla gerekli proseslerin incelenmesi ve bu proseslerden suyun üretilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca Avrupa standartlarına göre kıyaslamalar yaparak, proseslerden elde edilen verimin incelenmesi amaçlanmıştır.

1.2. Tez Çalışmasının Anlam ve Önemi

Aşıların içeriğinde bulunan maddelerin çözündürülmesinde, hücre kültürü aşamalarında, virüs üretim aşamalarında, besiyeri hazırlama aşamalarında, sterilizasyon ve temizlik aşamalarında kullanılacak olan su dozaj şekline göre belli bir kimyasal ve mikrobiyolojik saflık derecesine sahip olmalıdır. İçme suyu, çözünmüş halde organik ve inorganik madenlerin yanında bakteriler, kolloidler ve çözünmeyen bazı diğer maddeleri taşıyabileceğinden dolayı direkt olarak aşı üretiminde kullanılamamaktadır. Bu nedenle bazı arıtma işlemlerine tabii tutulması gerekir.

Aşı, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'ne göre, belirli bir hastalığa karşı bağışıklığı artıran biyolojik bir ürün olarak tanımlanmaktadır. Aşılar enfekte edici veya toksine ya da bunlarla ilgili antijene karşı canlılarda spesifik olarak veya aktif immünite indüklenme özelliğine sahip antijenik maddeler içeren ürünlerdir. Bağışıklama ise canlıya aşı uygulanmasıyla canlının bulaşıcı hastalığa karşı bağışıklık kazanması veya canlının dirençli hale gelmesidir.

19. yüzyılın sonlarına ve 20.yüzyılın başlarında, bakteri bileşenleri "antijen" olarak ve daha sonra "immünojen" olarak tanımlanmıştır. Paul Ehrlich, fizyolojik olarak aktif maddelerin, kandaki spesifik reseptörlerle etkileşime girdiği teorisini ortaya koyarak "antijen" kavramını ortaya koymuştur. Antijen ile doğal veya edinsel immün yanıt alınmaktadır. Aşıların gelişim tarihine baktığımızda bazı anahtar tarihler Çizelge 1.1'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Aşıların Gelişiminde Anahtar Tarihler

Tarih	Aşıların gelişimi
1853	İngiltere'de çiçek aşılması başladı.
1885	Frenchman Louis Pasteur ilk canlı aşı olan kuduz aşısını geliştirdi.

1892-1898	Martinus Beijerinck ilk keşfedilen virüs olan tütün mozaik virüsünü keşfetti.
1920-1926	Tüberküloz, difteri, tetanoz ve boğmacaya karşı aşılar geliştirildi
1944	İlk grip aşısı geliştirildi.
1950-1960	(Tüberküloz, difteri, tetanoz ve boğmaca) İlk kombine aşılar geliştirildi.
1976	- Edward Jenner aşı uygulamaları ile ilgili ilk bilimsel metodolojiyi buldu.
1944	İlk grip aşısı
1986	Hepatit B ‘ye karşı ilk genetik mühendisliği ürünü aşı geliştirildi.

Aşılar son derece güvenilir biyolojik ürünlerdir. Üretim ve dağıtım aşamalarında son kontrollerden geçerek tüketime sunulmaktadır. Ülkemizde kullanılan tüm aşılar Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), Avrupa ilaç Ajansı(EMA), ABD Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) veya T.C Sağlık Bakanlığı Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu (TİTCK) tarafından ruhsatlandırılmış, Dünya Sağlık Örgütü tarafından önerilen ve onaylanan İyi Üretim Uygulamaları (GMP) kurallarına uygun üretilmiş aşılardır. Genel olarak aşılar da kullanılan ajanlar ve yardımcı maddeler Aşıların içeriği Çizelge1. 2’de verilmiştir.

Çizelge 1.2. Aşılarda Bulunan Maddeler

Madde Adı	Özellikleri
Polisorbat 80	Enjeksiyon ya da infüzyonluk bazı ilaçların da içinde bulunmaktadır. Stabilizatördür
Alüminyum Fosfat, Alüminyum Hidroksit	İçme sularında (şebeke, pet şişe) anti asitlerde (mide ilacı), maden suyunda, anne sütünde (40 mikrog/L), bebek mamalarında (225 mikrog/L). Bebeklerde günlük oral alınan güvenli alüminyum miktarı 1mg/kg'dir
Laktoz, Sükroz, Mannitol, Sorbitol, Maltoz	Şeker yapısında bileşenler olup proteinik yapıların korunmasında ve ozmolar konsantrasyonun ayarlanmasında stabilizan olarak kullanılır. Tüm enjeksiyonluk ve infüzyonduk ilaçların yapısında bulunmaktadır.

Thiomersal	Çok dozlu aşılarında kontamasyonu (bulaşma riskini) önlemek amacıyla kullanılır. Etil Cıva bileşimidir.(sodyum etil cıva Salisilat). Etil cıvanın Vücuttan atılma süresi 7-10 gün, metil cıva (deniz ürünlerinde bol miktarda var vücuttan atılma süresi 50 gündür. Toksik olan metil cıvadır.
Hanks ortamı, L-Alanin, L-Arjinin Hidroklorür	Amino asitlerden oluşur
Neomin Sülfat, Eritromisin, Kanamisin, Polimiksin B	Üretim aşamasında eser miktarda buluna bilir. Antibiyotiklerdir.
Formaldehit	Üretim aşamasında eser miktarda kalıntı olarak bulunabilir.
Jelatin	Aşırı sıcaklık değişikliklerine karşı korumak amacıyla kullanılan bitkisel veya hayvansal kaynaklı bileşendir. T.C. Sağlık Bakanlığının kullandığı aşılarında sığır jelatini bulunabilmekle birlikte mevcut COVID- 19 Aşısında jelatin bulunmamaktadır.
Sodyum klorür, Süksinik asit, Trometamol, Sodyum Borat, Monopotasyum Fosfat, Disodyum Fosfat, Aminoasit Çözeltili, Laktolbumin	Tamponlayıcı (stabilizan) maddelerdir

Bu çalışma kapsamında içme suyundan safsızlıkları uzaklaştırmak ve istenen kalitede su elde etmek için kullanılan yöntemler araştırılıp deneysel sonuçlara göre saflaştırma yöntemlerinin seçilmesine karar verilecektir. Aşı ve ilaç üretiminin temel kuralı olarak kullanılacak olan su, saf suyun kriterlerine uygun olmak zorundadır. Bu

amaçla kullanılacak olan su, Türkiye’de de uygulanan Avrupa ilaç Standartlarında (Eoropean Pharmacopoeia) ve ABD ilaç standartlarında (US Pharmacopoeia) berrak, renksiz, kokusuz, tatsız olmak zorundadır. Bu niteliklere uyum saf su kriterleri Çizelge1. 3 ‘de verilmiştir

Çizelge 1.3. Aşı ve İlaç Standartlarında Belirtilen Saf Suyun Özellikleri

Kalite Kriterleri	Avrupa Standarttı	ABD Standarttı
Nitrat	200 ppb	-
Ağır Metaller	100ppb	-
Toplam Organik Madde (TOC)	0,5mg/L	0,5mg/L
İletkenlik	4,3µS/cm (20°C)	1,3 µS/cm (20°C)
pH	5-7	5-7
Bakteri	100 CFU/mL	100 CFU/mL

1.3. Genel Bilgiler

1.3.1. Aşı türleri

1.3.1.1. Canlı zayıflatılmış (atenüe) aşılar

Canlı aşılar hastalığa neden olan yaban virüsünün veya bakterinin laboratuvar koşullarında zayıflatılması ile elde edilir. Bu şekilde elde edilen aşı mikroorganizma çoğalma ve bağışıklık yanıtı oluşturma yeteneğine sahiptir. Hastalık yapıcı özellikleri ise zayıflatılmıştır. Canlı aşılar, gebelere ve bağışıklık sistemi zayıflatılmış ya da baskılanmış kişilere uygulanmamalıdır. Canlı aşı örnekleri; sarıhumma, rota virüs aşısı, Verem (BCG), oral polio aşısı (OPA), kızamık kızamıkçık kabakulak (KKK) ve suçiçeği aşılarıdır (Dora vd.,2019).

1.3.1.2. İn aktif edilmiş (ölü) aşılar

İN aktif aşılar, ısı, radyasyon veya kimyasal yöntemlerle inaktif edilmiş bakteri ya da virüsleri içerirler. Yeterli immün yanıt oluşurabilmesi için adjuvanlarla birlikte formüle edilirler. İnaktif aşılar her zaman çoklu dozlar gerektirir. Genel olarak, ilk doz koruyucu bağışıklık sağlamaz, fakat immün sistemini harekete geçirir. Koruyucu bağışıklık ikinci ve üçüncü dozlardan sonra gelişir. Canlı aşılara göre daha az etkin olmalarına rağmen daha güvenli, stabil olmaları en büyük üstünlükleridir

(Dora vd.,2019).

1.4. Saf Su

İçerisinde önceden var olan minerallerin; destilasyon, damıtma ters ozmoz, iyon değişimi, filtreleme gibi tekniklerle alınmış su demektir. Saf suyun içerisinde özellikle çocuklar ve yaşlılar için gereken sülfat, magnezyum, bikarbonat, klorür, kalsiyum gibi mineraller yoktur dolayısıyla sağlıklı değildir ve önerilemez.

Saf sularda bulunan nitrat ve ağır metaller uygun olan yöntemlerle metal tayini için kullanılacak yöntemler Avrupa İlaç Standartlarında tanımlanmıştır. Saf suda bulunan organik maddeler dolaylı olarak miktarını belirlemek için organik olarak karbon ölçümü yapılmaktadır. Bu ölçümün esası sudaki organik maddeler UV lamba aracılığı ile CO₂ dönüşmektedir. Bu aşamada ise suyun iletkenliği artmaktadır. Suyun başlangıcındaki iletkenliğinde son iletkenlik çıkarılarak Organik maddelerin miktarı mg/L olarak belirlenmektedir (Bali, 2006). Aşı Üretiminde Saf Suyun Kullanım Alanları;

- Besi Yeri Hazırlama
- Tampon Çözelti Hazırlama
- Sulandırma Sıvıları Hazırlama
- Tanklarda CIP işlemi
- Fermentör ve Tank Temizliği
- Formülasyon
- Dezenfektan Hazırlama
- Buhar Üretimi

Aşı üretiminde kullanılacak olan suyun saflaştırılması için uygun yöntemlerin seçiminde amaçlanan kalitede suyu elde etmek için kullanılacak olan saflaştırma yöntemlerinin seçimi için kullanılacak olan suyun tam bir analizinin yapılması ve her türlü saflaştırma teknik ve özelliklerinin bilinmesi gerekir. Saf su elde etme yöntemlerinde suda bulunan safsızlık durumuna göre sudan uzaklaştırılması gereken safsızlıklar ve uzaklaştırma yöntemleri Çizelge 1.4'te gösterilmiştir.

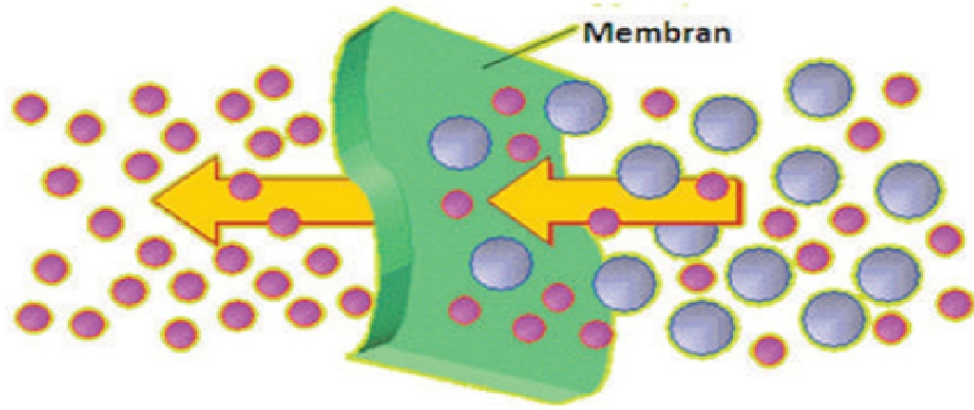
Çizelge 1.4. Çeşitli Saflaştırıcı Yöntemlerin Sudan Uzaklaştırabilecekleri Safsızlıklar

	Tuzlar	Kololloidler	Partiküller	Bakteriler	Pirojenler
Distilasyon	+	+	+	+	+
Deiyonizasyon	+	-	-	-	-

Mikro Filtrasyon	-	-	+	+	-
Ultrafiltrasyon	-	+	+	+	+
Ters Osmoz	+	+	+	+	+

1.5. Membran Prosesler

Membranlar, seçici olarak ayırmanın ve taşınmanın gerçekleştirildiği yarı geçirgen bir bariyer olarak tanımlanır. Bir membran yapı ve boyut olarak bileşenlerin ayrıldığı bir ara faz olarak görev yapar. Membranlarda ayırma işlemleri kimyasal ve fiziksel olarak özelliklerinin belirlenip basınç farkı, konsantrasyon farkı, elektriksel potansiyel farkı ve sıcaklık gibi sürücü kuvvetler ile gerçekleştirilir. Ayırma işlemi gözenekli membranlar boyut, şekil ve yük ayırma göre yapılmaktadır (Aslan, 2016).



