

# Endüstride su güvenliği, dezenfeksiyon ve sanitasyonu

Ayla ÜNVER<sup>1</sup>

Filiz AKSU<sup>2</sup>

## Özet

Gelişmekte olan ülkelerde, her yıl suyla bulaşan hastalıklar yüzünden milyonlarca kişi ölmekte, milyarlarca kişi de hasta olmaktadır. Dünya nüfusunun artması sonucu, içme ve kullanma suyu ihtiyacı hızla artmıştır. Ayrıca çevre kirliliği su kaynaklarında kirlenmeye sebep olmuştur. Su endüstride en çok kullanılan hammaddelerden biridir. Su kalitesi standartları ülke yönetimleri ve uluslararası standartlarca belirlenir. Suyun saflaştırılması; istenmeyen kimyasalların, diğer materyallerin ve biyolojik kontaminantların sudan uzaklaştırılması prosesidir. Su saflaştırma, sağlıklı dağıtım sistemleri, su dezenfeksiyon prosesleri, medikal, gıda sektörü, kimyasal ve endüstriyel uygulamalar için önemli gerekliliklerdir.

**Anahtar kelimeler:** Su güvenliği, su dezenfeksiyonu, su arıtımı.

## Water safety, disinfection and sanitation in industry

### Abstract

In developing countries water-borne disease leads to millions of death and billions of illnesses annually. The results of increasing on world population, necessity of drinking and potable water is going up by the length of time. Enviromental pollution also caused water resources pollution. Water is one of the most used raw materials in industry. The standards for water quality are determined by governments or by international standarts. Water purification is a process of removing undesirable chemicals, materials, and biological contaminants from contaminated water. Purification, healthy distribution systems and disinfection processes of water is the important requirements of medical sector, food sector, chemical and other industrial application.

**Keywords:** Water safety, water disinfection, water purification.

### Giriş

Su insanların en önemli yaşam kaynağıdır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 2007 raporuna göre 1.1 milyar insan, temiz içme suyu kaynaklarına ulaşamamaktadır. Yıllık 4 milyar diare vakasının %88'i güvenli olmayan su, eksik hijyen ve sanitasyondan kaynaklanmakta ve her yıl 1.8 milyon insan diareal hastalıklardan ölmektedir(WHO, 2007). Buradan anlaşıldığı üzere toplum sağlığı açısından "içilebilir" güvenlikte suyun sağlanmasının önemi büyüktür.

<sup>1</sup> Dr. Ayla ÜNVER: Farmamag San.ve Tic.A.Ş., ayla.unver@hotmail.com, 0.5333684060

<sup>2</sup> Yrd.Doç.Dr. Filiz AKSU, İstanbul Aydın Üniversitesi, Gıda Teknolojisi Programı, filizaksu@aydin.edu.tr, 0.212.425 61 51

Doğadaki su çoğunlukla evlerde ve sanayi tesislerinde doğrudan kullanıma uygun değildir. Su doğada kar ve yağmur halinde yağarken bile hava kirliliği nedeniyle atmosferdeki sülfürler, kükürt oksitler (SO<sub>x</sub>), CO<sub>2</sub>, azot oksitler (NO<sub>x</sub>) gibi gazlarla asit yağmuru oluşturarak kirlenir (Menz vd., 2004; Kızılca, 2005). Su kuvvetli bir eritken olup pek çok mineralleri Ca, Mg, Na, bikarbonat, sülfat, klorid ve silikat gibi inorganik iyonlarla birlikte doğada parçalanıp ayrılmış bitkisel ve hayvansal maddeleri, amino asitleri, karbonhidrat ve proteinleri ve bir çok asit, alkali ve mineralleri erimiş halde içerebilir. Ayrıca doğadaki su birçok mikroorganizmayı da beraberinde taşıyabilmektedir. Bu yabancı maddeler suyun saflığını ve şeffaf olan rengini bozar ve suya hoş olmayan koku ve istenmeyen bir tad verir. Bu sular ham su olarak isimlendirilir ve birçok kademede arıtılarak kullanılabilirler. Yerleşim merkezlerine getirilen su, kullanım için dağıtılmadan önce suyun içindeki yabancı maddelerden kurtarılması amacıyla arıtma, temizleme, dezenfeksiyon işlemlerine tabi tutulduktan sonra şehre verilmektedir. Bu şekilde arıtılmış, dezenfekte edilmiş (klorlanmış) su içme suyu olarak berraktır ve sağlık için zararsız bir miktar bakteri içerebilir. Ancak çoğu zaman dahili ve harici dağıtım sisteminde değişik kirleticilerle kirlenir ve mikroorganizmalarla kontamine olur. Bu durumda endüstride ve pek çok sektörde kullanılacak bir nitelikte değildir (Kızılca, 2005).

Şehir suyu endüstride kullanım öncesinde istenmeyen kimyasallardan, biyolojik kontaminantlardan ve diğer istenmeyen materyallerden arındırılmak için saflaştırılabilir. Saflaştırılan su medikal, farmakolojik, kimyasal ve endüstriyel birçok amaçla kullanılmaktadır. Bu yüzden hem insani amaçlı, hem de endüstriyel amaçlı olarak ihtiyaç duyulan suyun ucuz, kolay ve sağlığa uygun sağlanması çok önemlidir (Kızılca, 2005).

### **Su depolama, arıtma ve dağıtım sisteminin fiziksel mekan ve teknik tasarımı**

**-Su deposu ve tankı:** Su sıkıntısı çekilen veya su şebeke debisinin yetersiz olduğu yörelerde ve suyun artezyen, kuyu gibi kaynaklardan elde edildiği yerlerde ham su tankları kullanılmaktadır. Eğer su temini tankerlerle sağlanıyorsa depolarda uygulanması gereken tüm temizlik ve dezenfeksiyon işlemleri su tankerlerinde de uygulanmalıdır. Su depolarının insan ve diğer canlılara karşı fiziksel güvenliği sağlanmalıdır. İyi dizayn edilmemiş su rezervuarı ve tankları kuşlar, diğer hayvanlar ve insanlar tarafından rekontaminasyona uğrayabilir. Su sistemindeki tüm depoların kapakları kapalı olmalıdır. Tank malzemeleri suyu kontamine etmeyecek malzemelerden, tercihen paslanmaz çelik, polipropilen, polietilenden olmalıdır. Su tankı, izolasyonu yapılmış betonarme de olabilir. Depo içi fayans veya gıda tüzüğüne uygun üretilmiş depo içi kaplama maddelerinden biri ile kaplanmış olmalıdır (Anonim, 2005<sup>c</sup>; Anonim, 2008<sup>b</sup>).

