

# Soğutma Kulesi Dezenfeksiyonunda İş Sağlığı Ve Güvenliği

## ÖZET

*Endüstride cihaz ya da sistemlerin ısı uzaklaştırma ünitesi olarak görev yapan soğutma kuleleri, fiziksel ve kimyasal özellikleri açısından mikroorganizmaların, özellikle patojen Legionella cinsi bakterilerin üremesi için ideal bir ortam sağlarlar. Tamamlama suyundan ve/veya havadan sisteme giren mikroorganizmalar, su ve kısıtlı besin içeren soğutma kulesinin iç yüzeylerinde biyofilm oluştururlar. Biyofilm tabakası metal levhalarda ısı transfer oranında azalmaya, borularda tıkanıklığa, sistemde korozyona (mikrobiyolojik olarak indüklenen korozyon [MİK]) ve yapısal hasara yol açabilir.*

*Bu sistemlerde hem soğutma kulelerinden kökenlenen Legionella bakterilerine maruziyetle ilgili potansiyel mesleki ve kamu sağlığı risklerinin, hem de sistemde oluşan biyofauling (biyolojik kirlilik) hasarlarından kaynaklanan ekonomik kayıpların minimuma indirgenmesi için kulelerin dezenfekte edilmesi gereklidir. İş sağlığı ve güvenliği kavramının ve gerektirdiği koşulların yaygınlaştırılmaya çalışıldığı ülkemizde de, dezenfeksiyon işlemlerinin dünya çapında kabul gören standartlara uygun şekilde yürütülmesi gereklidir.*

**Anahtar Kelimeler:** Soğutma Kulesi, İş Sağlığı ve Güvenliği, Legionella Pneumophila, Biyofilm, Dezenfeksiyon.

Soğutma kuleleri; klima sistemleri, nükleer enerji santralleri, petrokimya tesisleri, elektrik üretim sistemleri ve çeşitli üretim prosesleri gibi alanlarda soğutulmuş su elde etmek amacıyla kullanılan ısı uzaklaştırma üniteleridir. Soğutma kulesinin bağlı olduğu sistemde ısınan suyun bir kısmı buharlaştırılıp atmosfere atılarak soğutulur, kalan kısmı kule üzerinden fiskiye sistemi ile kulenin altındaki dolgu alanına püskürtülerek, kule üzerindeki fanlar ile dolgu alanından yukarıya emilen hava ile karşılaşarak soğur. Kule boyunca sürekli olarak yukarıdan aşağıya akan su, kulenin tabanında birikir ve soğutulmuş olarak tekrar sisteme pompalanır. Bu sirkülasyon esnasında fan aracılığıyla 1-5 µ çapında solunabilir aerosoller (pülverize haldeki su ile hava karışımı) üretilir [1, 2].

Nazmiye Özlem ŞANLI  
YÜRÜDÜ

## Abstract:

Cooling towers which are function as heat rejection unit of equipment or systems in industry, provides an ideal environment for growth of microorganisms, especially pathogen Legionella bacteria, in view of their physical and chemical properties. Microorganisms which enter via makeup water and/or air to the system, form a biofilm layer on the inside surfaces of cooling tower which contain water and limited nutrients. Biofilms can lead to many undesired conditions such as increased heat transfer resistance, local blocking in pipes, microbiologically influenced corrosion (MIC) and equipment damages.

In such systems, to minimize both occupational and public health risks which related to potential exposure to Legionella bacteria originated from cooling towers and economic losses which arising from biofouling damages, cooling towers should be disinfected. Disinfection procedures should be carried out according to world wide accepted standards also in our country, in which it has been attempted to generalize the occupational health and safety concepts and its required conditions.

## Key Words:

Cooling Tower, Occupational Health and Safety, Legionella Pneumophila, Biofilm, Disinfection.

## Makale

Soğutma kuleleri çalışma sıcaklığı [25-42 °C], organik ve inorganik madde içeriği ve geniş ıslak yüzeylere sahip olmaları nedeniyle mikroorganizmaların gelişimi için ideal alanlardır. Kulelerden çıkan aerosollerin başta Lejyoner hastalığı etkeni Legionella bakterilerinin ve diğer mikroorganizmaların çevreye kolayca yayılmasına yol açtığı 1970'lerin sonundan beri bilinmektedir [1, 2]. Legionella bakterileri ile kontamine aerosoller 6 km'den uzağa gidebilir ve soluduklarında Legionella bakterileri akciğerlere girerek Pontiak Ateşi veya ölümcül olabilen Lejyoner hastalığı oluştururlar [3].