Şekil 1.1. Bir Membran Şeması

Membran filtrelerden gözenek boyutlarından daha büyük olan bileşenler membrandan geçmez daha küçük olanlar geçerler.

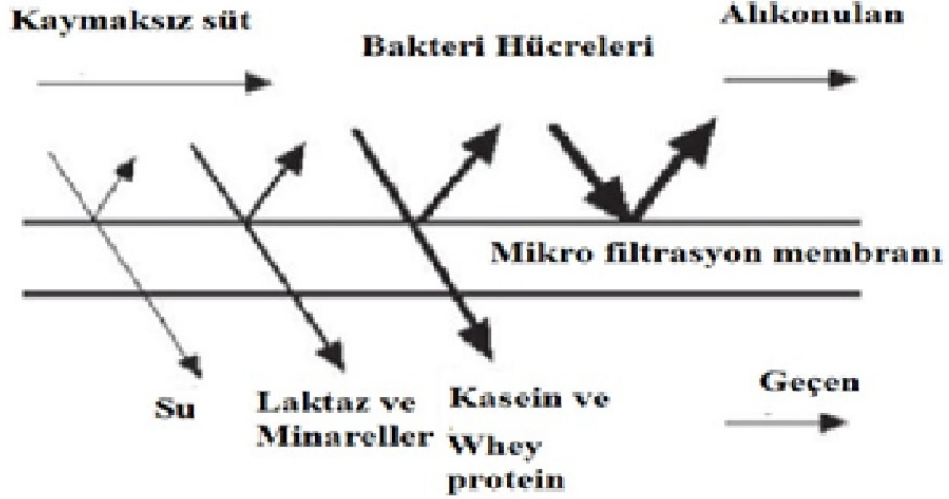


Şekil 1.2. Basınç Sürücü Kuvvetli Membran Prosesler ve Gözenek Boyutları

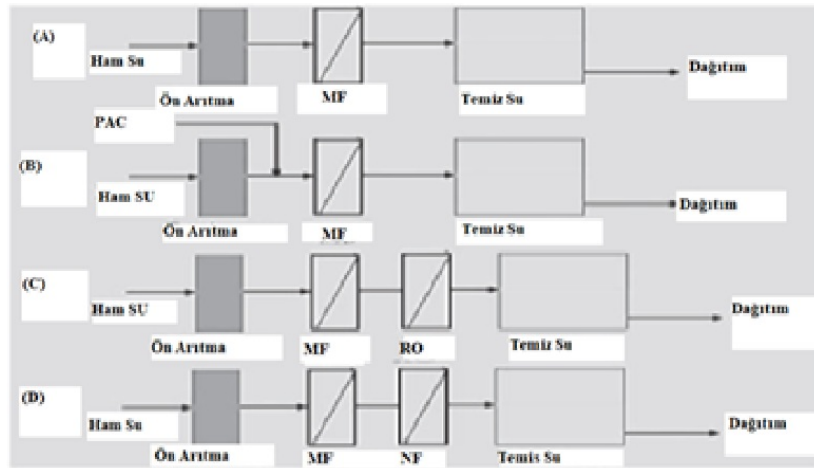
1.5.1. Mikrofiltrasyon

Mikrofiltrasyon gözenek boyutları 0,1-1,4 μm aralığında olup sıvı ve gazlarda mikron veya daha küçük partikülleri ayırmak için kullanılır. Kullanım alanı olarak;

- Kolloidal silika, yağ emülsiyonu gibi maddelerin gideriminde
- Su ve atık suların arıtılmasında
- Metal son işlemleri atık çıkış sularında
- Boya tesislerinde atık çıkış sularında
- NF ve RO membranlar öncesinde ön arıtma prosesi olarak
- Su kalite standartlarının arıtılması amacıyla suda bulunabilen protozoa, alg, virüs, silt, kum ve benzeri boyutlardaki askıda ve çökebilir maddelerin giderilmesinde
- MF membranları, doğal ve sentetik organik maddelerin giderilmesinde
- Normal koşullarda organik maddeleri az giderdiği veya gidermediği halde, organik madde giderimini artırmak için kullanılır.



Şekil 1.3. Mikrofiltrasyon (MF)



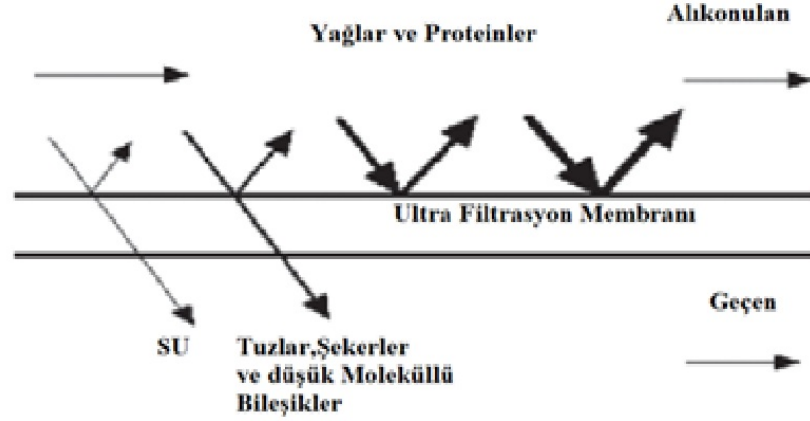
Şekil 1.4. MF Uygulamaları

1.5.2. Ultrafiltrasyon

Ultrafiltrasyon membran filtrelerin delik çapı 0,05-1 nm arasında değişmekte olup UF membranları üst tabaka kalınlığı, 50-250 nm arasında değişir. Yüksek geçirgenlik ve seçiciliği olan bir al tabak ile desteklenmiştir. Kullanım alanı olarak;

- Makromoleküller, kolloidal, parçacıkların giderilmesinde
- Mikroorganizmaların giderilmesinde

- Klorlama sonrası oluşan trihalometanların (THM) giderilmesinde
- Evsel ve endüstriyel atık suların sterilizasyonu, temizlenmesi ve arıtımında
- Meyve suyu ve süt üretiminde
- Peynir üretiminde
- RO prosesi öncesi ön arıtma prosesi olarak
- Deniz suyu arıtma tesislerinde kullanılır.

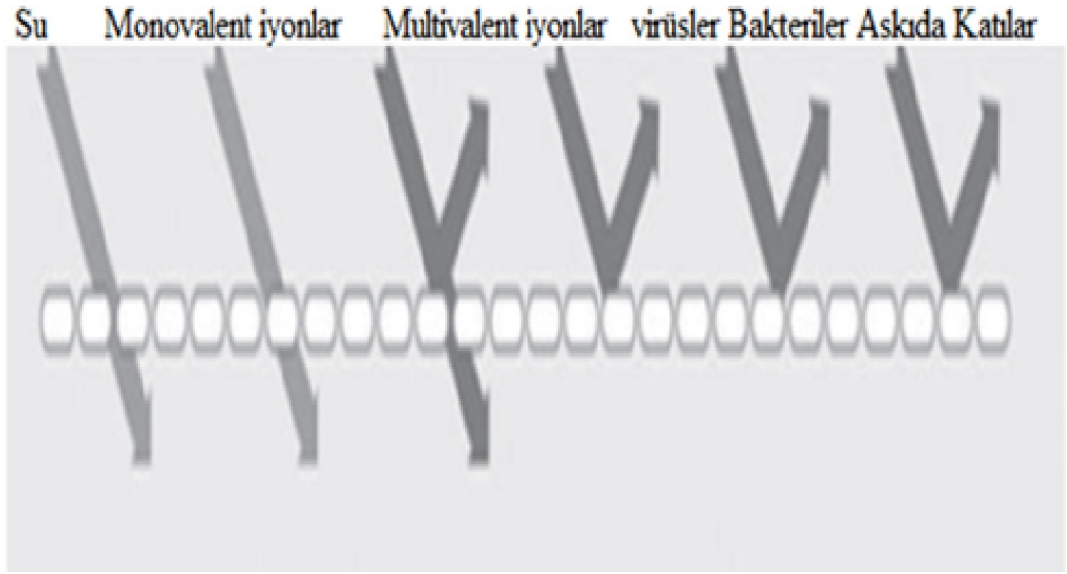


Şekil 1.5. Ultrafiltrasyon (UF)

1.5.3. Nanofiltrasyon

Nanofiltrasyon ters osmoz ve ultrafiltrasyon arasındaki bir bölgede olan sıvıyı ayırır. Gözenek çapı 0,001-0,005 μm aralığındadır. Monovalent iyonların geçişine izin verirken, divalent iyonların geçişine izin vermez. Kullanım alanı olarak

- Kısmi tuzdan ayırma
- Sakkaroz, yumurta albümin vb. giderilmesinde
- Kan ozmos, kan arıtımı ve su arıtımı
- Tuzlu peynir suların arıtılmasında
- Tekstil endüstrisinde renk ve TOK giderilmesinde
- Süt endüstrisi atık suların arıtılmasında
- Pestisit giderilmesinde
- Dezenfeksiyon yan ürünlerin azaltılması ve giderilmesinde kullanılır.

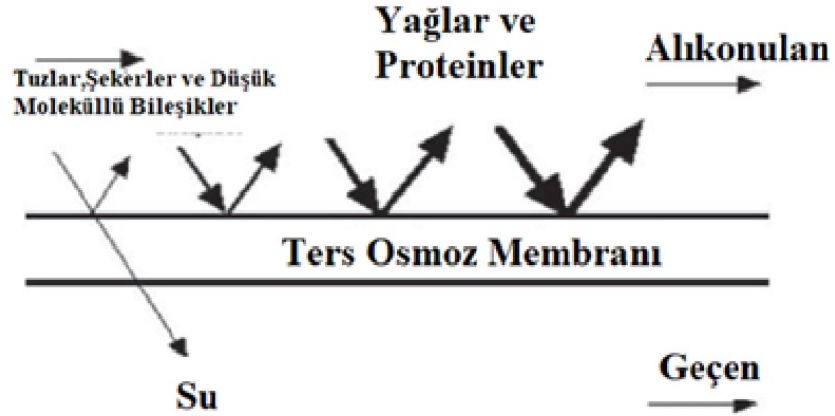


Şekil 1.6. Nanofiltrasyon (NF)

1.5.4. Ters ozmos (RO)

Gözenek çapı 0,1-1,5 nm aralığında olup düşük molekül ağırlıklı çözülmüş maddelerin giderilmesinde kullanılır. Ters ozmos bir membrana basınç uygulayarak (yoğun çözelti tarafına), çok yoğun ortamdan suyu membrandan diğer tarafa geçişini sağlamaktır. Kullanım alanı olarak

- Su kalitesini iyileştirmek ve atık suları arıtmak amacıyla uygulanır.
- Deniz suyunu arıtılması ve tuzsuzlaştırılmasında
- İçme ve kullanma suyunun arıtılmasında
- Tekstilde renk giderilmesinde
- Gıda, kâğıt, demir çelik, madencilikte
- Buhar kazanlarında taş oluşumunu önlemek
- Sularda sertliğe sebep olan Ca, Mg ve benzeri bileşenleri gidermek için kullanılır.



Şekil 1.7. Ters ozmos (RO)

Membranlarda süzüntü tarafına bir geçiş olması için sürücü kuvvetlere ihtiyaç vardır. Tüm membranlar ayırma teknolojilerinde membrandan süzüntü olması için itici bir kuvvet ve bazı maddelerin geçişini engelleyen ayırma faktörünün olması gerekir. Membranlar yapı ve özelliğine göre sıvı içinde bazı maddelerin geçişine izin verirken bazı maddelerin geçişine izin vermez. Yoğunlukla uygulanan sürücü kuvvetler aşağıda verilmiştir.

1. Basınç
2. Konsantrasyon
3. Elektriksel potansiyel
4. Sıcaklık Farkı

Olmak üzere dört grupta toplanır.

Çizelge 1.5. Membran Proseslerde Sürücü Kuvvetler

Membran Prosesler	Faz I	FAZ II	Sürücü Kuvvet
Ultrafiltrasyon [UF]	Sıvı	Sıvı	ΔP

Mikrofiltrasyon (MF)	Sıvı	Sıvı	ΔP
Nanofiltrasyon (NF)	Sıvı	Sıvı	ΔP
Ters osmoz (RO)	Sıvı	Sıvı	ΔP
Gaz Ayırma	Gaz	Gaz	ΔP
Dializ	Sıvı	Sıvı	ΔC
Osmoz	Sıvı	Sıvı	ΔC
Pervaporasyon	Sıvı	Gaz	ΔP
Elektrodializ	Sıvı	Sıvı	ΔE
Temo-osmoz	Sıvı	Sıvı	$\Delta T/\Delta P$
Membrane diatilasyon	Sıvı	Sıvı	$\Delta T/\Delta P$

1.6. Sularda Sertlik

Su sertliğine +2 değerlikli olan metal katyonları sebep olur. Doğal sularda sertlik genelde kalsiyum (Ca^{+2}) ve Magnezyum (Mg^{+2}) iyonlarının oluşturduğu $CaCO_3$ ve $MgCO_3$ bileşiklerinden ileri gelmektedir. Su sertliğinin oluşturduğu olumlu ve olumsuz etkiler doğru değerlendirilmelidir. Çünkü asıl hedef suyun hangi amaçla kullanılacağı bilinmeli ve sertlik değerleri bu amaca uygun olacak şekilde belirlenmeli ve proses dizaynı buna göre yapılmalıdır. Su sertliği suda bulunan iki değerlikli metal katyonların sebep olduğu bileşikler olup bunlar sabunun köpürmesini güçleştiren, kazan taşı oluşumuna yol açan, bazı endüstriyel işlemlere zarar veren, suyun tadını ve kokusunu etkileyen parametrelerdir. Sertliği oluşturan katyonlar; kalsiyum, magnezyum, stronsiyum, demir ve mangan iyonlarıdır. Kalsiyum ve magnezyum dışındakiler suda fazla bulunmadığından dolayı sertlik Ca ve Mg iyonlarının konsantrasyonu toplamı olarak ifade edilir. Sertlik mg $CaCO_3/L$ olarak ifade edilir (Symons, 2000; Eroğlu,1984).