Su deposunun düzenli aralıklarla temizlenmesi ve dezenfeksiyonu gerekir. Temizliği ve dezenfeksiyonu gözardı edilen su tankerleri ve depoları biyofilm tabakasının oluşumu ve yerleşmesi için ideal bir sığınak oluşturur. Bir yüzeye yapışık halde bulunan ve kendi salgıladıkları yapışkan bir sekret olan matriks içinde yaşayan mikroorganizma topluluğuna biyofilm denir (Donlan, 2002; Costerton vd., 1995; Costerton vd., 1978). Biyofilm su ile temas eden tüm yüzeylerde şekillenebilir. Üzerine tutunduğu yüzeye sıkıca yapışır ve yüzeyden uzaklaştırılması oldukça zordur. Su sistemlerinde bakterilerin çoğalması ve biyofilm tabakasının oluşumu halk sağlığı ve endüstri açısından büyük problem oluşturur (Türetgen, 2006; Donlan, 2002; Flemming, 1991; Pedersen, 1990). Bu tür mikrobiyal kirliliklerin giderilmesi için en iyi uygulama dezenfeksiyondur. Dezenfeksiyon amacıyla en fazla otomatik sistemler kullanılır veya manuel olarak klorlama yapılır. Klor, suya karıştırıldığı anda, suyun içindeki bazı organik maddeler ve ağır metallerle reaksiyona

geçer. Tüm reaksiyonlar meydana geldikten sonra, 0.5 mg/lit serbest bakiye klorun suda bırakılması, nihai kullanım noktasına kadar mikroorganizma faaliyetini önleyecektir (Anonim, 2005<sup>b</sup>, Anonim, 2008<sup>a</sup>). Ancak klorlama yapıldıktan sonra herhangi bir noktada, serbest bakiye klorun aktif karbon filtresi sistemi vasıtası ile sudan alınması, arıtma sistemi sonrasında suyu mikrobiyal kirlenmeye açık hale getirecektir. Eğer endüstriyel kullanım standart ve spesifikasyonları açısından bir sakınca oluşturmuyorsa klorlanmış su, aktif karbon sistemden geçirilse bile, 0,1 mg/lit bakiye klorun by-pass edilmesi tavsiye edilir. Ancak, klorun, suyun içindeki bir takım organik maddelerle birleşerek, insan sağlığına zararlı trihalometanlar ve haloasetik asit(HAA) gibi kanserojen kimyasal bileşiklerin oluşumuna sebebiyet verdiği bilinmektedir (Anonim 2001; Akçay vd., 2007; Çapar ve Yetiş, 2001; URL-4, 2011). Klor kullanımı kontrolsüz yapıldığı takdirde bu tip kimyasalların oluşumu mümkündür. Trihalometanlar(THM),chloroform(CHCl<sub>3</sub>),bromodichloromethane(CHCl<sub>2</sub>Br),dibromo chloromethane (CHClBr<sub>2</sub>) ve bromoform (CHBr<sub>3</sub>) dan oluşur. Trihalometanların olması gereken maksimum doz EPA tarafından yayınlanmıştır (Anonim, 2001). Bunların hepsi suyun klorlama işlemi yan ürünleridir ve B grubu kanserojendirler. Su sistemlerinde en fazla rastlanana chloroform'dur. Kanser riski açısından bu dört kimyasalın toplam miktarı 100 ug/l'yi geçmemelidir (Anonim, 2001). Klorlamanın diğer yan ürünleri olarak Haloacetic acidleri (monobromoacetic acid, dibromoacetic acid, monochloroacetic acid, dichloroacetic acid ve trichloroacetic acid) sayabiliriz. Toplam haloacetic asit miktarının 60 ug/l'yi geçmemesi gerekir. Aksi takdirde karaciğer ve sinir sistemini etkileyebilir. Chlorite'lerin 1 ug/l'yi aşması hemolitik anemiye yol açabilir. Aktif karbon üniteleri ve reverse ozmoz üniteleri trihalometan'ları elimine ederler (Anonim, 2001, Çapar ve Yetiş, 2001).

Bu olumsuz etkiler düşünülerek birçok gelişmiş ülkede dezenfeksiyon yan ürünleri için yasal sınırlamalar getirilmiştir. Mesela; THM'ler ve HAA'ler için maksimum kirletici seviyesi sırasıyla USA'de 80 µg/l ve 60 µg/l, çoğu Avrupa Birliği Ülkesi'nde 30-100 µg/l THM iken, Türkiye'de Sağlık Bakanlığı çok yeni olarak 150 µg/l THM standardını uygulamaya koymuştur ancak HAA standardı belirlenmemiştir (Anonim, 2005<sup>b</sup>; Akçay vd., 2007).

**-Tesisat ve boru sistemi:** Tesisat ve borular her türlü bakteriyel kontaminasyonu önleyecek ve kolayca dezenfekte edilebilecek şekilde tasarlanmalıdır ve tercihen CE damgasını taşıması gerekir. Boru şebekesinin yapımı için kullanılan malzeme paslanmaz çelik, polivinilidin florür, polipropilen, ya da polivinilklorür, PEX-A gibi hijyenik olmalıdır (URL-1, 2011). Su dağıtım sistemleri biyofilm gelişimi için birçok olanak sağlayan karmaşık bir ortamdır. Biyofilm tabakası suyu ileten borular ve depolarda su kalitesinin bozulması ve işletim ile ilgili sorunları beraberinde getirir. Borularda devri-daim sağlanması, su akış hızını yavaşlatacak dolanbaçlı yollardan kaçınılıp su dağıtım sisteminin düz bir hat olarak kurulması, korozyon kontrolü, sistem bakım ve tamir işlemlerinde dezenfeksiyon ve antisepsi uygulanması, sistemde negatif basınçla kontaminasyona neden olabilecek sızıntı ve akıntıların derhal önüne geçilmesi biyofilm kontrolü açısından önemlidir (Türetgen, 2006).

**-Su arıtma sistemi odası:** Su arıtma sistemi odası; kullanılan su sisteminin kapasitesine uygun büyüklükte olmalı ve cihaz çalışma ortam (sıcaklık, nem, vb.) şartlarını sağlamalıdır. Su arıtma sistemi odasında en az bir adet yer gideri bulunmalı, herhangi bir kaçak olmamalıdır. Su arıtma sistemi odası dış mekandan güneş ışığı almamalıdır. Eğer su arıtma sisteminde dış mekana açılan pencereler var ise camlar siyah boyalı veya film kaplı olmalıdır. Su arıtma sistemi odasında havalandırma bulunmalıdır. Havalandırma tesisatı vasıtasıyla içeriye gün ışığı girmemelidir(URL-1, 2011).

## Endüstriyel amaçlı su arıtma ve dezenfeksiyon sistemleri

Suyu içerdiği iyonlardan, diğer bir deyimle minerallerden kurtarmak için çeşitli metotlar geliştirilmiştir. Bu metotlar aşağıda sıralanmakta ve açıklanmaktadır.