Legionella cinsi bakteriler içerisinde insanlarda en çok hastalık yapan tür *L. Pneumophila*'dır ve Legionella enfeksiyonlarının %85'inden, tüm toplum kökenli pnömonilerin %2-16'sından sorumludur. Bu oran *L. Pneumophila*'yı en yaygın pnömoni etkenleri arasında 2. veya 3. sıraya yerleştirir. İnsanlarda gözlenen enfeksiyonların çoğunun *L. Pneumophila* serogrup 1, 4 ve 6 tarafından oluşturulduğu bilinmektedir [4].

Legionellosis ölüm oranları oldukça değişkendir, hastanın sağlık ve bağışıklık durumu, tanı ve tedavinin süresi, hastalığın hastane kökenli, salgın veya sporadik olup olmamasına göre oran %1-80 arasında değişmektedir. Son yıllarda raporlanan Legionellosis insidansında global bir artış gözlenmektedir, 2011'de Avrupa'da 4897, ABD'de 4202 doğrulanmış Legionellosis vakası kaydedilmiştir ve raporlanmayan birçok kayıt dışı vaka olduğundan gerçek insidans değerinin çok daha yüksek olduğu düşünülmektedir [5].

Dünya çapında kaydedilmiş 35 büyük salgından 15'inde kaynağın soğutma kulesi olduğu ve bu salgınlarda yüzlerce ölümün gerçekleştiği bilinmektedir. Nitekim, Ekim 2014'te Vila Franca de Xira, Portekiz'de yaşanan son salgında da, bir gübre fabrikasının soğutma kulesi muhtemel enfeksiyon kaynağı olarak gösterilmiştir; salgında biri kule bakımı görevlisi olmak üzere toplam 334 kişide Lejyoner hastalığı tespit edilmiş, 10 kişinin öldüğü belirlenmiştir [6].

Finlandiya'da 2006'da yürütülen bir çalışmada, çalışanlar arasında 2 ayrı fabrikadan 2 kişide serolojik testlerle ve üriner antijen testleri ile Lejyoner hastalığı tespit edilmiştir; bu 2 kişiden biri atık su arıtım sistemine pompa kurarken; diğeri ise soğutma kuleleri ve aktif çamur tankı bulunan bir atık su arıtım tesisinden 200 metre uzakta çalışırken rüzgarla taşınma sonucu enfekte olmuştur. 2 vakanın klinik ve çevresel örneklerine ait laboratuvar sonuçları, hastalığın atık su tesisinden iş yerinde kapıldığını göstermiştir. 2 hasta da tedavi görüp iyileşmiştir [7].

İsveç'te Aralık 2004'te 57 yaşında bir çalışanda Lejyoner hastalığı tespit edilmesi nedeniyle, enfeksiyonun kaynağı araştırılmış ve çalışanın evinden örnekleme yapıldığında duş başlıklarında Legionella tespit edilmemesine rağmen iş yerinin havalandırma havuzuna ait soğutma kulesinde hastanınki ile aynı *L. Pneumophila* SG1 Benidorm alt türü tespit edilmiştir [8].

ABD'de bir askeri üstte Lejyoner hastalığı ve Pontiak Ateşi salgınında kaynağı belirlemek için yapılan çalışmada, 29 Lejyoner hastalığı, 38 Pontiak Ateşi vakası doğrulanmış ve bu kişilerden Lejyoner hastalığı tespit edilen 2 kişinin kuleye en yakın binanın inşaatında çalıştığı belirlenmiştir. Tüm vakaların kaynağının bir soğutma kulesi olduğu ve kuleye en yakın binada çalışanların bir sonraki binada bulunanlara göre %6,9'unun Lejyoner hastalığına %5,5'inin Pontiak Ateşine daha fazla yakalanma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir [9]. Ayrıca 1999 yılında Hollanda'da çiçek fuarında yaşanan bir Lejyoner hastalığı salgınında, fuarda çalışanların antikor düzeylerinin fuar katılımcılarından yüksek olduğu, solunum semptomları açısından seropozitif ve seronegatif bireyler arasında fark olmadığı tespit edilmiştir, bu durum hastaların pnömoniyi daha önce geçirdiği ya da hastalığı belirtisiz atlattığını düşündürmektedir [10]. Bu 2 salgına ait çalışma sonuçları da kule temizliği yapanların bu patojene maruz kalma ve hastalık belirtisi göstermeksizin enfeksiyona yakalanma bakımından ne kadar büyük bir risk altında olduğuna işaret etmektedir. Dünyadaki Lejyoner hastalığı ve Pontiak Ateşi salgınlarına ait

kayıtların yetersizliği konunun uzmanları tarafından da vurgulanmakta olup, iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirildiğinde de geçmiş yıllarda büyük salgınlarda kule teknisyenlerinin de enfeksiyon kapmış olması ancak bunun kayda geçirilmemiş olması muhtemeldir. Son yıllarda dünyada kule teknisyenleri ile ilgili vakaların kaydı tutulmasına rağmen, ülkemize ait spesifik soğutma kulesi iş sağlığı ve güvenliği yönetmeliği bulunmadığından konu ile ilgili kayıt bulunamamıştır.