Sertlik iki türlü olup bunlar; bikarbonatlardan ve Ca, Mg iyonlarından ileri gelen sertliktir. Bikarbonatlardan gelen sertlik geçici olup kaynatılmakla giderilebilmektedir. Kalsiyum ve Magnezyum iyonlarının oluşturduğu tuzlardan ileri gelen sertlik ise kaynatılmakla giderilmeyen bazı proseslerle giderilebilen kalıcı sertlik olarak ifade edilir (Benjamin, 2002). Sertlik dereceleri Çizelge 1.6.'da gösterilmiştir.

Çizelge 1.6. Suların (mg $CaCO_3/L$) Sertlik Derecesi Sınıflandırılması

mg CaCO ₃ /L	Sertlik Derecesi
0-75	Yumuşak Su
75-150	Orta Sert su
150-300	Sert Su
300 ve üzeri	Çok Sert

Çeşitli ülkeler farklı sertlik dereceleri kullanmaktadırlar. Bunlar arasında en yaygın kullanılanlar ve karşılığı olan kalsiyum oksit ve kalsiyum karbonat miktarları Çizelge 1.7.'de verilmiştir.

Çizelge 1.7. Çeşitli Ülkelerin Sertlik Birimlerine Göre Suların Sınıflandırılması

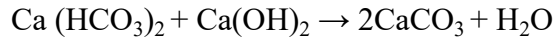
Ülkeler	Sertlik Değeri
1 Fransız S. D	100 mL suda 1 mg CaCO ₃
1 Alman S. D	100 mL suda 1 mg CaO
1 İngiliz S.D	700 mL suda 10 mg CaCO ₃
1USA S.D	100 mL suda 0,1mg CaCO ₃

Aşı üretim aşamalarında kullanılan suyun içerisinde bulunan Ca ve Mg iyonları besiyerinde bulunan vitaminlere, proteinlere zarar verdiğinden dolayı istenmemektedir. Bu vesileyle suyun yumuşak su olması gerekmektedir. Suyun sertlik değerinin (0-2 mgCaCO₃/L) olması yeterli görülmektedir.

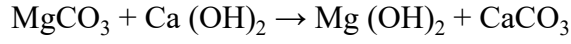
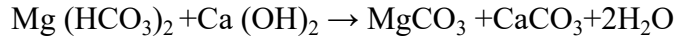
1.6.1. Sertlik giderme ve metotları

1.6.1.1. Soda -kireç metodu

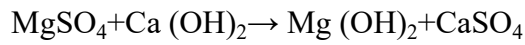
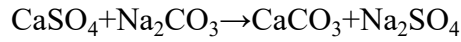
Bu metotta sönmüş kireç (Ca(OH)₂) ve soda (Na₂CO₃) kullanılır. Bunlardan kireç karbonat sertliği ve geçici sertliği gidermek, soda ise kalıcı sertliği gidermek için kullanılır. Burada geçen reaksiyonlar



Çökebilir



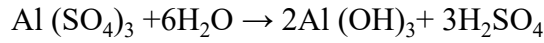
(Suda daha az çözünür)



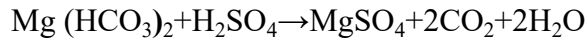
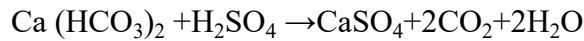
Bu reaksiyonlar sıcaklığın artmasıyla daha hızlı olur. Genelde sertliği tamamen gidermek mümkün değildir. Bir miktar CaCO_3 ve Mg (OH)_2 suda çözünürler.

1.6.1.2. Alüminyum sülfat ve şap metodu

Alüminyum sülfat $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ suda hidrolize uğrayarak bikarbonatlara etki eder.



Oluşan H_2SO_4 bikarbonatlara etki ederek



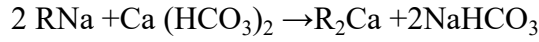
Reaksiyonlarına göre geçici sertlik giderilmiş olur.

1.6.1.3. İyon Değiştiriciler

İyon değiştirme reaksiyonu çözülmeyen ve geçirgen bir faz olan solid fazla temasta bir elektrolit ile benzer olan iyonların yer değiştirme reaksiyonudur. İyon değiştirme sırasında iyon değiştirici denilen çözünmez maddelerdeki birtakım iyonlar bu maddeler ile temas eden çözeltilerdeki bazı iyonlar ile yer değiştirirler.

$\text{RA} + \text{B}^+ \rightarrow \text{RB} + \text{A}^+$ Reaksiyonuna göre yer değiştirecektir. Reaksiyon tersinir bir reaksiyon olarak çalışır.

Sudan uzaklaşarak reçinede tutulan iyonlar, benzer yükteki iyonlar bulunduran bir çözeltiyle temas edilirse reçineden ayrılırlar. Reçineden ayrılan iyonlar atığa gönderilir. Aşağıdaki reaksiyon katyon reçinesinde sodyum iyonu ile kalsiyum iyonu ile yer değiştirme reaksiyonunu göstermektedir (TMMOB, 2012).



Burada;

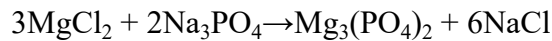
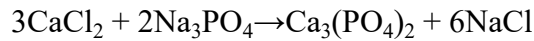
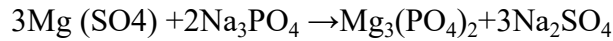
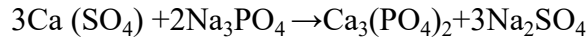
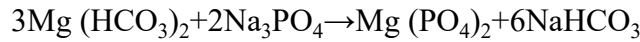
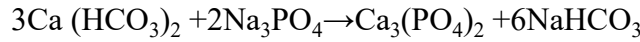
R: Reçine üzerindeki etkin iyon değiştirme bölgeleri (tek değerlikli)

2RNa: Diğer katyonlarla değiştirmeye uygun sodyum yüklü reçine

R₂Ca: kalsiyumun sodyumla değiştirildiği reçineyi göstermektedir.

1.6.1.4. Trisodyum fosfat yöntemi

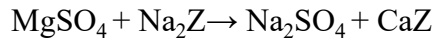
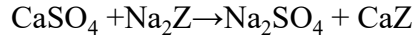
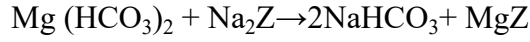
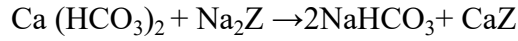
Eskiden beri uygulanan yöntemlerden biridir. Fosfat fiyatlarının yüksekliğinden dolayı kullanılması geçilmiştir. Bu yöntemde sertlik giderilmeden önce diğer yöntemlere öncelik verilip kalan sertliğin ise bu yöntemle giderilmesi daha ekonomik olacaktır (Mutluay vd.,1996). İyi sonuç elde etmek için geçici sertliğin önceden giderilmesi gerekir. Bu yüzden diğer yöntemlerle ortaklaşa kullanılır. Yer alan reaksiyonlar şunlardır.



1.6.1.5. Permutit yöntemi

Bu yöntemde, permutit veya zeolitler kompleks bir sodyum alüminyum silikattan oluşup sudaki Ca²⁺ ve Mg²⁺ iyonları yerine Na⁺ iyonu vererek suyu

yumuşatırlar. Zeolitle işleyen aletler belli bir süre Na^+ katyonu bitence çalışamaz hale gelirler. Bu durumda zeoliti tazelemek gerekir. Bunun için zeolit üzerine derişik NaCl çözeltisi gönderilir.



1.7. Suyun Dezenfeksiyonu

Aşı üretiminde kullanılacak olan su işletmede kullanılan makine, tanklar, kaplar, aletler ve yüzey temizliğinde kullanılan su aynı zamanda mikrobiyolojik kalitede olmalıdır.

Suda bulunan sağlığa zararlı mikroorganizmaların sudan giderilmesi işlemine suyun dezenfeksiyonu denir. Dezenfeksiyon ile sterilizasyon farklı işlemler olup sterilizasyon, dezenfeksiyondan daha ileri bir aşamadır. Sterilizasyonda sporlar da dahil olmak üzere sudaki bütün canlıların öldürülmesi işlemidir. Bütün doğal sular az ya da çok mikroorganizma barındırır. En temiz sayabileceğimiz yeraltı sularında bile su seviyelerinin yükselmesi ya da sulara lağım sularının karışması sonucu sulara mikroorganizmalar bulaşabilir (Mutluay vd.,1996). Suyun dezenfeksiyonu için birçok yöntem mevcut olup dezenfekte edilecek suyun miktarına, uygulamanın ekonomikliğine bağlı olarak değışir. Suyu dezenfekte edici maddeye ise dezenfektan denir. Dezenfektan seçiminde ise bazı hususlar göz önünde bulundurulmalıdır. Bunlar; dezenfektanın cinsi, gerekli temas süresi, suyun sıcaklığı ve kimyasal özellikleri, uzaklaştırmak istenen mikroorganizmanın cinsi ve sayısı gibi parametreler dezenfektan seçiminde önemlidir. Dezenfeksiyon yöntemlerinin ise başlıcaları şunlardır; Suyun kaynatılması, Suyun ozonlaması; Suyun klorlanması, Suyun kireçle muamelesi, Suyun Elektrokata din yöntemi ile muamelesi, Suyu Ultraviyole ışınları ile muamelesi, Suyun kireçle muamelesi ve diğer oksidasyon yöntemleri (Brom, iyot, potasyum, permanganat) gibi çeşitli dezenfeksiyon yöntemleri mevcuttur.

1.7.1. Kimyasal yöntem ile suyun dezenfeksiyonu

Su dezenfeksiyonunda genelde kimyasal yöntemler uygulanır. Aynı zamanda

dezenfeksiyon işleminde kullanılacak olan kimyasallar insan sağlığına zararlı etkisi olmamalıdır. Ayrıca kullanılan kimyasalın suda bulunan patojen mikroorganizmaları belli bir zaman aralığında öldürdüğü ispatlanmalıdır. Suyun dezenfeksiyonu için en çok kullanılan kimyasal klor ve ozonlamadır (Oğur vd.,2004).

1.7.2. Klor ile dezenfeksiyon

Günümüzde suyun dezenfeksiyonunda kullanılan kimyasal maddelerden biri klordur. Klor 1774 yılında scheele adında İsveçli bir kimyager tarafından bulunmuştur. 1896 yıllarında ABD’de Louisville ‘de ilk defa dezenfeksiyon için kullanmıştır. 1905 ‘de bir tifo salgını sonucu Londra’da sürekli olarak kullanılmaya başlanmıştır. Klor suya normalde element klor (KLOR GAZI), Sodyum hipoklorit solüsyonu (Çamaşır suyu) veya kalsiyum hipoklorit şeklinde uygulanmaktadır. Bu uygulamaların her biri kendi başına suya klor iyonu vermektedir. Bizim ülkemizde en sık satılan ve uygulanan formu sodyum hipoklorit şeklindedir. Sodyum hipoklorit (NaClO) bir tür tuzdur. Sodyum hidroksit elementer klor ilave edilerek elde edilir %5-%15 oranında klor ihtiva eder. (Hamano,1997).



Kalsiyum hipoklorit ise beyaz ve katı formdadır. Yaklaşık olarak %65 klor ihtiva eder. Ticari olarak granül veya tablet şeklinde temin edilebilir.

Klorun bakterisit etkisi fitokimyasal bir olaydır. Klor mikroorganizmaların membranına etki ederek burada proteinlerin yapısındaki aminoasitlerden klor aminler meydana getirmek suretiyle mikroorganizmaların çoğalma ve gelişimlerini önler. Kuvvetli oksidan etkiye sahip olduğu için korozyona sebep olduğundan tekrar uzaklaştırmak gerekir.

İçme suları için 0,4-0,8 mg/L dozunda uygulanması yeterlidir. 1 mg/L’nin üzerindeki oranlarda tat ve koku bozukluğundan dolayı yüksek dozlarda ise (3 mg/L) kıyafetlerde ağartma cilt derilerde kaşıntı gibi lezyonlara sebep olur. Klorlama dozajı aşağıdaki formül kullanılarak hesap edilir.