- Distilasyon metodu
- İyon değiştirme metodu (Suyun Demineralizasyonu),
- Elektrodeiyonizasyon
- Tersine (Reverse) Ozmoz Metodu

**-Distilasyon Metodu:** Kullanılan en eski su saflaştırma metodudur. Su önce kaynayana kadar ısıtılır. Buhar haline gelmiş su soğutma suyunun dolaştığı ortamda yoğunlaştırılarak distile su elde edilir. Kontaminatların çoğu likit fazda kalır ve uzaklaştırılır. Distilasyon işlemi büyük miktarda enerji ve su gerektirdiğinden maliyeti yüksektir (URL-3, 2011; Anonim, 1997).

**-Suyun demineralizasyonu (iyon değiştirme metodu):** Kullanılacağı ortamdaki gereksinmeyi karşılamak amacıyla ham sudan minerali arınmış su elde etmek üzere demineralize su sistemlerinden yararlanılarak uygun kalitede, minerallerinden arınmış su elde edilebilir (Kaplan, 2005).

Mineralizasyon(deiyonizasyon) sistemi ile çok yüksek kalitede su eldesi sağlanır. Bu işlem prosette yer alan ve içerisinde reçine dolgusu bulunan ‘‘iyon değiştiriciler’’ vasıtası ile yapılır. Deiyonizasyon sistemleri, kum filtresi, aktif karbon filtresi, katyonik reçine ve anyonik reçine ünitelerinden oluşur. Bu filtreler manuel veya otomatik olarak dizayn edilebilirler. Bu ünitelerde filtran malzemelerin doldurulduğu filtre tankları (TS 1911, 1997) ve tankların iç kaplamaları da (TS 914, 2001) standardına uygun olmalıdır. Suyun katyon ve anyon filtrelerine ulaşmadan önce asılı katı maddelerin ve klorun giderilmesi için kum ve aktif karbon filtrelerinden oluşan ön filtrasyon ünitelerinden geçirilmesi gerekir. Kum filtrelerinde filtran malzeme olarak kuvars kum, tabakalı çakıl, ince-orta-kaba çakıl kullanılır. Multimedya filtrelerinde ise ek olarak antrasit bulunur. Kum filtresi tanklarında filtre malzemeleri aşağıdan yukarıya doğru kaba çakıl, orta çakıl, ince çakıl, kuvars kumu ve antrasit olarak yerleştirilir. Filtre tanklarında üstten giren suyun içerdiği partiküllerden iri olanlar bu filtre tarafından tutulur ve bu şekilde kum filtreleri mevcut tortu, bulanıklık, askıdaki katı maddelerin giderilmesinde etkili bir biçimde kullanılmaktadır (Kaplan, 2005).

Aktif karbon filtreler renk, tat, koku, organik maddeler ve fazla klorun giderilmesi amacıyla kullanılırlar (Kaplan, 2005). Filtrelerde granül veya toz halinde karbon uygulanmaktadır. Granül aktif karbonun suyla temas ettiğinde hidrate olması, tam ıslanması için birkaç saat süre gerekebilir. Hidrate olan karbon korroziftir. Bu nedenle filtre tankları FRP, paslanmaz çelik, epoksi, polivinilklorür gibi kaplama malzemeleriyle kaplanmış olmalıdır. Kullanılan karbonun gözenekleri bir süre sonra dolmaktadır. Gözeneklerin tamamen dolması durumunda filtran malzeme değiştirilmelidir. Bu süre ham suyun kirlilik yüküne ve kullanım sıklığına göre 6-12 ay arasında değişmektedir (Kaplan, 2005).

Ham su içerisindeki iyon miktarı suyun yükü olarak tanımlanır. Su içindeki çözülmüş maddelerin çoğu iyon halindeki inorganik tuzlardır. Su içinde artı ve eksi yüklü iyonlar bulunur. Bu iyonların sudan alınmasına deiyonizasyon ya da demineralizasyon denir. Negatif yüklü iyonlar anyonlar olarak, pozitif yüklü iyonlar ise katyonlar olarak adlandırılır. Deiyonizasyon üniteleri, reçine

kullanılarak iyon değişiminin sağlandığı ve pratik olarak su içindeki tüm iyonların alındığı sistemlerdir. Reçineler boncuk şeklinde suda erimeyen tanelerdir. Bunlar kolonlara veya tanklara doldurulur. Sentetik reçineler, sülfanatlarla çevrilmiş polistirenlerin sentetik organik polimerleridir. İçinde sentetik reçine bulunan tüplerden geçirilen ham su, reçinelerin özelliğinden dolayı iyonlarını bırakır. İyon değiştirme kapasitesi, birim iyon değiştirici madde hacmi başına ağırlık cinsinden bağlanan iyonların miktarıdır. Kapasite eşdeğer gr/litre reçine şeklinde ifade edilir (Kaplan, 2005). Katyon iyonlarının giderildiği üniteye Katyon Değiştirici, Anyon iyonlarının giderildiği üniteye de Anyon Değiştirici denir. Her iki cins reçineyi bir arada bulunduran hem katyonik, hem de anyonik iyonların giderildiği üniteye de Karma İyon Değiştirici (Mixed Bed) denir. İyon değiştiricilerden geçen ham su katyonik yüklerini (Ca, Mg...Na) katyon değiştirici reçinelere bağlı (H) iyonu ile daha sonrada anyonik yüklerini (Cl,SO<sub>4</sub>,HCO<sub>3</sub>..SiO<sub>2</sub>) anyon değiştirici reçinelere bağlı (OH) iyonu ile değiştirirler. Bu değişim sonunda katyonik kolondan çıkan suda bulunan hidrojen iyonları ile cihazın anyonik kolonundan çıkan hidroksil iyonları birleşerek suyu oluşturur. Böylece istenilen oranda demineralize edilerek (iyonlarından ayrılarak) sistemden çıkarlar. Bu iyon yüklerini alan reçineler bir süre sonra doygunluk noktasına ulaşırlar yani tükenirler. Tükenen reçinelerin yeniden tazelenmesi (tuttukları iyonlardan temizlenmesi) işlemine Rejenerasyon denir. Reçineler doyduğu zaman, değiştirme kapasitelerini yenilemek ve reçineleri tekrar iyonları tutacak hale getirmek için hidroklorik asit ve kostik soda ile rejenere edilmelidir (Kaplan, 2005).