T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nın yayınladığı Meslek Hastalıkları Rehberi Kitabı'nda da belirtildiği gibi L. Pneumophila Bakterisi "Biyolojik Etkenlere Maruziyet Risklerinin Önlenmesi Hakkında Yönetmelik" ve 2000/54/EC sayılı (çalışanların iş yerinde biyolojik ajanlara maruziyeti ile ilişkili korunma) direktifte 2. grup içinde sınıflandırılmaktadır ve meslek hastalığı olarak kabul edilmiştir. Grup 2 biyolojik etkenler, insanda hastalığa neden olabilen, çalışanlara zarar verebilecek, ancak topluma yayılma olasılığı olmayan, genellikle etkili korunma veya tedavi imkânı bulunan biyolojik etkenler olarak tanımlanmaktadır.

Ülkemizde bildiri zorunlu hastalıklar arasında yer alan Lejyoner hastalığının kontrolü için Sağlık Bakanlığı tarafından özel bir program yürütülmektedir. Sağlık Bakanlığı, Avrupa'da görülen seyahatle ilişkili vakalara ait epidemiyolojik verilerin uluslararası düzeyde paylaşıldığı Avrupa Lejyoner Hastalığı Sürveyans Ağı'nın üyesidir. Ancak, ülkemizde Lejyoner hastalığının hastanelerde kontrolü ve önlenmesine ilişkin mevzuat ve saha rehberi hazırlıkları devam etmektedir.

Benzer şekilde binaların havalandırma ve su sistemlerinin mikrobiyal kontrolüne ilişkin ve soğutma kulelerinin bakım ve dezenfeksiyonunda görev alan teknisyen/operatörlerin iş sağlığı ve güvenliği için mevzuat bulunmamaktadır. Sadece kule civarında çalışanlar değil, bir soğutma kulesine bağlı merkezi ısıtma soğutma kullanılan iş yerlerinde çalışanlarda görülebilen hasta bina sendromunda da biyolojik kirleticilerin rol oynadığı bilinmektedir. Halihazırda

uygulanmakta olan iş sağlığı ve güvenliği mevzuatı kapsamındaki "İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik"e göre soğutma kulesi temizliği "**İşyeri ile ekipman, araç-gereçler, özellikle havalandırma sistemleri uygun hijyen şartları sağlanacak şekilde düzenli olarak temizlenecektir**" ibaresi içerisinde değerlendirilebilir. Kulelerden çevreye yayılabilecek emisyonlar, mikrobiyolojik ve kimyasal kirleticiler de "Hava Kalite Kontrol Yönetmeliği" kapsamında değerlendirilebilir. Öte yandan, kule ve civarında çalışanların iş sağlığı ve güvenliği açısından, işyeri sahipleri "Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik"e göre kule suyu şartlandırılmasında kullanılan korozyon inhibitörleri, biyositler ve biyodispersanlar gibi kimyasallardan kaynaklanan riskleri azaltmak için tam sorumluluk almalıdır. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Yasası'nın 10. maddesine göre, işverenlerin işyerleri için "risk değerlendirmesi" yapması zorunludur. Risk değerlendirmesi yasada; "işyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilerek derecelendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması amacıyla yapılması gerekli çalışmalar" olarak tanımlanmıştır. Risk değerlendirmesi çalışmalarında, işçi sağlığının korunması için çalışma ortamı ve/veya çevrede var olan tehlikelerden kaynaklanan riskler sistematik bir yaklaşımla belirlenir ve bu riskleri yok etmek veya kabul edilebilir seviyeye indirmek hedeflenir. Bu bağlamda, soğutma kuleleri hem kamu sağlığı, hem de iş sağlığı ve güvenliği açısından (kulelerin civarında çalışanlar ve kule bakımı/dezenfeksiyonunda görev alan teknik personel için) önemli tehlike kaynağıdır. Bu nedenle risk değerlendirmede biyolojik bir tehlike olan Legionella bakterileri ve bu bakterinin üreme riskinin bulunduğu, soğutma kuleleri de dahil, tüm tehlike kaynakları dikkate alınmalıdır.

Avustralya/Yeni Zelanda Sağlık Bakanlığı tarafından 1 Eylül 2012 tarihinden itibaren uygulanmaya başlanan 2010 Halk Sağlığı Yasası ve 2012 Halk Sağlığı

## Makale

Yönetmeliği kapsamında, farkındalık oluşturmak ve paydaşların sorumluluklarını yerine getirmeleri amacıyla, Türkçe de dahil, farklı dillerde bir dizi bilgi notu hazırlanmıştır. Legionella bakterilerinin kontrolü için soğutma kuleleri gibi risk oluşturabilecek tesislerde hizmet verenler ve/veya bu sistemleri kullanan ve bakımını yapan yetkili kişilerin, Yasanın temel aldığı AS/NZS 3666:2011 Avustralya/Yeni Zelanda Standardı hükümlerini uygulaması gerektiği belirtilmektedir [11].