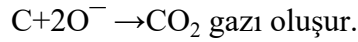
$$\text{Kullanılacak klor çözeltisi(gram)} = D \times L / \% \text{ klor çözeltisi} \times 10$$

D: dozaj mg/L

L: litre olarak su

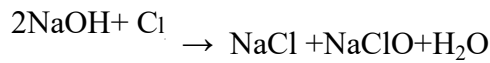
10: Sabit sayı

Dezenfeksiyon işleminde aslında dezenfeksiyon, işlemini yapan klor sodyum hipoklorit çözeltisinden gelen ClO^- iyonudur. Bir diğer deyişle serbest klor olarak adlandırılan klordur. Sulardaki ClO^- iyonunu gidermek için genelde Aktif Karbon prosesi kullanılır. Bu proseste ClO^- iyonu aktif karbondan geçerken aktif karbon ile reaksiyona girerek CO_2 gazı oluşturur. Burada ClO^- iyonundaki oksijen, karbon ile reaksiyonu sonucu



Kimya dilinde sularda bulunan Cl iyonu ise dezenfeksiyon işlemini yapmaz. Su içinde bulunan Cl iyonu metallerde ve hatta 316 kalite paslanmaz çelikte dahi korozyona sebep olduğundan sınırlı seviyede bulunulmasına müsaade edilir. Bu klor ise ters ozmoz membranları ile giderilir.

Günümüzde suyun dezenfeksiyonunda kullanılan kimyasal maddelerden biri klordur. Klor 1774 yılında scheele adında isveçli bir kimyager tarafından bulunmuştur. 1896 yıllarında ABD’de Louisville ‘de ilk defa dezenfeksiyon için kullanmıştır. 1905 ‘de bir tifo salgını sonucu Londra’da sürekli olarak kullanılmaya başlanmıştır. Klor suya normalde element klor (KLOR GAZI), Sodyum hipoklorit solüsyonu (Çamaşır suyu) veya kalsiyum hipoklorit şeklinde uygulanmaktadır. Bu uygulamaların her biri kendi başına suya klor iyonu vermektedir. Bizim ülkemizde en sık satılan ve uygulanan formu sodyum hipoklorit şeklindedir. Sodyum hipoklorit (NaClO) bir tür tuzdur. Sodyum hidroksit elementer klor ilave edilerek elde edilir %5-%15 oranında klor ihtiva eder. (Hamano,1997).



Kalsiyum hipoklorit ise beyaz ve katı formdadır. Yaklaşık olarak %65 klor ihtiva eder. Ticari olarak granül veya tablet şeklinde temin edilebilir.

Klorun bakterisit etkisi fitokimyasal bir olaydır. Klor mikroorganizmaların membranına etki ederek burada proteinlerin yapısındaki aminoasitlerden klor aminler meydana getirmek suretiyle mikroorganizmaların çoğalma ve gelişimlerini önler. Kuvvetli oksidan etkiye sahip olduğu için korozyona sebep olduğundan tekrar uzaklaştırmak gerekir.

İçme suları için 0,4-0,8 mg/L dozunda uygulanması yeterlidir. 1 mg/L’nin

üzerindeki oranlarda tat ve koku bozukluğundan dolayı yüksek dozlarda ise (3 mg/L) kıyafetlerde ağartma cilt derilerde kaşıntı gibi lezyonlara sebep olur. Klorlama dozajı aşağıdaki formül kullanılarak hesap edilir.

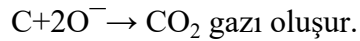
$$\text{Kullanılacak klor çözeltisi(gram)}=D \times L / \% \text{klor çözeltisi} \times 10$$

D: dozaj mg/L

L: litre olarak su

10: Sabit sayı

Dezenfeksiyon işleminde aslında dezenfeksiyon, işlemini yapan klor sodyum hipoklorit çözeltisinden gelen ClO^- iyonudur. Bir diğer deyişle serbest klor olarak adlandırılan klordur. Sulardaki ClO^- iyonunu gidermek için genelde Aktif Karbon prosesi kullanılır. Bu proseste ClO^- iyonu aktif karbondan geçerken aktif karbon ile reaksiyona girerek CO_2 gazı oluşturur. Burada ClO^- iyonundaki oksijen, karbon ile reaksiyonu sonucu



Kimya dilinde sularda bulunan Cl iyonu ise dezenfeksiyon işlemini yapmaz. Su içinde bulunan Cl iyonu metallerde ve hatta 316 kalite paslanmaz çelikte dahi korozyona sebep olduğundan sınırlı seviyede bulunulmasına müsaade edilir. Bu klor ise ters ozmoz membranları ile giderilir.

1.7.3. Ozon ile dezenfeksiyon

Ozon oksidasyon gücü yüksek bir gaz olduğundan dolayı dezenfeksiyon amacıyla kullanılmaktadır. Kullanılan diğer dezenfektanlardan bazı üstünlükleri vardır. Fazla olması zararlı değildir. Ozonu suda uzaklaştırmak için havalandırılması yeterlidir. Ozon organik maddelerin varlığında üçüncü oksijen atomunu serbest bırakarak organik maddeleri yıkma uğratır bunu yaparken bakterileri parçalamış olur. Organik maddelerin oksidasyonu ise bakterilerin sonradan gelişmesini olanaksız hale getirir. Ozon genellikle yüzme havuzlarında sudaki renklerin giderilmesinde, atık suların arıtılmasında, nitrit, amonyak, demir. Mangan, giderilmesinde ortam havasının dezenfeksiyonunda ozon gazı kullanılmaktadır.

1.7.4. Isı ile suyun dezenfeksiyonu

En çok uygulanan yöntemlerden biri olup su 70°C 'ye ısıtılarak devir- daim

ettirilerek bakterilerin ölmesi sağlanır. Eğer sporlu basillerin varlığında şüphe varsa 2 saat ara ile 3 kez 70°C 'ye kadar ısıtılarak steril hale gelir (Tindalizasyon metodu). Dağıtım sisteminin dezenfeksiyonu da yapılacaksa su 85-95 °C 'ye ısıtılarak borulara verilir.

1.7.5. Ultraviyole ile suyun dezenfeksiyonu

Ultraviyole mikroorganizmalar üzerinde öldürücü etkisi çok fazladır. Güneş ışığının mikroskop öldürmede etkin olan kısmı dalga boyları 1000-3900 Å olan Ultra viyole (UV) ışınlarıdır. Özellikle dalga boyları 1000 Å olan UV ışınları mikropların protoplazmasını öldürücü etkiye sahiptir.

U.V ile dezenfeksiyonun temeli su tabakasının 0,2-0,9 µm U.V ışınları yayan civa buharlı ark lambalarına maruz bırakılması ile olur.

1.7.6. Filtrasyon ile suyun dezenfeksiyonu

Filtrasyon işleminde bakterilerin geçemeyeceği boyutlarda filtreler kullanılarak dezenfeksiyon işlemi yapılabilir. Bunu için 0,45µm ile 0,2µm aralığındaki filtreler mikroorganizmaları ve partikülleri tutar. Genellikle önce 0,45 µm daha sonra 0,2µm çapında filtreler seri kurularak süzme işlemi gerçekleştirilir.

1.8. Aktif Karbon Prosesi

Aktif karbon, doğal kaynaklardan veya organik maddelerin yüksek sıcaklıkta işlenmesiyle elde edilen çok gözenekli bir karbon çeşididir. Genellikle mikroskobik gözeneklere sahip olan aktif karbon, büyük bir iç yüzey alanına sahiptir.

Adsorpsiyon özelliği nedeniyle birçok sektörde kullanılır. Aktif karbon filtreler arıtma sektöründe yaygın olarak kullanılmakta olup, sularda renk, tat, koku giderici, klor gibi çözünmemiş organik ve inorganik kirliliklerin arıtılmasında ve ayrıca bazı ağır metallerin giderilmesinde kullanılmaktadır. Aktifleştirme işlemi ile yüzey alanı yaklaşık 100 kat artırılan karbon minareleri, organik maddeleri adsorbe ederek filtre ederler.

Aktif karbon filtrelerin çalışma prensibi basınçlı olarak Aktif karbon filtresine giren ham su, hesap edilen temas süresinde filtreden geçerken suda istenmeyen koku, tat, organik madde ve fazla klorun alınması sağlanır. Aktif karbon filtresi içinde tutulan kirleticiler filterenin verimin düşmesine sebep olurlar. Filterenin tekra verimli olarak çalışmasını sağlamak için filtre geri yıkama yapılarak,

filtrede tutulan kirletici maddelerin deşarj edilmesi sağlanır. Kullanım alanı olarak;

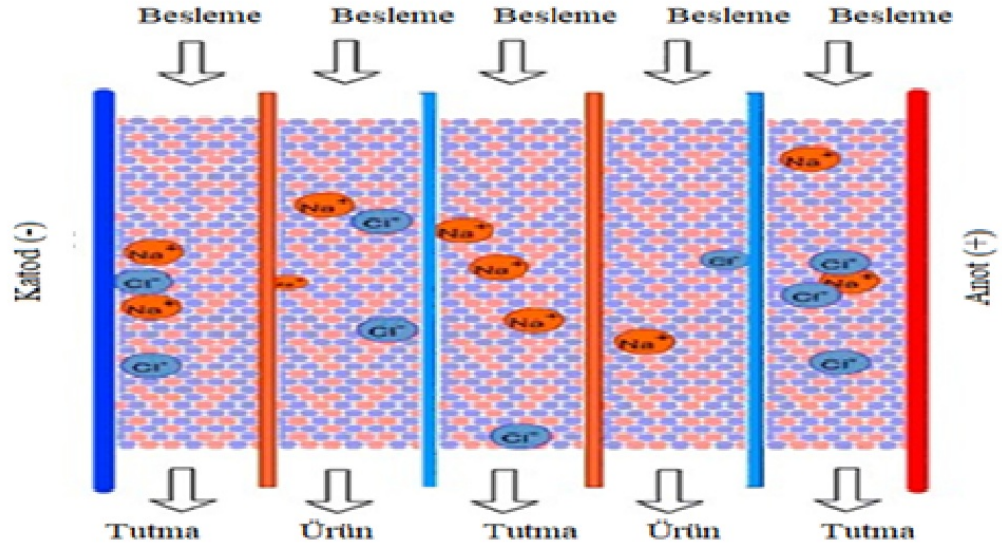
- Kuyu suyu filtrasyonu
- Klorlama yapılan tesislerde fazla klorun alınması
- Yüzeysel suların filtrasyonu
- Yumuşatma sistemlerinden önce ön filtrasyon
- Reverse osmosis sistemlerden önce ön filtrasyon için
- Arıtılmış atık suların filtrasyonu
- Havuz suyu filtrasyonu işlemleri gibi proseslerde kullanılır.

Aktif karbon, karbon içeren maddelerden yapılabilir. Genel olarak bileşiminde %87-97 oranlarında karbon içermekte olup geri kalan oranlarda ise hidrojen, oksijen kükürt ve azot gazı içerebilir.

Ticari olarak aktif karbonların elde edilmesi, odun, turba, linyit, kömür. Mangal kömürü, kemik, Hindistan cevizi kabuğu, prinç kabuğu, fındık kabuğu ve yağ ürünlerinden elde edilen karbonların çeşitli işlemlerden geçirilerek aktif hale getirilmesiyle elde edilir.

1.9. Elektro Deiyonizasyon Sistemi (EDI)

Bu sistem de iyonize su üretmek amacıyla kullanılır. EDİ membran ile ayırma tekniği olup ilk kez 1980'lerde ticarileştirilmiş bir yöntemdir. EDİ sudan iz miktarda çözünmüş bulunan katıların giderilmesi için elektrikle çalışan bir ayırma tekniğidir. Ayırma iyon değıştirici membranlardan ve reçinelerden elektrik akımı geçirilerek gerçekleşmiş olur.



Şekil 1.8. Elektro deiyonizasyon şeklinin görüntüsü

Çizelge 1.8. Genel Olarak EDİ Sistemleri İçin İstenen Besleme Suyu Nitelikleri

Değişken	İstenen Nitelikler
Besleme suyu türü	RO geçen sıvı (Permeate)
İletkenlik	<40µS/cm
Karbon dioksit	<5 mg/L
Silika	<0,5mg/L
Fe, Mn, H ₂ S	<0,01mg/L
Toplam klor	0,05mg/L
Serbest Klor	0,05mg/L
Toplam Sertlik	<0,1 mg/LCaCO ₃ <0,5 mg/L bazı uygulamalarda
TOC	<0,5mg/L
Ph	4-11
Sıcaklık	5-45°C
Basınç	25-100 psig(172-689 kPag)

1.10. Suyun iletkenliği

Suyun iletkenliği suyun en önemli özelliklerinden biridir. Saf su molekülü elektrik geçirmez suda bulunan safsızlıklar çoğaldıkça suyun iletkenliği artar. Suyun iletkenliği ölçülerek suyun içinde bulunan safsızlıklar hakkında fikir edinebilir. Suda bulunan bazı iyonların iletkenlik faktörü ile çarpılması sonucunda iletkenlik hesap edilebilir. Sektörlerde iletkenlik genelde iletkenlik ölçen cihazlar ile tespit edilir.

Çizelge 1.9. Suda Bulunan Bazı İyonlar İçin İletkenlik Faktörleri

İyonlar	İletkenlik faktörü Her mg/L için $\mu\text{S}/\text{cm}$
Ca	2,6
Mg	3,82
K	1,84
Na	2,13
HCO_3	0,715
Cl	2,14
SO_4	1,54
NO_3	1,15

İletkenlik $\mu\text{S}/\text{cm}$ =iyon miktarı(mg/L)*iletkenlik faktörü formülü ile hesaplanabilir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ters osmoz membranı ile yapılan bir çalışmada şebeke suyu herhangi bir arıtmaya tabi tutulmadan varilde stoklanarak buradan sisteme besleme yapılarak sistem bir saat çalıştırıldıktan sonra ilk ölçüm 10 bar değerinde alınarak 30 dakikada bir basınç 5 bar artırılıp her defasında ölçümler alıp BW30 ters osmoz membran ile Nanofiltrasyon yöntemlerini karşılaştırmış suyun arıtılması sonucunda beslemedeki iletkenlik ve toplam organik madde gideriminde her ikisinde de %99 verim elde etmiştir (Yavuz,2015).