Reçinelerin dezenfeksiyonu rejenerasyon ile hep bir arada yapılır. Önce reçineler yıkanır, sonra rejenere edilir ve daha sonra da dezenfekte edilir. Dezenfektan solüsyondan istenilen konsantrasyonda kolonları dolduracak miktarda hazırlanmalıdır. Solüsyon kolonlara tersinden verilir, kolonlar dolunca kapatılarak en az 4 saat temas etmesi sağlanır. Eğer vakit varsa akşamdan doldurulan kolonlar sabaha kadar kapalı tutulur. Sonra boşaltılarak klor kalmayınca kadar yıkanır. Klor kalıp kalmadığı uygun bir testle kontrol edilir (Kaplan, 2005).

İlaç sanayinde, tıpta, ölçme tesislerinde ve elektronik sanayiinde bulunan hassas cihazlarda, yüksek basınçlı buhar kazanlarında, kızgın sulu kazanlarda kullanılacak suyun ve demineralize su cihazlarının rejenerasyonunda kullanılacak çok sert suların yumuşatılması gereklidir. Suyun sertliği 10 Fr<sup>o</sup> üzerinde ise mutlaka yumuşatılmalıdır. Bu amaçla iyon değiştirici reçineler bulunan su yumuşatma cihazları kullanılır. İyon değiştirici reçineli sistemler genelde sodyum iyonları ile sertlik iyonlarını yer değiştirterek çalışırlar. Su yumuşatma cihazlarında reçine doyum derecesinde kirlendikçe eritilmiş NaCl ile yıkanarak rejenere edilmeli ve düzenli aralıklarla klor çözeltileriyle dezenfekte edilmelidir (Kızılcıca, 2005).

Deiyonize su, endüstride çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Deiyonizasyon Sistemleri ile çıkış suyunda 2 -10 mikrosiemens iletkenlik değeri sağlanabilmekte, seri kullanımlarda ise 0.1 - 2 mikrosiemens değerleri yakalanabilmektedir. Özellikle ilaç, kimyasal ve kozmetik sanayiinde, elektronik endüstrisinde, su analiz laboratuvarlarında, yüksek basınçlı buhar kazanlarında, tekstil endüstrisinde, matbaacılıkta, gıda sektöründe, enerji santrallerinde ve sağlık sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Sadece üretimde değil, ürünlerin ve cihazların son yıkamalarının demineralize su ile yapılması ürünün kalitesi açısından gerekli olan bir yöntemdir. Ham suyla yıkanan ürünlerin ve cihazların yüzeylerinde yıkama sonrası bir miktar su kalır. Bu suların zamanla buharlaşması sonucunda ham suyun içerisinde bulunan tuzlar ürünün yüzeyine yapışırlar. Ürün üzerinde oluşan bu tuz lekeleri satışa sunulacak ürün üzerinde olumsuz bir görüntü oluştururlar (URL-2, 2011).

**-Elektrodeiyonizasyon sistemleri (EDI):** Kullanımı kolay, güvenli ve ekonomiktir. Elektrodeiyonizasyon, klasik iyon değiştirme reçinelerini kullanarak, proses suyunda bulunan iyonları giderir. Fakat yatak içinden geçen bir elektriksel akım sayesinde, kirletici iyonlar aralıksız olarak, besleme suyundan, konsantr hattına doğru hareket ederler. EDI prosesinde su, ardı ardına dizili katyon ve anyon değiştirici membranlardan geçer. Direkt akım iyonların membranlara doğru hareket etmesini sağlar. Katyon değiştirici membran eksi yüklenerek katyonların, anyon değiştirici membran ise artı yüklenerek anyonların geçmesini ve saf su üretilmesini sağlar. Bu sayede su saflaştırılır ve klasik rejenerasyon proseslerinin sebep olduğu zaman, para ve kimyasal kayıplar önlenmiş olur. Hiçbir rejenerasyon kimyasalına ihtiyaç yoktur ve zararlı atıklar oluşmamaktadır. Aralıksız demineralize su eldesi ile istenilen su kalitesi elde edilmektedir ve işletme giderleri belirgin ölçüde azaltılmaktadır. EDI, zararlı rejenerasyon kimyasallarını, asit ve kostiği taşıma, depo etme ve kullanım gereksinimlerini ortadan kaldırdığı için ekonomiktir. Ayrıca işletimi kolaydır ve az bakım gerektirir (Anonim, 1997).

**-Reverse-ozmoz sistemleri:** Reverse ozmoz teknolojisi canlılarda doğal olarak var olan ozmoz olayının geliştirilmiş halidir. Ozmoz farklı iyon derişimlerine sahip olan ve aralarında yarı geçirgen bir membran bulunan, iki çözeltinin ozmotik basınç yardımıyla iyon derişimlerinin eşitlenmesi olayıdır. Ozmozda yarı geçirgen bir zarla birbirinden ayrılmış olan az yoğun ortamdaki çok yoğun ortama su geçişi olur. Sistemde ozmoz olayını tersine çevirmek için, bir pompa yardımıyla ozmotik basınçtan daha büyük bir basınç uygulanır. Ortama yoğun basınç uygulanması ile su, çok yoğun ortamdaki, az yoğun ortama geçer. Spiral sarımlı ve yarı geçirgen olan, aynı zamanda 5 Angstrom boyutunda gözenekleri bulunan membran sadece saf suyu geçirirken, bakteriler, organik maddeler, askıda katı maddeler, erimiş tuzlar, artı ve eksi yüklü iyonlar ve moleküller 5 Angstrom'den büyük olduğundan tutulur ve drenaja verilirler (Anonim, 2002; Anonim, 1997). Reverse ozmoz üniteler genelde ön filtrasyon aşamaları sonrasında kullanılır. Su önce filtrasyon membranlarının tıkanmasını engellemek amacı ile partikül filtresinden sonra da aktif karbon filtreden geçirilir.

### **Su sistemi dezenfeksiyonu**

Endüstride su sadece üretimde kullanılmaz. Temizlik işleri için de üretim ile aynı kalitede çok miktarda temiz suya ihtiyaç vardır. İşletmede/fabrikada kullanılan makine, kap alet ve yüzeylerin temizliğinde kullanılan su da aynı mikrobiyolojik kalitede olmalıdır. Deiyonize suyun elde edildiği reçine kolonları ve suyun dağılımını sağlayan sistemi oluşturan boru, dirsek, musluklar zaman zaman dezenfektanlarla temasta tutulmalıdır. Deiyonize suda ml'de 100 bakteri bulunabilir (Anonim, 2005<sup>b</sup>). Deiyonize su depolanıp bekletilmeden kısa süre içinde kullanılmalıdır. Aksi takdirde içinde klor bulunmadığından kısa sürede mikroorganizma üremesi olacaktır. Kaynak sularının ve içme suları elde edilen yüzeysel suların (Anonim, 2005<sup>a</sup>) sahip olması gereken fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikler ve insani tüketim amaçlı sular hakkındaki spesifikasyonlar (Anonim, 2005<sup>b</sup>) ilgili tüzük ve standartlarda belirtilmiştir. Demineralize suyun ilaç sektöründe bakteriyolojik kontrolünde Avrupa Birliği Farmakopesinde (European Pharmacopoeia, 2006) bildirilen limitler kullanılır.