Legionella bakterilerinin çoğalması ve çevreye yayılmasında önemli rol oynayan kule gibi yapay rezervuarlardan bu bakterilerin tamamen eradike edilmesi imkansızdır, bu konudaki tek seçenek korunma ve riskin minimize edilmesidir. Ayrıca mikrobiyolojik/kimyasal korozyonun soğutma kuleleri ve onların ısı değiştiricilerinde çok büyük ekonomik kayıplara yol açtığı bilinmektedir. Korozyon kaynaklı ekonomik kayıplar ülkelerin Gayri Safi Milli Gelir'inin yaklaşık %3,5-%5'i kadardır. Türkiye'de bu değer %4,5 dolayında olduğu tahmin edilmektedir [12]. Soğutma kulelerinden kökenlenen Legionella bakterilerine maruziyetle ilgili potansiyel mesleki ve kamu sağlığı risklerinin ve sistemde oluşan biyofaulingin hasarlarından kaynaklanan ekonomik kayıpların minimuma indirgenmesi için kulelerin dezenfekte edilmesi gereklidir. Kulelerin dezenfeksiyonu dünya çapında kabul gören ve/veya ülkemize uygun şekilde düzenlenecek standartlarda belirtilen şekilde, mikrobiyolojik analizler ve etkin biyosit kullanımı ile paralel olarak yürütülmelidir.

### 1. Soğutma Kulesinin kamu ve kule operatörleri açısından güvenli olması neleri kapsar?

İş sağlığı ve güvenliği açısından, risk belirli bir tehlikeli olayın meydana gelme olasılığı ile bu olayın sonuçlarının ortaya çıkardığı zarar veya hasarın şiddetinin bileşkesidir ve **“Risk = Olasılık x Şiddet”** olarak formüle edilir. Bu bağlamda, sistemle ilgili tehlike kaynaklarının her biri ayrı ayrı dikkate alınıp, bu tehlikelerden kaynaklanabilecek risklerin hangi ihtimalde oluşacağı ile bu risklerden kimlerin, ne şekilde ve hangi şiddette zarar görebileceği belirlen-

meli ve değerlendirme sonuçlarına göre alınacak önlemler tespit edilmelidir. Alınacak sağlık ve güvenlik önlemleriyle zarar oluşma olasılığı ve buna bağlı olarak risk de azalacaktır.

Soğutma kulesi sistemlerinde su şartlandırmasının etkin ve yeterli yapıldığından emin olarak mikrobiyal çoğalmayı, aerosol oluşumunu ve aerosollerin etrafa saçılmasını minimuma indirmek amaçlanır. Bu nedenle, ekipmanın dizaynı, kurulumu, işletilmesi ve koruyucu bakımı aşamalarında kamu ve iş sağlığı güvenliği prensipleri göz önünde bulundurulmalı ve kritik risk faktörleri için risk değerlendirilmesi yapılmalıdır.

#### a) Sistemin Dizayn Aşamasında:

- Korozyona dirençli uygun malzeme seçimi,
- Biyofilm oluşumunu desteklemeyen malzeme seçimi,
- Otomatik blöfleme ile sistemdeki katı madde miktarının kontrolü ve buna bağlı olarak sistemde biyofilm ve tortu oluşumunun azaltılması,
- Direkt güneş ışığı girişinin azaltılması ile alg gelişiminin sınırlandırılması,
- Kuleyi terk eden hava akımı ile taşınan su miktarını, buna bağlı olarak su şartlandırma kimyasalları, mikroorganizmalar veya korozyon ürünlerinin deşarj ve emisyonunun azaltılması için uygun damla tutucularının kullanılması,
- Su kökenli canlıların sisteme girişi, dolayısıyla biyofilm oluşumu riski azaltılması için su giriş ağızı-elekler ve bariyerler gibi cihazların uygun şekilde tasarımı

ile potansiyel risk faktörleri minimuma indirgenebilir.

#### b) Sistemin Kurulum Aşamasında:

- Klima ünitelerinden ve vantilatör emişlerinden uzakta,
- Yerel iklim koşullarına göre devamlı rüzgar akımıyla döküntü girişi ve kontaminasyona izin verilmeyecek konumda,
- Temizlik ve düzenli bakım için çalışanların kuleye kolayca erişimine izin verecek şekilde,

kurulması endüstriyel hijyen açısından risk olasılığını düşürecektir.