Ters osmoz membranı ile yapılan bir çalışmada şebeke suyu kullanılarak laboratuvar ortamında 2000 ppm'lik NaCl çözeltisi hazırlayıp çözeltiyi herhangi bir arıtmaya tabi tutmadan sistemi bir saat çalıştırdıktan sonra BW30 ters osmoz membranında ve Nanofiltrasyon yöntemi ile arıtma yaparak iletkenlik ve toplam organik madde gideriminde her iki sistemde de %99,3 lük verim elde etmiştir (Yavuz,2015).

Daha yüksek derecede saf su elde etmek amacıyla çift aşamalı membran filtrasyon sistemi uygulanmış ters osmoz ve Nanofiltrasyon yöntemleri karşılaştırılmış 2. Kademe süzme işleminde toplam organik maddenin sıfır değerlerine yakın sonuçlar elde etmiştir. İletkenlik değerlerinde ise 2. Süzme işleminde %77 lik verimler elde etmiştir (Yavuz,2015).

Laboratuvar ortamında hazırlanan petrol çözeltisinin Ultrafiltrasyon membranı ile arıtırılmasından elde edilen süzütünün besleme suyu olarak kullanıldığı bir çalışmada osmoz ve nanofiltrasyon yöntemleri ile elde edilen süzüntüde yine iletkenlik ve toplam organik madde gideriminde %99 -%100 arısında veriler elde edilmiştir (Yavuz,2015).

Sağlıklı ve güvenli içme suyuna ulaşabilmek amacıyla su arıtma sistemlerinin günümüzde endüstride ve birçok tesiste hatta evlerde daha kullanılmaya başlanmasıyla yapılan bir araştırma sonucunda projelendirme kontrol ve dezenfeksiyon yöntemlerinin eksikliği ortaya çıktığı görülmüştür. Bu problemlerin başında su sistemini kurabilecek iyi mühendislik uygulamaları ile su sistemin en iyi şekilde tasarlanması, uygun kalitede tesisat ve malzeme kullanılmasının gerektiğinin sonucuna varılmıştır (Ünver vd.,2011).

Dezenfeksiyon sistemin seçilmesi konusunda yapılan bir araştırmada limit altında kullanılan dezenfektanların sistemde biyofilm gelişimine ve dirençli mikroorganizmalar üremesine sebep olacağından limit üstünde ise kullanılacak dezenfektanın ise sistemlerde korozyona ve gereksiz ekonomik kayıplara ve çevre kirliliğine sebep olacağından dozajında dezenfektanlar kullanılmasının gerektiği vurgulanmıştır (Ünver vd.,2011).

Suların kalitesini etkileyen birçok unsur bulunmakla beraber bilinçsiz tarım faaliyetlerinde kullanılan gübreler, zirai ilaçlar denetimsiz olarak bırakılan fabrika atıkları yer altı su kaynaklarına ve yüzeysel sulara karışarak kirlilik oranını artırmaktadır. Bu sorunun önüne geçilmesi amacıyla yapılan bir çalışmada Tekirdağ ve Su ve Kanalizasyon idaresi tarafından yapılan bir çalışmada düzenli ve sürekli yapılan klorlama neticesinde kimyasal ve mikrobiyolojik uygunsuzluklar önemli ölçüde azalma göstermiştir. Fakat klorlama çalışmalarından daha iyi verim alınabilmesi için kırsal alanlarda ve mahallerde içme suyu kullanımı için kullanılan depolarda klorlama işleminin yapılması daha uygun görülmüştür (Başa vd.,2017).

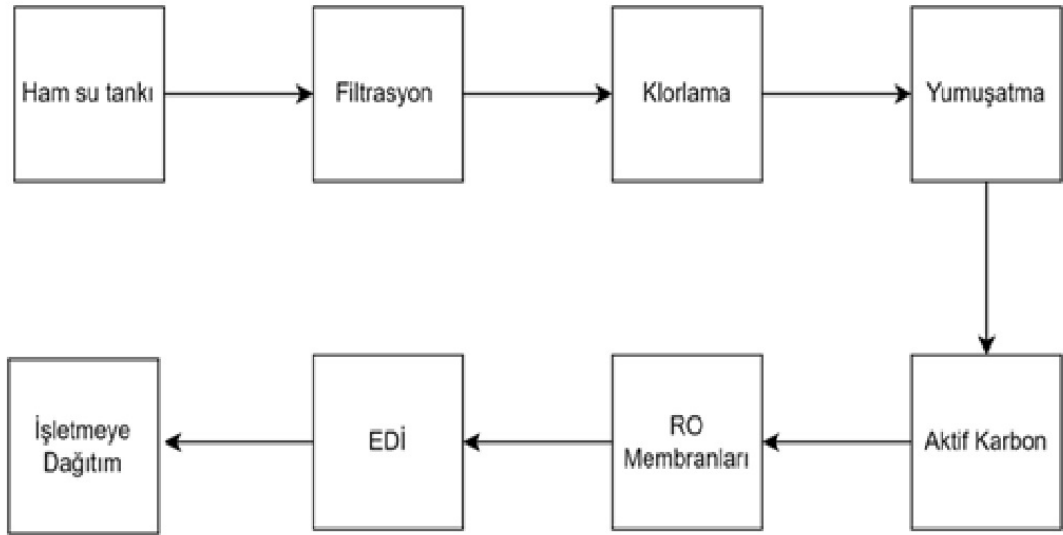
Ham sulardan içme suyu elde etmek amacıyla yapılan bir çalışmada ters osmoz yöntemiyle içme suyu elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 2,5 bar basınçta kum filtre kullanılarak 1µm boyutundaki partikülleri tutmak amacıyla kartuş filtreler yerleştirilmiş daha sonra ters osmoz sistemi kullanılarak içme suyu elde edilmiştir. 2. Alternatif olarak kum filtre sonrası aktif karbon filtre ilave edilerek içme suyu elde edilmiş 3. Alternatif Kum filtre sonrası ak iyon değiştirici reçine ilave edilmiş 4. Alternatif olarak ise kum filtre sonrası aktif karbon takiben iyon değiştirici reçine ve sonrası ters osmoz sistemi ilave edilerek suyun son çıkışından numuneler alınıp edilmiş ve sonuçta ph 'da bir değişiklik gözlemlenmemiş fakat iletkenlik değerinin 4. aşamada en düşük seviyelere indiği görülmüş olup %95 verim elde edilmiştir. Sonuç itibari ile içme suyunun TS 266 'ya uygun olarak üretilmiştir (Naharcı, 2007).

Sert sularda bulunan +2 değerlikli metal iyonların temas ettiği yüzeylerde tahribata yol açması nedeniyle bu iyonları uzaklaştırmak amacıyla yapılan bir çalışmada Membran Kapasitif Deiyonizasyon Prosesesi (MCDI) ile Farklı konsantrasyonlarda Ca²⁺ ve Mg²⁺ içeren sular hazırlanmış MCDI sertlik giderme işlemi yapılmış sonuç olarak %96-97 oranlarda sertlik giderme işlemi gerçekleştirilmiştir (Uzun vd.,2019).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Sistem Tanımı

Deiyonize suyu elde etme çalışması membran, klorlama, yumuşatma, klor giderme, elektro de iyonizasyon sistemleri kullanılarak şebeke suyundan elde edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada Şanlıurfa organize sanayi bölgesinde bulunan şebeke suyu kullanılarak aşı üretiminde kullanılmak üzere deiyonize su üretimi amaçlanmıştır. Çalışmalar DOLLVET A.Ş.(aşı üretim tesisi) 'de gerçekleştirilmiştir. İlk önce şebeke suyu 20 tonluk Ham su tankında stoklanarak, üretilmek istenen su, bu stok tankında biriktirilen su ile çalışma yapılmıştır. Sistemin genel akış şeması Şekil 3.1 'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Sistemin Akış Şeması

Ham su tankında stoklanan su, içerisinde bulunan kum, toz, vb gibi yabancı maddelerden arındırılmak amacıyla ilk önce kum filtre denilen filtreden geciktikten sonra klorlama, yumuşatma, klor giderme (aktif karbon), RO membranları, EDİ aşamalarını takip ederek şebekeye dağıtılmaktadır.

3.2. Numune Alma ve Süreçleri

Numuneler 6 aylık süre zarfında haftalık olarak alınmış, aşağıda belirtilen parametreler ve analiz metotları ile birlikte Çizelge 3.1 'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Analiz Edilen Parametreler, Birimleri ve Analiz Metotları.

PARAMETRELER	ANALİZ METODU	Birim
pH	Ph metre	
iletkenlik	İletkenlik Cihazı	μS
Klorür	Spektrofotometrik	ppm
Sertlik	Spektrofotometrik	ppm
Nitrat	Spektrofotometrik	ppm
Sülfat	Spektrofotometrik	ppm
Amonyum	Spektrofotometrik	ppm
Toplam demir	Spektrofotometrik	ppm
Mangan	Spektrofotometrik	ppm

Üretimde kullanılacak olan ham suyun özelliklerini tanımak amacıyla ham su tankında bulunan su, çalışmaya başlamadan önce kimyasal ve fiziksel analizleri yapılmış sonuçları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Üretimde Kullanılan Ham Suyun Fiziksel ve Kimyasal Analizleri.

Parametre	Ortalama Değerler	Limit değerler
pH	8,11	5,5-8,5
İletkenlik ($\mu\text{S/cm}$)	123,3	850
Nitrat (ppm)	0,01	50
Sülfat (ppm)	31	250
Klorür (ppm)	133	250
Serbest klor (ppm)	0,01	2
Amonyum (ppm)	0,11	1,5
Toplam sertlik ($\text{Ca CO}_3\text{mg/L}$)	6,57	500
Topla demir (ppm)	0,07	0,2
Mangan(ppm)	0,036	0,4

3.3. Parametreler ve Metodlar

Bu çalışmada aşı üretim aşamalarında kullanılacak suyun istenen kalite standartlarına uygun olarak üretilmesi için gerekli prosesin oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaçla Şanlıurfa organize sanayi bölgesindeki şebeke suyu kullanılarak istenen kalite standartlarına uygun su üretimi için kurulması gerekli proseslerden elde edilen suyun analiz sonuçları istenen kalite standartlarına uygun olup olmadığı araştırılıp karşılaştırma yapılmıştır. Sistem filtreleme, klorlama, aktif karbon, sertlik giderme, ters osmoz ve de iyonizasyon işlemlerinden oluşmaktadır.



Şekil 3.2. Çalışmalarda kullanılmak üzere spektrofotometre cihazı.



Şekil 3.3. Toplam organik karbon (TOC) tayini için kullanılan TOC Analyzer cihazı.

3.4. Sertlik Tayini Yapılışı

Reaktifler

1.0,01 molar EDTA çözeltisi hazırlanışı:3,72 EDTA tartılır. 1000 mL saf su içerisinde çözülür.

2.Amonyak Amonyum Klorür Tampon çözeltisi hazırlanışı: 6,92 gram Amonyum klorür + 57 mL derişik Amonyak 100 mL Saf su içerisinde çözünür.

3.Eriochrome Black T indikatörü hazırlanışı: 1 gr Eriochrome Black T indikatörü +10 gram NaCl 100 mL saf suda çözülür

Yapılışı:

1.50 mL su örneği 250 mL 'lik erlene alınır. Tampon çözelti ile pH'sı 10' getirilir

2.Üzerine 2-3 damla indikatör damlatılır. Rengin şarap kırmızısı olması suyun içerisinde CaCO₃ olduğunun göstergesidir. Eger çimen yeşili olursa CaCO₃ olmadığını yani sertliğin olmadığını göstregesidir.

3.Renk şarap kırmızısı olursa EDTA çözeltisi ile renk çimen yeşili olana kadar titrasyon yapılır. Çimen yeşili olunca titrasyon sonlandırılır. Harcanan EDTA kaydedilir.

Hesaplama:

A: Harcanan 0,02 normal EDTA çözeltisi hacmi (mL)

CaCO₃:100 gr/mol (molekül ağırlığı)

Molarite=Normalite /T.D

T. D=tesir degerligi

EDTA Di Sodyum Tuzu:C₁₀H₁₄N₂Na₂O₈2H₂O(372gr/mol)

Ppm(mg/L) CaCO₃= A□molarite .100000/mL su Örneği

Fr sertliği olarak =ppm/10

3.5. Klor Tayini Yapılışı

Reaktifler

1.%'5'lik K_2CrO_4 indikatör çözeltisi:50 gram K_2CrO_4 bir miktar distile suda çözülür. Belli bir çökelek oluşuncaya dek $AgNO_3$ çözeltisi ilave edilir. 12 saat süreyle bekletilir. Daha sonra çözelti filtre edilerek kullanılır.