### **Kimyasal metotla suyun dezenfeksiyonu**

Su dezenfeksiyonu için en çok kimyasal yöntemler kullanılır. Suların dezenfeksiyonu için kullanılacak maddelerin insan sağlığına zararlı etkisi bulunmamalıdır. Sudaki patojen mikroorganizmaları belirli zamanda öldürdüğü ispatlanmış olmalıdır. Suyun organoleptik niteliklerini belirgin bir şekilde bozmamalıdır. Dezenfeksiyon sürecinde zararlı yan ürün

oluşturmamalıdır. Çabuk sonuç vermeli ve basit bir teknikle uygulanabilmelidir. Maliyeti etkin olmalı ve mühendislik proseslerine katılma yeteneği olmalıdır. Suyun dezenfeksiyonu amacıyla en çok kullanılan kimyasal metodlar klorlama ve ozonlamadır (Oğur vd., 2004; Anonim, 2002).

**-Klor:** Günümüzde suyun dezenfeksiyonu amacıyla en sık kullanılan kimyasal madde klor'dur. Klor, 1774 yılında Scheele adlı İsveçli bir kimyager tarafından bulunmuştur. 1896'da Birleşik Devletlerde Louisville'de ilk defa dezenfeksiyon için kullanılmış, 1905'de bir tifo salgını sonrası Londra'da sürekli kullanımına başlanmış ve 1908'de ABD'de sürekli kullanıma alınmıştır (Anonim, 2002). Klor suya genelde elementer klor (klor gazı), sodyum hipoklorit solüsyonu (çamaşır suyu) veya kalsiyum hipoklorit şeklinde uygulanmaktadır. Bu uygulamalardan herbiri suda serbest klor oluşumuna neden olmaktadır. Ülkemizde en sık kullanılan formu, sodyum hipoklorit şeklindedir. Elementer klor basınçlı tanklarda sıvılaştırılmış gaz halinde taşınır ve depolanır. Sodyum hipoklorit sodyum hidroksite elementer klor ilave edilerek elde edilir ve %5-%15 oranında klor içerir. Kalsiyum hipoklorit beyaz ve katıdır. Yaklaşık %65 oranında klor içerir. Ticari olarak granül veya tablet şeklinde temin edilebilir (Oğur vd., 2004).

Kloraminler belli miktarda klor ve amonyağın sulu ortamda birleştirilmesi ile elde edilirler. Klora göre daha zayıf oldukları için primer dezenfektan olarak kullanılmazlar. Kloraminler ortamda uzun süre bozunmadan kalabildikleri için uzun dağıtım şebekelerinde serbest klor ihtiyacını karşılamak üzere ikincil (rezidüel) dezenfektan olarak kullanılırlar (Oğur vd., 2004).

Klor dioksit (ClO<sub>2</sub>) kullanımdan hemen önce hazırlanır. Klor dioksit jeneratörlerinin çoğu sodyum klorürü ve elementer kloru kullanarak klor dioksit oluşturur. Sıvı formu sıvı içerisinde çözülmüş gaz şeklindedir (Oğur vd., 2004).

Klorun bakterisid etkisi fiziko-kimyasal bir olaya dayanmaktadır. Klor mikroorganizmaların membranına etki yaparak, buradaki proteinlerin yapısında bulunan aminoasitlerden kloraminler meydana getirmek suretiyle mikroorganizmaların çoğalma ve gelişmelerini önler. Kuvvetli oksidan etkiye sahip, korozyona yol açan bir dezenfektandır. Doz artışıyla korrozif etkisi belirgin olarak artar. İçme sularının dezenfeksiyonunda ortalama 0,4-0,8 mg/L dozunda uygulanır (Oğur vd., 2004). 1 mg/L'nin üzerindeki dozlarda tat ve koku bozukluğu, daha yüksek dozlarda (3 mg/L) kıyafetlerde ağarma, cilt ve deride kaşıntı ve lezyonlara sebep olabilir.

Klor bileşikleri depolandıklarında zamanla aktivite kaybederler. Değişik dezenfektanların biosidal aktivitesi şu şekilde sıralanabilir. Ozon (en iyi) > chlorine dioksit > serbest chlorine > chloraminler (en kötü) (Aieta vd., 1986 ; Deiniger vd., 1998).

**-Ozon:** Ozon, oksidasyon gücü yüksek bir gaz olması nedeniyle, dezenfeksiyon amacıyla özellikle son yıllarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Rice vd., 1981; Anonim, 2002). Diğer bütün dezenfektanlardan üstünlüğü vardır. Fazlalığı zararlı değildir. Ozonu sudan uzaklaştırmak için havalandırmak yeterlidir. Ozon organik maddeler varlığında üçüncü oksijen atomunu bırakarak organik maddeleri oksitler. Bunu yaparken de bakterileri parçalar. Organik maddelerin oksidasyonu, bakterilerin sonradan gelişmesini de olanaksız duruma getirir. Suların dezenfeksiyonunda, gıda endüstrisinde, soğuk hava depolarında, kokunun giderilmesinde, yüzme havuzlarında, renk giderilmesinde, atık su arıtımında, nitrit, amonyak, demir, mangan gideriminde; yaşanan ortam havasının dezenfeksiyonunda ozon gazı kullanılmaktadır.

Endüstride su güvenliği, dezenfeksiyon ve sanitasyonu

Ozonun üstünlükleri oldukça fazladır. 10 dakikada çabuk bir dezenfeksiyon sağlar, suya hiçbir lezzet bozukluğu vermez ve zararsızdır. Bakterisit etkisi klordan 10 kat daha çabuktur. Ozon gazının dezenfeksiyon sonrasında kalıntı bırakmayan tek dezenfektan oluşu, özellikle gıda sektöründe ve su ürünleri yetiştiriciliği sanayiinde kullanımını diğer dezenfektanlara göre avantajlı kılmaktadır (Polat, 2009).

Ozonun dezenfeksiyon tesirinden başka suyun koku ve tadının iyileştirilmesi gibi bir faydası vardır. Ozon çok güçlü bir dezenfektan olmasına karşın, üretimi pahalıdır ve bu yüzden ancak büyük tesisler için kullanılması uygundur. Bakterisit etkisi; suyun kirliliği, suda çözünmüş madde miktarı, pH, suyun sıcaklığı ve temas süresi gibi bazı etkenlere bağlıdır (Rice vd., 1981; Anonim, 2002).