Kamu sağlığı için soğutma kulesinden kaynaklanan mikrobiyolojik risklerin değerlendirilmesinde, kulenin inşa edileceği alanla ilgili oluşturulan puanlama sistemine göre 4 temel kategori oluşturulmuştur:

- **Kategori 1 (en yüksek risk seviyesi):** Hastane, bakımevi veya bağışıklığı zayıf olabilecek kişilerin bakımı için kurulu herhangi bir diğer sağlık tesisinde veya bunlara (< 200 m) yakın civarda faaliyet gösteren bir soğutma kulesi,
- **Kategori 2:** Huzurevi veya çok sayıda insana ev sahipliği yapan bir binada veya bunlara (> 200 m) yakın civarda faaliyet gösteren bir soğutma kulesi,
- **Kategori 3:** Bir yerleşim bölgesine veya bir sanayi bölgesine komşu bir soğutma kulesi,
- **Kategori 4 (en düşük risk seviyesi):** Yerleşim bölgelerinden izole edilmiş soğutma kuleleri (> 600 m uzaklıkta).

Bu puanlama esasına göre, aylık (en yüksek risk) veya üç aylık (Kategori 2), üç aylık veya yıllık (Kategori 3) ve yılda bir kez yaz ayı sonrasında (Kategori 4) Legionella takibi yapılması risk yönetim planına eklenmelidir [13].

#### c) Sistemin İşletilmesi Aşamasında:

- Durağan bölgelerin oluşumunu önlemek için kör nokta ve bağlantılarından, çapraz döngülerden kaçınılması,
- Sistemin stand-by işletilmesinden kaçınılması,
- Civarda bulunan kişilerin kuleye yaklaşmasının uyarıcı işaretlerle ve fiziksel bariyerlerle sınırlandırılması ve

#### d) Sistemin Koruyucu Bakımında:

- Risk değerlendirme planının hazırlanması ve yürütülmesi,
- Periyodik olarak uygulanan belirli kimyasallarla su şartlandırması/dezenfeksiyon programının uygulanması,

ile potansiyel risk faktörleri minimuma indirgenebilir.

Risk değerlendirme planında kritik risk faktörlerinin yönetimi; sistemin koruyucu bakımında anahtar performans göstergesi ve hedeflerinin (Tablo 1), bakım/servis/temizleme/dezenfeksiyon işlemlerinin ve gerektiğinde uygulanan düzeltici faaliyetlerin raporlanması aşamalarını kapsamalıdır. Risk değerlendirme ile belirlenen su şartlandırma programı gereksinimleri her soğutma kulesi için değişkenlik gösterdiğinden, her sistem için spesifik bir risk yönetim planı oluşturulmalıdır. Risk yönetim planı, düzenli aralıklarla ve sistem değişikliği ve taşınması gibi önemli olaylardan sonra gözden geçirilmelidir.

Çeşitli mekanik ve kimyasal metotların kullanıldığı su şartlandırma programının temel amacı korozyon, birikinti, kirlilik, Legionella dahil mikrobiyal gelişim problemlerinin etkin yönetimidir.

En basit hali ile güvenli ve etkin su şartlandırma programı:

#### 1. Adım: Temizlik Öncesi Prosedürler

- Isı kaynağı (chiller, tesis) tamamen kapatılır ve bağlantısı kesilir.
- Soğutma kulesi/ evaporatif kondenser fanları kapatılır ve bağlantısı kesilir.
- Sistem blöf (tasfiye) vanası ve varsa otomatik blöf kontrolörü kapatılır ve sistem kontrolörü manuele ayarlanır.
- Sistem tamamlama suyu vanaları açılır.
- Soğutma sisteminin tüm alanlarına (tüm standby chillerleri, pompalar, denge hatları ve kör borular da dahil) suyu sirküle etmek için gerekli tüm su sirkülasyon pompaları çalıştırılmaya devam edilir.
- Tamamlama suyu vanaları açılıp, temizleme işlemi tamamlanana kadar kuleye en az  $\leq 30$  m mesafedeki bina hava giriş menfezleri kapalı tutulur.

#### 2. Adım: Kimyasal Dezenfeksiyon

- Isı kaynağı (chiller, tesis) tamamen kapatılır ve bağlantısı kesilir.
- Kullanılacak biyositle uyumlu az köpüren biyodispersan eklenir.
- Genellikle yaygın kullanıma sahip okside edici bir biyosit\* eklenir (eklenen biyosit klor bazlı ise en az 5-10 mg/L serbest aktif klor sağlamalıdır) ve 15

**Makale****Tablo 1. Soğutma Kulesi Suyu İçin Performans Göstergesi ve Hedef Değerleri Örnek Risk Değerlendirme Tablosu**