2.0,05 Normal $AgNO_3$ çözeltisi: 10 g $AgNO_3$ tartılır. 100-110 °C 'de iki saat kurutulur. Desikatörde soğutulur. Soğutulan maddeden 8,4960 gram tartılır litrelik balon jojeye litreye tamamlanır.

Yapılışı:

1.50 mL 'lik su numunesi 250 ml'lik erlene alınır. Üzerine 1-2 damla %'5'lik K_2CrO_4

İndikatörü damlatılır. Kırmızımsı kahverengi renk elde edilinceye kadar $AgNO_3$ çözeltisi ile titrasyon yapılır. Aynı işlem saf su ile tekrar edilir.

Hesaplama:

$$mg/L Cl^- = (v_2 - v_1) * N_{AgNO_3} * 3543 / \text{numunemL}$$

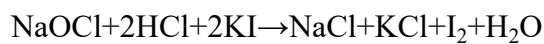
V2: numune için harcanan $AgNO_3$ hacmi

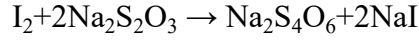
V1: saf su için harcanan $AgNO_3$ hacmi

N: $AgNO_3$ normalitesi

3.6. Aktif Klor Miktarı Tayini:

Su numunesinden 5 mL alınarak bir balon jojeye konur. Üzerine saf su ilave edilerek 50 mL'ye tamamlanır. İyice çalkalandıktan sonra pipetle 10 mL çekilip bir erlene konur, üzerine %5'lik KI çözeltisinden 4 mL eklenip 0,5 mL %25 'lik HCl ile edilerek asitlendirilir. Bu çözelti ayarlanmış 0,1 N Sodyum tiyosülfat çözeltisi ile açık saman rengine dönüşene kadar titre edilir. Bu sırada üzerine 0,5 mL %1'lik nişasta çözeltisi konularak, oluşan mavi renk kayboluncaya kadar ve her defasında iyice çalkalanarak titrasyon sonuçlandırılır. Meydana gelen reaksiyon:





1mL 0,1 N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ = 0,003723 g NaOCl 'ye denk gelir

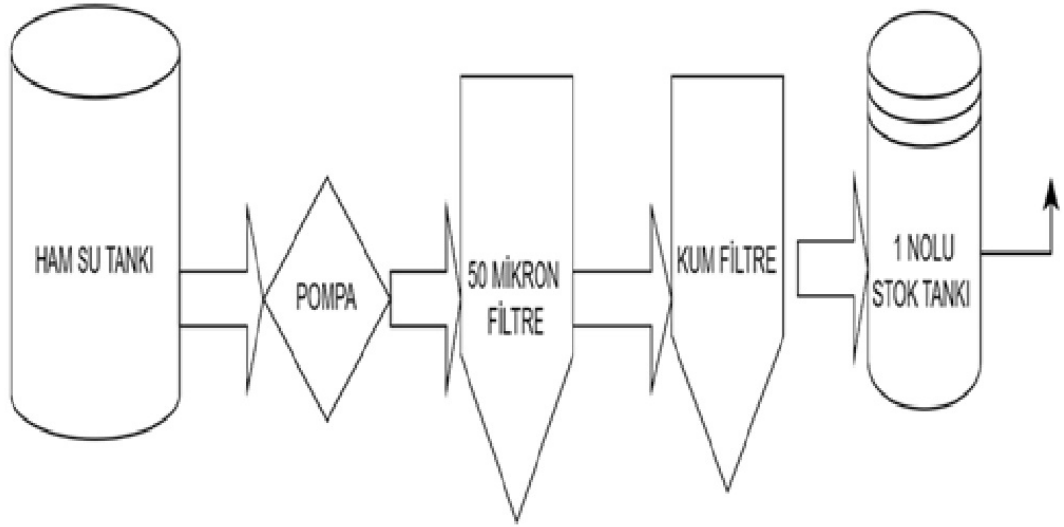
= 0,003546 g Cl 'ye denk gelir



Şekil 3.4. Çalışmalarda kullanılan iletkenlik ve pH ölçüm cihazı.

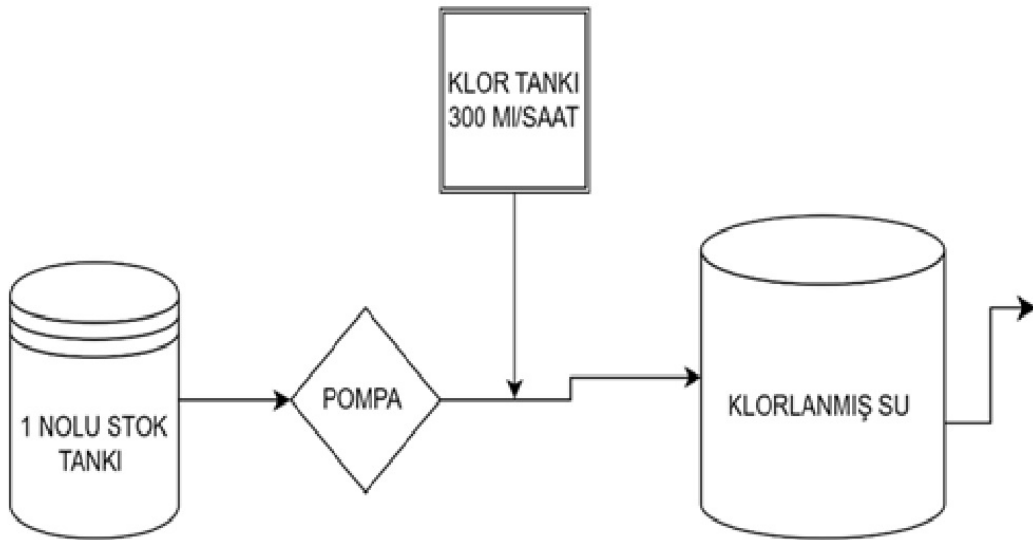
Çalışmanın yapılacağı yerde bulunan şebeke su 50 mikronluk filtreden ve kum filtreden geçtikten sonra 25°C de 100 tonluk stok tankında depolanmaktadır.

Filtreleme sistemi: Şebeke suyu 50 mikronluk kağıt filtre ve kum filtreden geçerek ham su tankında depolanmaktadır.



Şekil 3.5. Ham suyun 50 mikron ve kum filtreden geçişi.

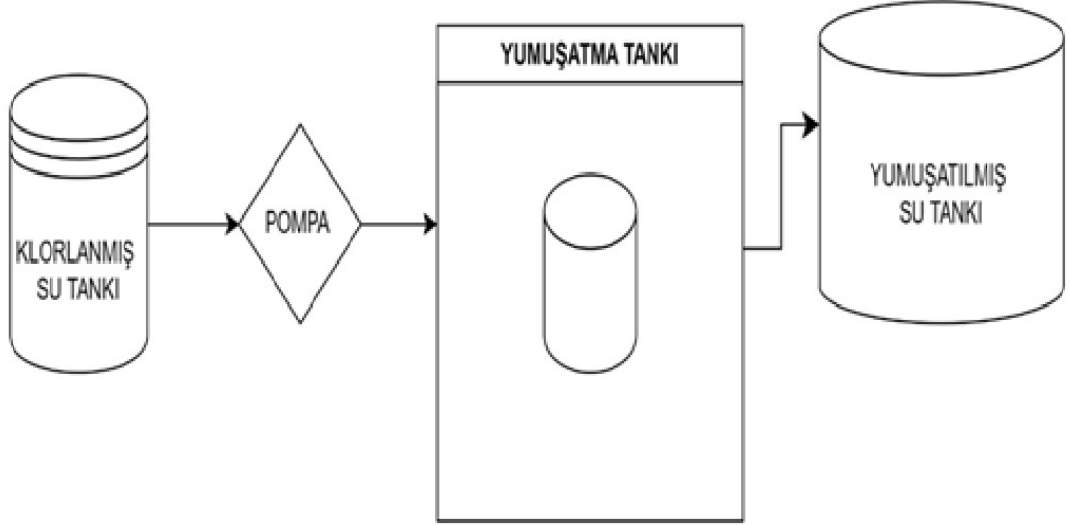
Klorlama Sistemi: 50 mikron filtreden geçen süzüntü dezenfeksiyon amacıyla klorlama yapılarak suyun içinde bulunan bakterilerden arınmak amacıyla sisteme %13 NaOCl ihtiva eden hipoklorit kimyasalı verilmektedir. 50 mikron filtreden geçen suya klor ilavesi yapılarak klorlama işlemi yapılır. Klorlama sistemin akım şeması şekil 3.6 da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Klorlama Sistemi.

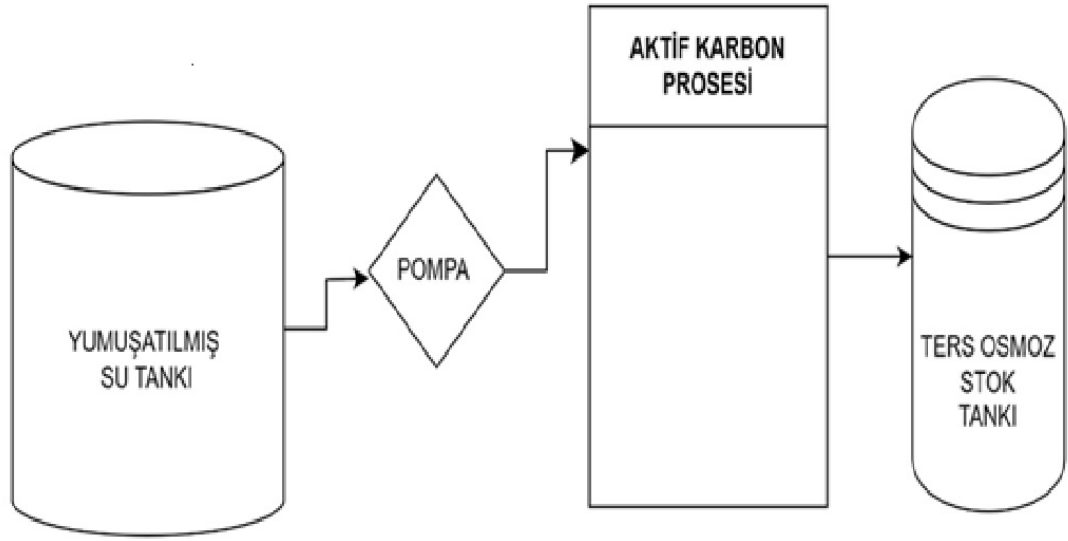
Sertlik Giderme: Sulara sertlik veren Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonları giderilmediğinden

dolayı klorlama çıkışı su, sertlik giderme prosesine besleme suyu olarak kullanıldı. Sertlik giderme prosesi olarak iyon değıştirci prosesi kullanıldı. Sertlik giderme prosesi şekil 3.7 de gösterilmiştir.



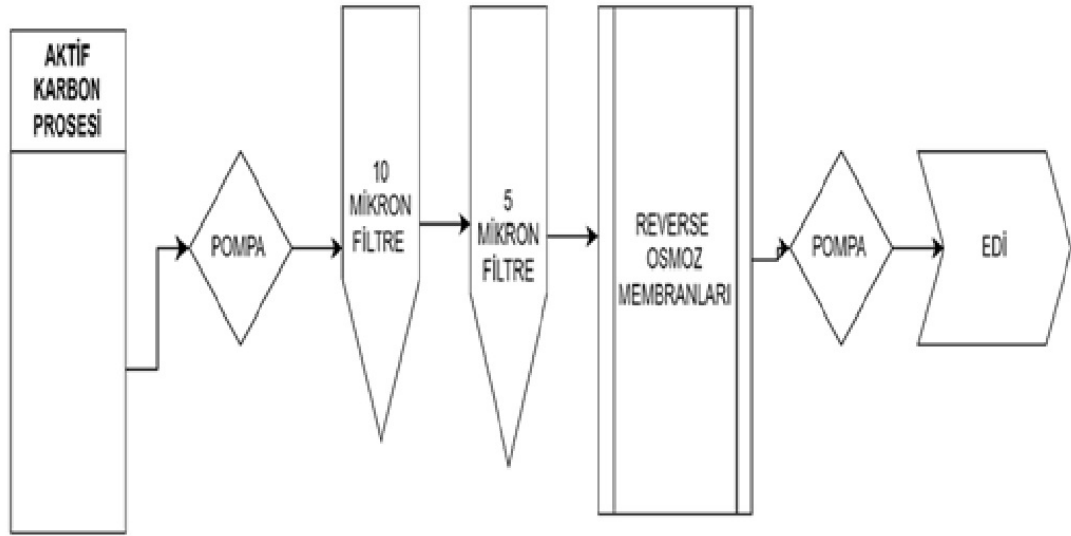
şekil 3.7. . Sertlik Giderme İçin Soft Tankı (Na iyon değıştirici Reçine).

Aktif Karbon Prosesi: Tabloda 4.3'te görülen sonuçlara göre sertlik değeri istenen kalite standartlarına geldiği halde klor ve iletkenlik için istenen kalite standartlarına ulaşılamamıştır. Klor yüklemesi ayrıca pH değeriinde yükselmeye sebep olmuştur. Bu sebeple sisteme dezenfeksiyon amacıyla verilen klor dezenfeksiyon işlemine bitirdikten sonra sistemden tekrar uzaklaştırılması gerekiyor. Aktif karbon prosesi ile klor uzaklaştırma işleminde yüksek verimler elde edilmektedir. Aktif karbon prosesinin akım şeması şekil 3. 8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Aktif Karbon Prosesi.