Ozonun dezavantajı, son derece kararsız bir madde olmasıdır. Stabil bir gaz olmadığından depolanamaz ve kullanılacağı yerde üretilip suya dozlanmak zorundadır. Bu amaçla ozon üretim sistemleri (ozon jeneratörleri) kullanılır. Yüksek teknoloji ürünü ozon üretim sistemleri kullanılarak oksijence zengin gazlardan (sıvılaştırılmış saf oksijen (LOX), PSA oksijeni (azotu alınmış kuru hava) yüksek elektrik akımı ile ozon üretilebilmektedir. Ozon tehlikeli ve zehirli bir gazdır. Ozon sistemleri gerekli tüm emniyet önlemleri alınarak uzman firmalarca kurulmalı ve işletme personeli eğitilmelidir. Ayrıca ozon son derece aşındırıcıdır. Ozon uygulaması yapılacak ortamlar (örneğin depolar, su hatları v.b.) ve sızdırmazlık elemanları ozona dayanıklı malzemelerden olmalıdır. Ozon sistemlerinin işletilmesi kolay değildir. Bu nedenle, mümkün olan en yüksek otomasyon seviyesine sahip sistemleri tercih edilmelidir.

Ozonlama sistemi bir çok özel ekipmanın bileşiminden oluşur: Ozon jeneratörü, gerektiğinde ozon jeneratörünü soğutmak için kapalı devre soğuk su sistemi, hava kompresörü, hava filtreleri, hava kurutucu, PSA oksijen jeneratörü, hava tankları, dozaj sistemi, ozon temas tankı vb. gibi ekipmanlardır. Ayrıca emniyet için ozon kaçağına karşı dedektörler, artık ozon giderici ve otomatik havalandırma/ozon üretimi durdurma sistemleri kullanılmalıdır (Ekici vd, 2006).

Ozonlama ile oluşan zararlı dezenfeksiyon yan ürünleri: Bromat, BDOC (biyolojik parçalanabilir çözünmüş organik karbon), AOC (asimile edilebilir organik karbon), aldehitler, ketoasitler, bromoform, peroksitlerdir. Ozonlama yan ürünü olan bromatların 10 ug/l'yi geçmesi gastrointestinal sistem ve böbreklerde zararlara yol açabilir (URL-4, 2011 ;Akçay vd., 2007).

### **Isı ile suyun dezenfeksiyon/sterilizasyonu**

En çok başvurulan yöntemlerden biridir. Su 70 °C'ye ısıtılarak devr-i daim ettirilir. Eğer sporlu basillerin varlığından şüpheleniliyorsa 2 saat ara ile 3 kez 70 °C'ye kadar ısıtılarak steril hale getirilebilir (tindalizasyon metodu). Aynı şekilde su dağıtım sisteminin dezenfeksiyonu düşünülüyorsa su 85-90 °C'ye ısıtılarak, borulara verilir. Sistem sıcak su ile dolunca 30 dakika bekletilir ve boşaltılır. Kaynatma usulü her yerde ve şartta kolayca uygulanabilecek basit bir usuldür. Bu suyun soğuması için uzun bir zaman beklemek zorunluluğu, maliyetin yüksek oluşu, kapasitenin düşük olması, ayrı bir depo gereksinimi bu işlemin sakıncaları arasındadır (Okpara vd., 2011).

### **Ultraviyole ile suyun dezenfeksiyonu**

Ultraviyolenin mikroorganizmalar üzerine öldürücü etkisi çok fazladır(Hijnen vd., 2006; Thompson, 2003). Ultraviyole sistemler, dezenfeksiyon amacıyla, oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Fakat güneş ışınlarının ultraviyole etkisi pratikte pek bir yarar sağlamaz. UV ışını içinde olan ve



mikroorganizmalar üzerinde direkt öldürücü etkisi olan 230-280 nanometre aralığında UV ışınlarının büyük bir kısmı atmosferdeki ozon tabakası tarafından süzülür, böylece dünya üzerindeki canlılar korunmuş olur. 254 nm dalga boyunda olan UV ışını bakteri, virüs, spor, parazit gibi canlılar üzerinde en etkili olan UV ışınıdır (Hijnen vd., 2006; Rochelle vd., 2005). Bu dalga boyundaki UV ışınları mikroorganizmaların hücre zarından içeri süzülür, DNA zincirinde değişiklik yapar, DNA'sı bozulan canlıda üreme dahil tüm hücre faaliyetleri durur ve hücre ölümü gerçekleşir.

Aşırı derecede bulanık sular ışınları absorbe ederler. Ultraviyole sistemlerin, görünümü bulanık olan sularda kullanılması durumunda, suyun UV ünite öncesinde hassas partikül tutma kabiliyetine sahip tortu filtrelerinden geçirilerek bulanıklılığının giderilmesi şarttır. Çünkü mikroorganizmalar, büyük partiküllerin ışınımı engellemesi sonucu, UV ünitesinden canlı çıkabilmektedir. Ancak bu sistemlerde dikkat edilmesi gereken konu, sistemin nihai kullanıma mümkün olduğunca en yakın yere konmasıdır. Ayrıca, sistemden çıkan su özellikle atmosfere açık ayrı bir üniteye girmemeli ve bekletmeden kullanılmalıdır. Voltaj düşümleri veya elektrik kesintilerinde, sistemin bir jeneratör sistemine bağlı olması faydalı olacaktır. Voltaj düşümü, sistemin etkinliğini azaltabilmektedir. Günümüzde su dezenfeksiyon cihazlarında kullanılan UV lambalar “civa buharlı” tiptedir. Dayanıklı kuvarstan imal cam tüp şeklindeki UV lambanın içinde özel inert bir gaz ve katı formda civa mevcuttur. Üretici firmanın önerdiği saat ve sürede UV lamba değişimi ve ham su kalitesine bağlı olarak, periyodik olarak kuvars cam temizliğinin yapılması çok önemlidir. Bu temizliğin yapılmaması, UV ışınım etkinliğini azaltacaktır. UV lambası ile su arasında bulunan kuvars cam mükemmel bir şekilde UV ışınını suya geçirirse UV ışını dezenfeksiyon görevini yapar. Bu yüzden kuvars cam yüksek kalitede olmalıdır. UV cihazı satın alırken, kuvars camın kolayca temizlenebilen, kolayca yıkama işlemi yapılabilir türde olmasına dikkat edilmelidir (Bolton ve Linden, 2003; Aydın, 2009). Suyun lambaya uzaklığı ve lambanın önünde kalış süresi önemlidir. Eğer suyu ultraviyole ile dezenfekte etmek istiyorsak ultraviyole suya yakından uygulanmalı ve su bir yüzeyden seyreltilmiş ve hızı da çok yavaşlatılmış olarak geçirilmelidir.