Test/Gözlem	Performans Göstergesi ve Hedef Değerler	Ölçüm/Gözlem Sonuçları	Uygulanan Düzeltici İşlem
<b>Anahtar Performans Göstergeleri</b>			
Heterotrofik bakteri sayısı <sup>1,3</sup>	< 100.000 kob <sup>a</sup> /ml		
<i>Legionella</i> türleri <sup>2,3,4</sup>	< 10 kob <sup>b</sup> /ml		
Kabuklanma oranı	İhmal edilebilir düzeyde		
Çözülmüş demir	< 1 ppm		
Havza, panjurlar, dolgu materyali gibi kule içi alanların temizliği	Temiz (tortu yok)		
Bakır korozyon oranı	< 0.005 mm/yıl		
Paslanmaz çelik korozyon oranı	< 0.005 mm/yıl, delinme olmamalı		
Yumuşak çelik korozyon oranı	< 0.15 mm/yıl		
Damla tutucu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doğru pozisyonda</li> <li>• Hasarsız</li> <li>• Temiz</li> </ul>		
<b>Hedefler</b>			
Toplam çözülmüş madde*	Yerel tamamlama suyuna göre değişken		
Kondüktivite*	Yerel tamamlama suyuna göre değişken		
Askıda katılar*	Yerel tamamlama suyuna göre değişken		
Kalsiyum veya toplam sertlik*	Yerel tamamlama suyuna göre değişken		
Kloridler*	Yerel tamamlama suyuna göre değişken		
pH* (brom bileşikleri için)	7-9		
pH* (klor bileşikleri için)	7-8		
Oksidasyon redüksiyon potansiyeli	Uygulanan biyosit dozuna ve çeşidine göre değişken		
Toplam alkalinite*	80-300 ppm		
Biyodispersan	Üretici tavsiyesine göre sürekli olarak sabit dozda		
Korozyon inhibitörü	Üretici tavsiyesine göre sürekli olarak sabit dozda		
Konsantrasyon döngüsü	Su dengesinin korunması ve kabuklanmanın önlenmesi için, sirküle olan su ve tamamlanma suyunun toplam çözülmüş madde veya kondüktivite değerlerinin oranına göre		

<sup>1</sup> Maksimum izin verilen değer < 10.000 koba/ml

<sup>2</sup> Maksimum izin verilen değer < 1.000 koba/ml

<sup>3</sup> Heterotrofik bakteriler için > 100.000 koba/ml ve *Legionella* bakterileri için > 10.000 koba/ml değerlerinde dezenfeksiyon programı gözden geçirilmeli, değerler yeniden örnek alınarak doğrulanmalı ve aynı değerler elde edilirse düzeltici işlemler için risk değerlendirmesi yapılarak, su şartlandırmasında değişiklik yapılmalı

<sup>4</sup> Heterotrofik bakteriler için > 10.000-100.000 koba/ml ve *Legionella* bakterileri için > 1.000-10.000 koba/ml değerlerinde yeniden örnek alınmalı, uygun biyosit çok doz olarak uygulanmalı ve düzeltici işlemler için risk değerlendirmesi yapılarak, su şartlandırmasında değişiklik yapılmalı

<sup>5</sup> Risk değerlendirmesinin bir parçası olarak tamamlama suyunda da *Legionella* bakterilerinin varlığı test edilmeli

<sup>a</sup> Kob: Koloni oluşturan birim

\* Tamamlama suyu için de yapılması gereken testler

dakikada bir aktif biyosit dozu ve pH ölçülerek, biyosit düzeyi sabit tutulacak şekilde biyositin sistemde 1 saat sirkülasyonu sağlanır.

- Multistack chillerler gibi bazı tesisatlarda bir biyodispersanla birlikte hızlı etki gösterebilen okside

edici olmayan alternatif bir biyositin kullanımı gereklidir.

- Sirkülasyon esnasında, sistemden suya karışarak süspansen olan partiküllü yapıların uzaklaştırılması için blöf oranı kullanılmalıdır.

Kör hatlar da dahil tüm sistemin eşit oranda ıslan-  
dığı, kontrollü tamamlama akışı sağlanmalıdır.

- Kullanılan tüm kimyasalların değerleri ve tipi; aktif kalıntı biyosit dozları ve pH ölçüm sonuçları-  
nın zamanları kaydedilmelidir.

(\*Konu ile ilgili çalışmalarda, bakterilerde anti-  
mikrobiyal bileşiğe karşı direnç gelişimini önle-  
mek için, tek başına okside edici bir biyositin  
düzenli aralıklarla uygulanması yerine, okside  
edici olmayan bir biyositle dönüşümlü olarak  
uygulanması önerilmektedir.)