Reverse Osmoz Membran Sistemi, Aktif karbon prosesi sonrası Tablo 4.4'teki sonuçlara göre klor uzaklaştırma ve sertlik büyük oranda uzaklaşmış olup fakat iletkenlik değerlerinde ise istenen sonuçlara ulaşamamıştır. İletkenlik değeri sıfıra yakın değerlerde su elde etmek için reverse ozmoz(ters osmoz) ve deiyonizasyon prosesleri son olarak sisteme eklenip analiz sonuçları bir önceki prosesle kıyaslanmıştır. Aktif karbon prosesi sonrası üretilen su reverse osmoz ve elektro deiyonnizasyon proseslerinden geçirilerek üretim tamamlanmıştır. Reverse osmoz prosesinin akım şeması şekil 3. 9 'da gösterilmiştir.



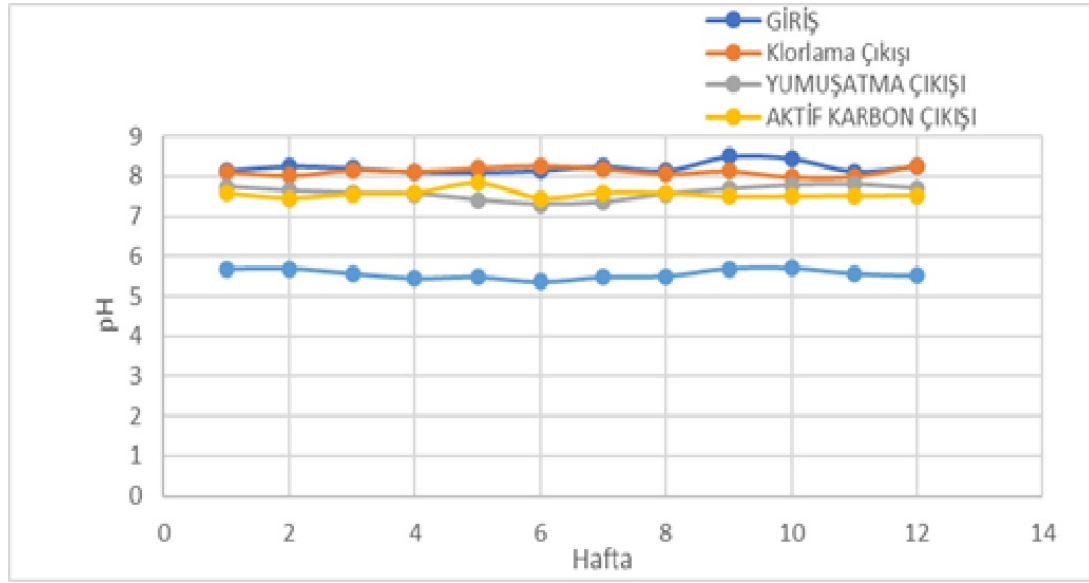
Şekil 3.9. Reverse Osmoz Membran Sistemi.

4. BULGULAR

DOLLVET A.Ş.'deki su üretim sisteminde alınan örnekler laboratuvar ortamında analiz edilerek her ünitenin verileri değerlendirilmiştir. Sistem giderim verimleri kıyaslanmıştır. Ayrıca literatür verileri ile de kıyaslanarak, aşağıda aşamalı olarak veriler görülmektedir. Üretilcek olan suyun her aşamadaki pH değerleri Çizelge 4.1.'de verilmiştir.Şekil 4.1 de ise grafiksel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Üretilen Suyun pH değerleri.

pH Değerleri					
Hafta	Giriş	Klorlama Sonrası	Yumuşatma Sonrası	Aktif Karbon Sonrası	Deiyonizasyon Sonrası (MBR)
1	8,14	8,11	7,74	7,58	5,68
2	8,25	8,02	7,64	7,45	5,69
3	8,2	8,15	7,58	7,56	5,56
4	8,1	8,12	7,56	7,59	5,45
5	8,09	8,2	7,41	7,85	5,48
6	8,14	8,25	7,3	7,45	5,36
7	8,25	8,18	7,35	7,59	5,48
8	8,14	8,06	7,56	7,58	5,5
9	8,5	8,13	7,68	7,49	5,69
10	8,45	7,98	7,78	7,5	5,7
11	8,12	8	7,8	7,51	5,56
12	8,25	8,26	7,7	7,52	5,51



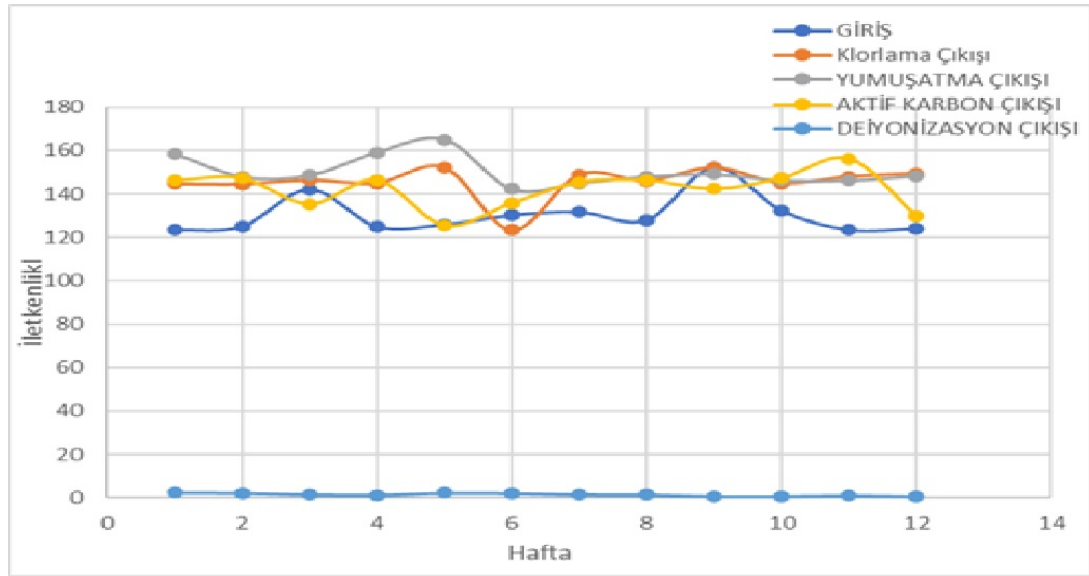
Şekil 4.1. Üretilen Suyun pH değişim grafiği

Tabloda görüldüğü gibi giriş, çıkış ve her ünitenin pH değerleri verilmiştir. Giriş ve çıkış pH verileri arasında çok büyük bir değişim görülmemiştir. Ancak yumuşatma çıkışında bir miktar kireç giderildiğinden pH değerleri ortalama olarak 7-7,5 arasına düştüğü gözlenmiştir. Aktif karbon çıkışında ise yumuşatma çıkışı ile benzer veriler elde edilmiştir bunun sebebi aktif karbondaki genelde pH etkileyecek giderimleri olmamasına bağlanabilir. Aktif karbonu müteakiben deiyonizasyon çıkışı pH değerleri 5-5,5 aralıklarına düşmüştür. Burada Membran ünitesi çıkışında suda bulunan çözünmüş tuz katyonların çoğunluğu giderildiği için pH düşmüştür. İletkenlik değerleri ise Tablo 4.2.'te verilmiştir. Şekil 4.2 de ise grafiksel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Üretilen Suyun İletkenlik Değerleri.

İletkenlik Değerleri (µS/cm)					
Hafta	Giriş	Klorlama Sonrası	Yumuşatma Sonrası	Aktifkarbon Sonrası	Deiyonizasyon Sonrası
1	123,3	144,7	158,5	146,2	2,45
2	125	144,5	148	147,2	2,25
3	142	146,3	148,6	135,2	1,5
4	125	145	159	146,32	1,26

5	125,9	152	165	125,3	2,3
6	130,2	123,5	142,3	135,6	2,14
7	131,6	148,8	145	145,3	1,5
8	128	146	148	146,2	1,36
9	152	152	149	142,3	0,58
10	132,2	145	146,2	147,3	0,59
11	123,5	148	146,2	156,2	0,98
12	124	149,3	148,3	129,6	0,51



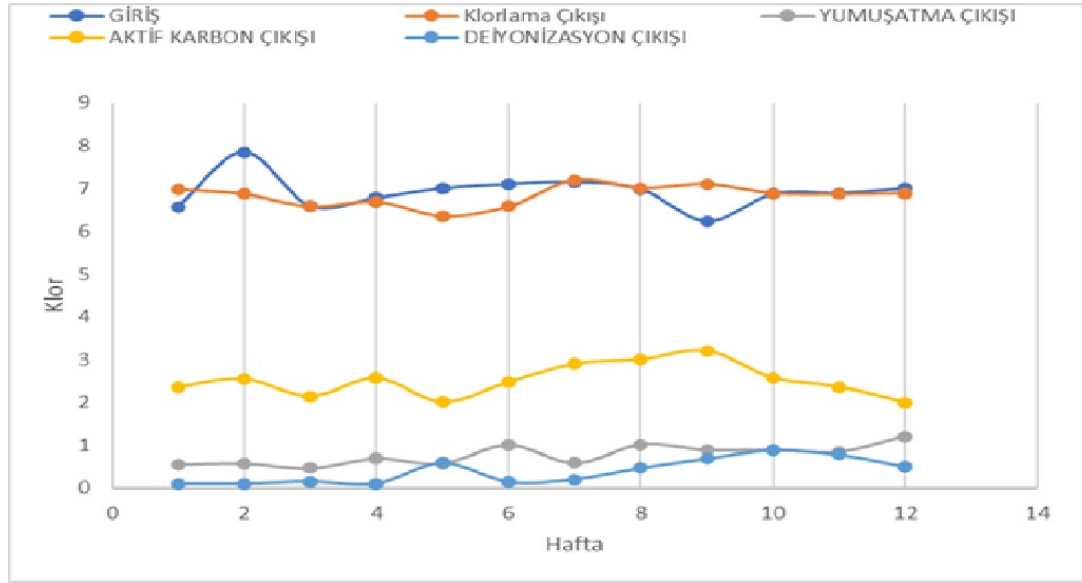
Şekil 4.2. Üretilen Suyun İletkenlik değişimi.

Klorlama giriş ve çıkış iletkenlik değerlerinde büyük bir değişim olmuştur. Bu değişikliğin sebebi klorlamadan ileri gelen klor iyonlarının suyun iletkenliğini etki ederek yükselme olmuştur. Yumuşatma prosesi giriş ve çıkışlarında fazla bir değişiklik olmamıştır. Çünkü yumuşatma prosesinde suya herhangi bir iyon ilave edilmediğinden dolayı sadece iyonlar yer değiştirmiştir. Bu değişiklik ise iletkenlik

değerlerine fazla yansımamıştır. Deiyonizasyon öncesi ve sonrasında iletkenlik değerinde büyük bir düşüş görülmüştür. Bunun sebebi ise deiyonizasyon işlemi suyun içinde bulunan iyonların birçoğunun alınmasından dolayı iletkenlik değeri düşmüştür. Sertlik değerleri ise Tablo 4.3.'te verilmiştir. Şekil 4.3 'te ise grafiksel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Üretilen Suyun Sertlik Değerleri.

Sertlik Değerleri (mg CaCO ₃ /L)					
Hafta	Giriş	Klorlama Sonrası	Yumuşatma Sonrası	Aktif Karbon Sonrası	De İyonizasyon Sonrası
1	6,57	6,98	0,56	2,36	0,1
2	7,85	6,87	0,58	2,54	0,1
3	6,59	6,58	0,47	2,14	0,15
4	6,78	6,69	0,69	2,56	0,1
5	7	6,36	0,58	2,01	0,59
6	7,1	6,58	1	2,47	0,14
7	7,15	7,2	0,59	2,9	0,2
8	6,98	7,01	1,01	3	0,47
9	6,23	7,1	0,89	3,2	0,69
10	6,87	6,89	0,89	2,57	0,89
11	6,89	6,87	0,85	2,36	0,78
12	7	6,89	1,2	2	0,5



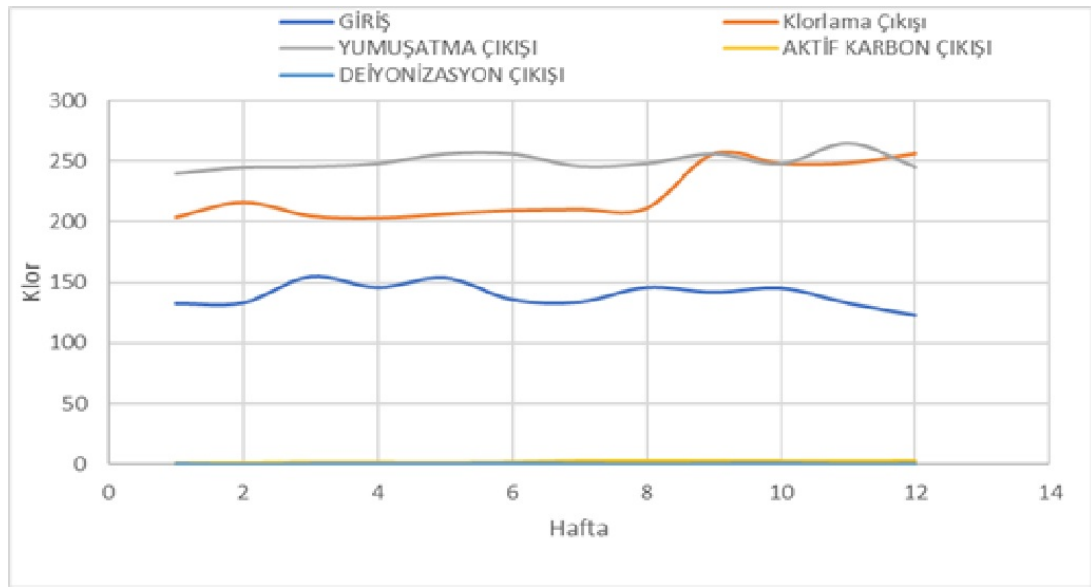
Şekil 4.3. Üretilen Suyun Sertlik değişim grafiği.