“UV dozu” olarak adlandırılan ölçü birimi ‘Joule/m<sup>2</sup>’dir. UV dezenfeksiyonu için temel parametre olan UV dozu iki parametre ile kabaca şu şekilde hesaplanabilir: UV dozu [J/m<sup>2</sup>] = UV ışın yoğunluğu [W/m<sup>2</sup>] x Temas süresi [saniye]. UV cihazı seçiminde UV dozu en az 400 J/m<sup>2</sup> olarak tercih edilmelidir (Aydın, 2009).

Temas süresi ise, suyun içinden aktığı ve UV ışınları ile temas ettiği “UV reaktörünün” net hacmi ve iç tasarımı ile ilgilidir. UV reaktör hacminin su debisine bölünmesi ile “ortalama temas süresi” hesaplanabilir. Bir UV cihazının vereceği UV dozu, içinden akan suyun debisi arttıkça düşer, azaldıkça yükselir. UV reaktörlerinin iç tasarımı çok önemlidir. İç tasarımı uygun olmayan bir UV reaktöründe, su hızı yüksek olur, su yeterli süre UV ışını ile temas edemez ve su içinde bulunan mikroorganizmalar UV cihazından canlı olarak çıkabilir. Eğer yeterli UV dozu uygulanmazsa, UV cihazı çıkışından alınan su numunelerinde önce “öldüğü” görülen bazı mikroorganizmaların sonradan DNA'larını enzimler yoluyla onararak tekrar “canlandığı” gözlenmiştir. Bu olaya “fotoreaktivasyon” adı verilmiştir. Ayrıca UV ışınları su içine girdikten sonra ne kadar ilerleyebileceği ve ilerlerken gücünden ne oranda kaybedeceği suyun “ışık geçirgenliğine” de bağlıdır. Bu durumda UV dezenfeksiyon cihazının ürettiği ışınlar bakterilere ulaşamaz ve istenen dezenfeksiyon gerçekleşemez (Aydın, 2009).

185 nm dalga boylu UV ışınımı ise hidrokarbon (TOC) gideriminde kullanılmaktadır. Bu tip özel sistemlerin, ultra saf su kalitesine ihtiyaç duyulan spesifik sektörlerde (yarı iletken üretimi, mikro

Endüstride su güvenliği, dezenfeksiyon ve sanitasyonu

devre parça üretimi, hücre kültürü araştırmaları v.b) uygulama alanı bulunmaktadır (Thompson, 2003).

UV sistemlerinin birçok avantajı vardır. Uygulaması basit ve ekonomiktir, dezenfeksiyon kabiliyeti yüksektir, su içinde insan ve çevre sağlığına zararlı dezenfeksiyon yan ürünleri oluşturmaz, korrozif maddeler oluşumuna neden olmaz, suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişikliğe yol açmaz; bu nedenle suda istenmeyen koku ve tat oluşturmaz, su sıcaklığı ve pH değerinden bağımsız dezenfeksiyon verimi gösterir, işletme personeli için tehlikeli kimyasallardan ileri gelen risk ortadan kalkmış olur (Aydın, 2009 ; Oğur vd., 2004; Okpara vd., 2011).

### **Filtrasyon ile dezenfeksiyon/sterilizasyon**

Süzme işleminde bakterilerin geçemeyeceği çift filtre kullanmak hem daha etkilidir hem de filtrenin daha uzun süre dayanmasını sağlar. Önce daha geniş aralıklı 0.45 µm'lik bir filtreden geçirip bir kısım mikroorganizma ve partiküllerden temizledikten sonra 0.2 µm'lik filtrelerden geçirilir. Bu filtreler su sistemine, boru içine yerleştirilerek kullanılabilir(Anonim, 2002; Okpara vd., 2011).

### **Sonuç**

Güvenli su deyince patojen mikroorganizma ve insan sağlığına zararlı kimyasal içermeyen, kullanım amacına göre ulusal ve uluslararası standart, yönetmelik ve talimatlara uygun kalitede su anlaşılır. Sağlıklı ve güvenli içme suyuna ulaşabilme toplumda yaşayan her birey için temel bir insan ve sağlık hakkı olarak tanımlanmaktadır. Su arıtma sistemlerinin günümüzde endüstride ve birçok tesiste, hatta evlerde daha çok kullanılmaya başlanmasıyla birlikte beraberinde projelendirme, kontrol, dezenfeksiyon ve yönetim eksiklerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu problemlerin en başında da su sistemini kurabilecek iyi mühendislik uygulamaları, su sisteminin en iyi şekilde dizayn edilmesi, uygun kalitede tesisat ve malzeme kullanılması gelir. Su arıtım teknolojisi olarak farklı teknolojiler mevcuttur. Ancak bunlar reverse ozmoz ve iyon değiştiriciler olmak üzere iki ana grupta toplanabilir. Uygun projelendirmeden sonra su sisteminin, daima mikrobiyolojik ve kimyasal olarak uygun su elde edildiğine dair valide edilmesi şarttır. Ayrıca sistem valide edildikten sonra sistemin kritik noktaları belirlenerek buralardan alınacak örneklerle su kalitesi rutin olarak izlenmelidir. En uygun dezenfeksiyon yönteminin seçilmesi ve uygulanan dezenfeksiyonun da takibinin yapılması gerekir. Limit altında kullanılan dezenfektanlar sistemde biyofilm gelişimine ve dirençli mikroorganizma gelişimine sebep olabileceği gibi, limitin üstünde kullanılacak dezenfeksiyonun gereksiz ekonomik kayıplara, çevre kirliliğine ve sistemde korozyonlara yol açabileceği unutulmamalıdır. Biyofilm tabakasının doğurabileceği hijyenik riskler göz ardı edilemeyecek kadar büyük olacağı için su sistemlerinde oluşumunu önleyecek tedbirler alınmalıdır. Temel su arıtma kavramları, projelendirme ve sanitasyonla ilgili konuların doğru uygulanması ve bunun geniş kitlelere aktarılması hem suyu hammadde olarak kullanılan gıda, ilaç vb sektörlerin, hem de insan ve çevre sağlığının menfaatine olacaktır.

## Kaynaklar

**Aieta, E.M., Berg, J.D.,(1986).** A review of chlorine dioxide in drinking water treatment. *J. Amer. Water Works Assoc.*, 78, 6, 62-72.

**Akçay, M.U., Inan, H., Yiğit, Z., ( 2007).** İçme suyunda dezenfeksiyon yan ürünleri ve kontrolü, 7.Ulusal Çevre Mühendisleri Kongresi, Yaşam, Çevre, Teknoloji- İZMİR.

**Anonim(1997).** Osmonics Pure Water Handbook, 2nd Edition, 1997. 5951 Clearwater Drive, Minnetonka, MN 55343-8995 USA.

**Anonim(2001).** Stage 1 Disinfectants and Disinfection Byproducts Rule, States Environmental Protection Agency, Office of Water , EPA 816-F-01-014.