### 3. Adım: Mekanik Temizlik

- Su sirkülasyon pompaları kapatılır ve bağlantısı  
kesilir. Gelen tamamlama suyu bağlantısı kesilir ve  
(varsa) yönetmeliklere uygun şekilde kule suyu  
drenajı yapılır.
- Suyla temas eden tüm alanlar sediment, tortu,  
çamur varlığı açısından gözden geçirilir. Damla  
tutucuları ve fan giriş pencereleri fırça ve su hortu-  
mu veya yüksek basınçlı su ile temizlenir. Damla  
tutucuların yüksek basınçlı su uygulaması nedeni  
ile hasar görüp görmediği kontrol edilir.
- Havza, karter, dolgu materyali, sprey nozüller ve  
aksesuarlar, akıntı filtrasyonu ve hava giriş panjur-  
ları gibi soğutma kulesinde su ile temas eden tüm  
alanlar benzer şekilde temizlenir, bu esnada kule-  
deki dolgu materyali ve damla tutucular gibi kolay-  
ca çıkarılabilen parçalar temizliği kolaylaştırmak  
için çıkarılmalıdır.
- Tüm birikintiler gerekirse ıslak vakum temizleyici  
kullanılarak kule havzası ve karterden uzaklaştırı-  
lır.
- Hortumla yıkanan tüm parçalar yeniden monte edi-  
lir.

### 4. Adım: Mekanik Temizlik Sonrası

- Soğutma kulesi su ile doldurulur ve sirkülasyon  
pompaları açılır
- Su berrak görünene dek, 2 ve 3. adımlar tekrarlanır.  
su filtreleri ve süzgeçler temizlenir, su kalitesi iste-  
nen değerlere ulaşına dek 2., 3. ve 4. adımlar tek-  
rarlanır.
- Uygun konsantrasyonlarda su arıtım kimyasalları  
ile şok dozlama yapılır.
- Korozyon riskini azaltmak için fazla okside edici

- biyositi, sistem temizliği tamamlandıktan sonra  
nötralize etmek gerekebilir. Alternatif olarak, oksi-  
de edici biyositin (örneğin serbest klorun) doğal  
olarak bozunmasına karar verilebilir ve bu nedenle  
meydana gelebilecek korozyona ek koruma sağla-  
ması için korozyon inhibitör düzeyleri arttırılabilir.
- Biyosit, korozyon inhibitörleri gibi su arıtım kim-  
yasalları en kısa sürede eski dozlarına getirilir.
- Operasyon ve bakımla ilgili tüm işlemler ruhsata  
veya temizleme raporuna kaydedilir.

Bu şartlandırma programı rutin olarak ve kontroller  
esasında gerek görüldüğünde uygulanmalıdır.  
Temizlik programının frekansı bir risk değerlendiri-  
me programı ile belirlenir; bununla birlikte en az 6  
ayda bir ve sistem 30 günden uzun süre ile kapalı  
kaldığında bu temizlik işlemleri tekrarlanmalıdır.

### 2. Kule Temizliğinde Teknisyenlerin ve Kule Civarında Bulunanların Maruz Kalabileceği Riskler

Soğutma kulesi temizliğinde/şartlandırma progra-  
mında görev alan tüm teknisyen/operatörler, söz  
konusu işlemlerle ilişkili olabilecek iş sağlığı ve güven-  
liği riskleri açısından bir muayeneden ve eğitimden  
geçirilmelidir. Bu iş sağlığı ve güvenliği konuları:

- Yakındaki iletişim alıcı-vericilerinden gelen elek-  
tromanyetik radyasyona maruz kalma potansiyeli,
- Yüksekte çalışmadan kaynaklanan riskler,
- Kapalı alanlarda çalışmadan kaynaklanan riskler,
- İklim koşulları ile ilgili riskler,
- Gürültü ile ilgili riskler,
- Elektrikle ilgili riskler,
- Lejyoner hastalığı ve Pontiak Ateşi etkeni  
Legionella bakterilerine maruz kalma potansiyeli,
- Tüberküloz etkeni Mycobacteria bakterilerine  
maruz kalma potansiyeli,
- Meningoensefalit (menenjit) etkeni Naegleria Fowleri  
gibi patojen amiplere maruz kalma potansiyeli,
- Patojen Pseudomonas bakterilerine maruz kalma  
potansiyeli,
- Oluşturduğu endotoksin ile grip benzeri tablolar  
oluşturan Aeromonas cinsi bakterilere maruz  
kalma potansiyeli,
- Astuma yol açan Glutaraldehit ve organik bileşikler

## Makale

varlığında karsinojenik bileşikler oluşturan klor gibi biyositler; çalışanlar ve çevre sağlığı açısından ciddi toksikolojik risk oluşturan korozyon inhibitörü kromat ve nitritler gibi çeşitli kimyasallara maruz kalma potansiyelidir [14].

### 3. Kule Temizliğinde Teknisyenlerin Maruz Kalabilecekleri Risklerden Kendilerini Koruması İçin Yapılması Gerekenler

Genel olarak kuledeki servis bakım hizmetlerinin iş sağlığı ve güvenliği kriterlerine uygun bir şekilde yapılabilmesi için bazı güvenlik faktörleri göz önünde bulundurulmalıdır. Bunlar:

**3.1. Soğutma Kulesi ve Çevresi:** Genel olarak kuledeki servis bakım hizmetlerinin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için gerekli alanlar hesaba katılarak montaj alanı tespit edilmelidir. Kulenin denetim, bakım ve temizlik işlemlerini kolaylaştırmak amacıyla kuleye güvenli erişim için uygun şekilde sabitlenmiş merdivenler, iç ve dış yürüyüş yolları, korkuluklar ve platformlar sağlanmalıdır.