Tablodaki verilere göre klorlama öncesi ve sonrasında sertlik değerlerinde herhangi bir değişim olmamıştır. Çünkü sertlik değerleri kalsiyum ve magnezyum iyonlarından ileri geldiğinden dolayı klorlamanın sertliğe katkısı yoktur. Yumuşatma sonrasında ise sertlik değerinde belirgin bir düşüş görülmektedir. Çünkü kalsiyum ve magnezyum iyonları yumuşatma prosesinde bulunan sodyum iyonları ile yer değiştirdiğinden dolayı sertlik değeri düşmüştür. Aktif karbon sonrası ise bir miktar yükselme söz konusudur. Bunun sebebi ise Aktif karbondan gelen kalsiyum ve magnezyum iyonlarından kaynaklanmaktadır. De iyonizasyon sonrası ise su da hiçbir iyon kalmadığından dolayı sertlik sıfıra yakın değerlere düşmüştür. Klor değerleri ise Sıfıra yakın değerlerdedir. Klor değerleri Tablo 4.4.'te verilmiştir. Şekil 4.4 'te ise grafiksel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Üretilen Suyun Klor Değerleri.

Klor Değerleri (Ppm)					
Hafta	Giriş	Klorlama Sonrası	Yumuşatma Sonrası	Aktif Karbon Sonrası	De İyonizasyon Sonrası
1	133	204	240	0,56	0,5
2	133,6	216,2	245	0,69	0
3	155,2	205	245,6	1,36	0,36

4	146,2	203,2	248,2	1,26	0,38
5	154,2	206,5	256,3	0,98	0,48
6	136,2	209,5	256,3	1,56	0,69
7	134,2	210,3	246	2,69	0,5
8	146,2	211,3	248,3	2,58	0,2
9	142,2	256,3	256,3	2,69	0,48
10	145,6	248	248	2,58	0,69
11	133,2	248,6	265,3	2,47	0,24
12	123,2	256,3	245,3	2,69	0,45



Şekil 4.4. Üretilen Suyun Klor Değişimi.

Tablodaki verilere klorlama prosesi sonrası klor değerlerinde belirgin bir artış söz konusudur. Çünkü sisteme dezenfeksiyon amacıyla sodyum hipoklorit çözeltisi dozlanmaktadır. Bu çözelti ise klor miktarını yükseltmektedir. Yumuşatma sonrası ise klor değerinde yine bir artış söz konusu olup bu yükseklik ise yumuşatma prosesindeki sodyuma bağlı klor iyonlarından gelmektedir. Aktif karbon prosesi sonrası ise klor değerlerinde belirgin azalma vardır. Aktif karbon prosesi klor uzaklaştırma prosesi olduğundan dolayı bu düşüş normaldir. Deiyonizasyon sonrası ise yine tüm iyonlar uzaklaştığından dolayı klor değerleri sıfıra yakın değerlere düşmüştür.

Her prosesin girişinden ve çıkışından alınan numunelerin sonuçları ise ortalama olarak Tablo 4.5, Tablo 4.6, Tablo 4.7, Tablo 4.8da ortalama değerler olarak verilmiştir.

Çizelge 4.5. Klorlama Sisteminden Çıkan Suyun Ortalama Değerleri.

Parametre	Ortalama Değerler
pH	8,12
İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	144,7
Nitrat (ppm)	0
Sülfat (ppm)	36
Klorür(ppm)	204,00
Serbest klorür	0,03
Amonyum (ppm)	0,42
Toplam sertlik(ppm)	6,94
Toplam demir(ppm)	0,07
Mangan (ppm)	0,04

Çizelge 4.6. Yumuşatma Sisteminden Çıkan Suyun Ortalama Değerleri.

Parametre	Ortalama Değerler
pH	7,74
İletkenlik	158,5
Nitrat	0
Klorür	240
Serbest klorür	0,06
Sertlik	0,47
Demir	0,06
Mangan	0,008

Çizelge 4.7. Aktif Karbon prosesinden çıkan suyun ortalama analiz sonuçları.

Parametre	Ortalama Değerler
pH	7,55
İletkenlik	146,2
Nitrat	0,01
Klorür	0,5
Serbest klorür	0,04
Sertlik	2,34
Demir	0,09
Mangan	0,047

Çizelge 4.8. Elektrodeiyonizasyon sisteminden çıkan suyun ortalama analiz sonuçları.

Parametre	Ortalama Değerler
pH	5,68
İletkenlik	2,47
Nitrat	0,01
Klorür	0,5
Serbest klorür	0,04
Sertlik	0,1
Demir	0,09
Mangan	0,047
TOC	0,059

Prosesin başında ve sonunda alınan numunelerin ortalama değerlerinden yola çıkarak sistemin giderim verimi hesaplanmıştır. Sonuçlar Tablo 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Giderim Verimi Hesaplamaları.

	Sisteme Giren Su	Üretim Sonunda çıkan su	% Giderme
pH	8,11	5,68	-
İletkenlik	123,3	2,47	%98
Nitrat	0,01	0,01	-
Sülfat	31	1,23	% 99,9
Klorür	133	0,5	%99,6
Serbest klor	0,01	0,04	-
Amonyum	0,11	-	-
Toplam sertlik	6,57	0,1	% 98,4
Toplam demir	0,07	0,04	-
Mangan	0,036	0,035	-

Tablodaki verilere göre suda bulunan istenmeyen parametrelerin uzaklaştırılmasında %99 'lara yakın verimler elde edilmiştir. İstenen kalite standartları ile ulaşılan kalite standartları Tablo 4.10'da karşılaştırılmıştır. İlaç ve Aşı üretiminde Avrupa standartları referans alındığından dolayı istenen kalite standartlarına ulaşılmıştır.

Çizelge 4.10. Avrupa Standartları İle Ulaşılan Kalite Standartlarının Karşılaştırılması.

Kalite Kriterleri	Ulaşılan Kalite	Avrupa Standartları (EN)	ABD standartları (EPA)
Nitrat	10 ppb	200 ppb	-
Ağır Metaller	70 ppb	100ppb	-
Toplam Organik	0,059	0,5mğ/L	0,5mğ/L

Madde (TOC)			
İletkenlik	1.37	4.3µS/cm(20°C)	1,3 µS/cm(20°C)
pH	5,68	5-7	5-7
Bakteri	25 CFU/mL	100 CFU/mL	100 CFU/mL

Tablodaki verilere göre üretilen saf su , Avrupa ve ABD standartlarına uygun olarak üretilmiştir.

5. TARTIşMA

Üretim sırasında kullanılan ham su, içme suyu olduğundan dolayı istenen kalite standartlarına ulaşım kolay olmuştur. İçme suyu birçok metalden arındırılmış olduğundan kullanılan prosesler yeterli gelmektedir. Ham suyumuz daha kirli bir su olsaydı daha ileri arıtma prosesleri ilave edilecekti.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmaların sonucunda aşı üretiminde kullanılacak suyun istenen kalitesine ulaşılmıştır. Çalışmada organize sanayi bölgesinde bulunan şebeke suyu kullanılmıştır. İlk aşamada şebeke suyu 50 mikron filtreden süzölmüştür. Burada amaç suda bulunan 50 mikron üzerinde askıda katı madde veya toz, partiköl var ise bunları sudan uzaklaştırmaktır. İlk aşamada suyun dezenfeksiyonu için kolay bulunduğundan ve ucuz olduğundan kimyasal yöntemlerden sayılan klor ile dezenfeksiyon sistemi seçilmiştir. Süzöntü suyunda alınan numunelerden klor analizleri yapılmış sonuçlar klorlama sisteminin düzenli olarak yapıldığının ve işlemin sonuçlara yansıdığı görölmüştür. İkinci aşamada ise suda bulunan fazla klorun sistemde korozyon yapmaması için klor uzaklaştırma işlemlerinden aktif karbon prosesi ile fazla klor uzaklaştırılmıştır. Aktif karbon ile klor giderilmesi aktif karbondaki karbon, ClO^- iyonu içerisindeki oksijen ile birleşerek karbondioksit olarak uzaklaşır Cl^- iyonu ise zararsız klor olarak su içerisinde bulunur. Üçüncü ise aşamada şebeke suyunun sertliği içme suyu için uygun olup fakat aşı üretimi sıfıra yakın değerlerde olması istendiğinden sertlik giderme sistemlerinden iyon değıştirici reçinelerden geçirilerek içerisinde bulunan suya sertlik veren kalsiyum ve magnezyum iyonları uzaklaştırılmıştır. Son olarak ise suyun iletkenliğine sebep olan iyonlar ters osmoz sistemi ile uzaklaştırılıp sıfıra yakın değerlerde iletkenlik değeri ölçölmüştür.

7. ÖNERİLER

- Ham su tankı üretim olmadığı zamanlarda gereksiz yere stok yapılmamalıdır.
- Belirli aralıklarla ham su stok tankı temizlenmelidir
- Ham su tankında su, çok fazla bekletilirse bakteri üremesi olacağından dolayı ilerdeki saflaştırma aşamalarında sıkıntılar yaşanabilmektedir.
- Ham su stok tankları genellikle paslanmaz çelik kromdan imal edilmelidir.
- Yağmurlu zamanlarda ham su stok tankı kapakları sızdırmaya karşı korunma önlemleri alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Aksu, F. (2011). Endüstride Su Güvenliği, Dezenfeksiyon ve Sanitasyon. ABMYO Dergisi, 21:(17-29).
- Aslan, M. (2016). Membran Teknolojileri, [1.baskı,], Yıldızlar Ofset Matbaacılık ve Yayıncılık Ltd.Şti, Ankara
- Bali, E. (2006). ''İlaç Üretiminde Kullanılan Saf Su''. Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı93, s.29-36
- Başa, Ş., İçöz, İ., Aktaş, D.(2017). Tekirdağ İlinde Klorlama İşlemlerinin Yönetimi ve Sürdürülmesi. Uluslararası Su ve Sağlık Kongresi, Türk Hijyen ve Biyoloji Dergisi. s -151-156.
- Benjamin, M.M. (2002). ''Water Chemistry'' McGraw-Hill companies ISBN 0-07-12039-0 Ed.p.p:16-17
- Boysan, F., Şengörür, B. (2009). Su Sertliğinin İnsan Sağlığı İçin Önemi. SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi, 13.Cilt, 1.Sayı, s.7-10
- Dora, D.; Şenel, S. (2019) *Aşı Akademik, Endüstriyel ve Resmi Otorite Yönüyle*, Hipokrat Yayıncılık, Ankara.
- Eroğlu V. (1984). ''Su Tasfiyesi'', İTÜ İnşaat Fak. Matbaası,
- Hakyemez, G. (1984). Saf Su Üretimi, Gazi Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmasötik Teknoloji Ana Bilim Dalı Ankara.
- Hamano, A. (1997). The formation and decomposition of sodium hypochlorite anhydrous salt and its pentahydrate. Kayaku Gakkaishi. 58(4): p. 152-156.
- Mutluay, H; Demirak, A., (1996), Su Kimyası, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul
- Naharcı, B. (2007). Ters osmoz yöntemi ile içme suyu eldesi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisan Tezi, Bursa, 305s.
- Oğur., Tekbaş Ö.F. (2005). '' Su Analizleri'', Aydan Matbaacılık.
- Oğur, R., Tekbaş, Ö.F., Hasde, M., (2004). Klorlama Rehberi (İçme ve Kullanma Sularının Klorlanması), Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Ankara.
- Samsunlu A., (2005). ''Çevre Mühendisliği Kimyası'' Birsen Yayınevi, İstanbul
- Symons J.M., Bradley L.C., Cleveland T.C. (1995). ''The Drinking Water Dictionary'' American Water Works Association McGraw Hill, 2000, p.p
- TMMOB. (2012). Su Elkitabı, Kimya Mühendisleri Odası.
- Türk Farmakopesi, (2018). TFA-01/2017:60018, 1.Baskı. Ankara: Artı 6 Reklam Matbaa Ltd.Şti.
- Uzun, İ., Debik, E. (2019). Membran Kapasitif Deiyonizasyon Prosesi ile Sertik Giderme. Akademik Platform Dergisi .345 s
- Yavuz, A. (2015). Ters Osmoz ve Nanofiltrasyon Yöntemleri ile Saf Su Üretimi.

Atatürk Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisan Tezi,
Erzurum,53s.

Yücel, S.; Terzioğlu, P.; Göker, İ., (2022), *Biyo Malzemeler*, Nobel Yayın Evi,
1.Basım, Ankara.