**Anonim(2002).** Control of microorganisms in drinking Water, Edited by Srinivasa Lingireddy, ASCE and American Society of Civil Engineers, Water Supply Engineering Technical Committee. ISBN 0-7844-0635-9, USA.

**Anonim(2005<sup>a</sup>).** İçme Suyu Elde Edilen veya Eldesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik (79/869/AB ile değişik 75/440/AB) Çevre ve Orman Bakanlığı, Resmi Gazete Tarihi : 20/11/2005, Resmi Gazete Sayısı : 25999.

**Anonim(2005<sup>b</sup>).** İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete Tarihi:17.02.2005, Resmi Gazete, Sayı. 25730.

**Anonim(2005<sup>c</sup>).** Water, Sanitation and Health, Cleaning and Disinfecting Water Storage Tanks and Tankers, WHO Technical Note For Emergencies No. 3, Draft Revised 7.1.05.

**Anonim(2008<sup>a</sup>).** Guidelines for drinking-water quality, third edition, incorporating first and second addenda. Volume 1 – Recommendations, Chapter 7 Microbial Aspects, Waterborne Infections, World Health Organization. ISBN 978 92 4 154761 1

**Anonim(2008<sup>b</sup>).** Editorial. İçme ve Kullanma Sularının Kullanımında Dikkat Edilecek Hususlar, GATA Çevre Sağlığı Daire Başkanlığı, TAF Preventive Medicine Bulletin, 7(3).

**Aydın, K.,(2009).** Ultraviyole Işınları ile Suların Dezenfeksiyonu, Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Seminer Bildirisi

**Bolton, R.J., Linden, K.G., (2003).** Standardization of Methods for Fluence (UV Dose) Determination in Bench-Scale UV Experiments, *J. Envir. Engrg.* 129, 3, 209-215.

**Costerton, J.W., Geesey, G.G., Cheng, K.J.,(1978).** How bacteria stick, *Sci. Am.*, 238, 86-95.

**Costerton, J.W., Lewandowski, Z., Caldwell, D.E., Korber, D.R., Lappin-Scott, H.M.,(1995).** Microbial Biofilms, *Ann. Rev. Microbiol.*, 49,711-745.

**Çapar, G., Yetiş, Ü.,(2001).** Ankara’da İçme Suyunda Aktif Karbon ile Doğal Organik Madde ve Trihalometan Giderimi, *Turkish Journal Engineering Environmental Sciences* ,25, 527 - 535.

Endüstride su güvenliği, dezenfeksiyon ve sanitasyonu

**Deininger, R. A., Ancheta, A., Ziegler, A.,( 1998 ).** Chlorine dioxide,Paper presented at the PAHO. Symposium: Water Quality: Effective Disinfection.

**Donlan, R.M.,(2002).** Biofilms: Microbial Life on Surfaces, *Emerging Infect. Dis*, 8, 881-890.

**Ekici, L., Sağdıç, O., Kesme, Z., (2006).** Gıda Endüstrisinde Alternatif Bir Dezenfektan: Ozon, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* , (1) 47-57.

**European Pharmacopoeia(2006).** European Directorate for the Quality of Medicines, 6th edition, <https://www.edqm.eu/store>, 12.01.2011.

**Flemming, H.C.,(1991).** Biofilme und Wassertechnologie, I:Entstehung, Aufbau, Zusammensetzung und Eigenschaften von Biofilmen, *Gas Wasser Fach.*, 132,4, 197–207.

**Hijnen, W.A.M., Beerendonk, E.F., Medema, G.J.,(2006).** Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo)cysts in water: A review, *Water Res.* , 40,1,3-22.

**Kaplan, H.,(2005).** Temiz Su Arıtma Prosesleri ve Projelendirme Esasları, *Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi*, 35. Sayı, 190, 1.

**Kızılca, K.,(2005).** Eysel ve Sanayi Tesislerinde Temiz Su Hakkında Genel Bilgi, *Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi* , 35. Sayı, 191, 2.

**Menz, F.C., Seip, M.H., (2004).** Acid Rain in Europe and the United States: an Uptade, *Environmental Science& Policy*, 7(4): 253-265.

**Oğur, R., Tekbaş, Ö.F., Hasde, M.,(2004).** Klorlama Rehberi (İçme ve Kullanma Sularının Klorlanması), Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Ankara.

**Okpara, C.G., Oparaku, N.F., Ibeto, C.N., (2011).** An overview of water disinfection in developing countries and potentials of renewable energy, *J. Environ. Sci. Technol.*, 4: 18-30.

**Pedersen, K.,(1990).** Biofilm development on stainless steel and pvc surfaces in drinking water, *Water Research*, 24,(2), 239-243.

**Polat, H.,(2009).** Dezenfeksiyon Amaçlı Ozon Kullanımı, SÜMAE YUNUS Araştırma Bülteni, 9:2.

**Rice, R.G., Robson, C.M., Miller, G.W., Hill, A.G., (1981).** Uses of Ozone in Drinking Water Treatment Journal of the American Water Works Association , 73, 1, 44-57.

**Rochelle, A.P., Upton, J.S., Montelone, A.B., Woods, K.,(2005).** The response of *Cryptosporidium parvum* to UV light, *Trends in Parasitology*, 21, 2, 81-87.

**Thompson, F., (2003).** Ultraviolet Light, Elsevier Science Ltd., Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition), p 5885-5890.

**TS 1911, (1997).** Düşey Hidrofor(Su Basınçlandırma) Tankları, *Türk Standartları*, Ankara.

**TS 914 EN ISO 1461, (2001).** Demir ve Çelikten Yapılmış Malzemeler Üzerine Sıcak Daldırılmış Galvaniz Kaplamalar - Özellikler ve Deney Metotları, *Türk Standartları*, Ankara.

**Türetgen, İ.,(2006).** Su şebeke Sistemlerinde Mikrobiyal Biyofilm Tabakası, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı 92, 29-32.

**WHO(2007).** Combating Waterborne Disease at the Household Level, The International Network to Promote Household Water Treatment and Safe Storage, World Health Organization, WHO Library Cataloguing in Publication Data, Geneva, Switzerland.

**URL-1.** Su Arıtma Sistemi Yönergesi, <http://www.saglik.gov.tr/TR/belge/1-327/saglik-mevzuati.html> 06.01.2011.

**URL-2.** Suların Arıtılması <http://www.proses-tim.com/medya/sularin-aritilmasi.pdf> 08.01.2011.

**URL-3.** Water Purification Technologies [http://www.h2ro.com/\\_Solutio2.htm](http://www.h2ro.com/_Solutio2.htm), 12.01.2011.

**URL-4.** Oram, B. Water Research Center, Disinfection By-Products, Trihalomethanes, B.F. Environmental Consultants Inc. <http://www.water-research.net/trihalomethanes.htm>, 06.01.2011.