**3.2. Isı ve Elektrik:** Isı ve alevle yapılan işlemlerde yanıcı ve patlayıcı malzemeler çevreden uzaklaştırılmalıdır. Bu işlemler sırasında yangın söndürme donanımları yakında hazır bulundurulmalıdır. Elektrik devrelerinde yapılacak işlemler öncesinde, devredeki akım tamamen kesilmeli, yanlışlıkla devreye akım verilmesi önlenmelidir. Bakım işlerinde kullanılan malzemeler ısıya dayanıklı ve elektrik izolasyonlu olmalıdır.

**3.3. Kişisel Koruyucu Donanımlar:** Kule dezenfeksiyonunda olduğu gibi risklerin, toplu korunmayı sağlayacak teknik önlemlerle önlenemediği veya tam olarak sınırlandırılmadığı durumlarda kişisel koruyucu donanım kullanılmalıdır. Kişisel koruyucu donanımlar kule teknisyenlerini biyolojik, mekanik, elektriksel risk faktörlerinden kaynaklanan meslek hastalığı veya iş kazalarına karşı korumada etkilidir. Soğutma kulesi operatörleri kask, tam boy koruyucu giysi, koruyucu gözlük, çelik burunlu yüksek konçlu kaymaz tabanlı ve yalıtkan bot, geçirgen olmayan eldivenler kullanmalıdır. Kulenin durumuna göre

yüksekten düşme tehlikesine karşı gerekli görülürse tam vücut koşumu, darbe emici donanım ve emniyet kemerinden yararlanılmalıdır.

Soğutma kulelerinde gürültü doğal çekişli sistemlerde 70, mekanik kulelerde 120 db'e kadar ulaşabilmektedir. "Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik"e göre, "işveren, risklerin kaynağında kontrol edilebilirliğini ve teknik gelişmeleri dikkate alarak, gürültüye maruziyetten kaynaklanan risklerin kaynağında yok edilmesini veya en aza indirilmesini sağlar". Yine aynı yönetmeliğe göre, en düşük ve en yüksek maruziyet eylem değerleri (LEX, 8 saat) sırasıyla 80 dB ve 85 dB'dir. Bu nedenle, gürültünün öncelikle kaynağında azaltılması için tanımlanan tedbirlerin kullanılmasının [13] yanısıra, operatörlerin kule gürültüsünden korunmaları için manşon veya kulak tıkacı kullanması önerilmektedir.

En önemlisi de, aerosollerin filtre edilmesi için en az P2 veya P3 sınıf bir hava filtresi ve dezenfeksiyon kimyasallarının filtre edilmesi için tip B Aus veya B1 kimyasal kartuş filtresi ile kombine edilmiş yarım yüz veya tam yüz maskeleri kullanılmalıdır.

**3.4. Malzeme Güvenlik Bilgi Formu:** Kule suyu şartlandırılmasında kullanılan her kimyasalın malzeme güvenlik formu edinilmeli ve kimyasalların kullanıldığı veya uygun şekilde depolandığı alana yakın bir yerde formlar hazır tutulmalıdır. Kimyasallara uygun kişisel koruyucu donanımla temas edilmeli, kimyasalların yayılması engellenmelidir. Kimyasalların uygun antidotları varsa edinilmeli ve hangi kimyasalın antidotu olduğu üzerine etiketle belirtilmelidir. Birbiri ile uyumsuz kimyasallar bir arada tutulmamalı ve toksik bileşikler olduğu bilinen kimyasallar için maruziyet kontrolleri yapılmalıdır. Olası kazalara karşı kimyasal dozaj noktası yakınında göz yıkama ekipmanı bulundurulmalıdır.

**3.5. Eğitim:** Tüm teknisyen ve operatörler sistemin çalışma prensipleri, sistemden kaynaklanan maruz kalılabilecek riskler ve bu risklerden korunma için gerekli koşullar ve ekipmanlar hakkında eğitilmelidir.



**3.6. Düzenli İzleme ve Rapor Tutma:** Kule sahibi veya firma yetkilisi, yetkin bir kişi tarafından ayda en az bir defa kulenin kritik risk faktörleri açısından izlenmesini, su şartlandırma programının yürütülmesini ve yapılan tüm işlemlerin kaydının tutulmasını sağlamalıdır.

Günümüz iş sağlığı ve güvenliği anlayışında, gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de, iş sağlığı ve güvenliğinde tazmin edici ve reaktif değil, önleyici ve proaktif olma hedeflenmektedir. Bu nedenle de işyerlerinde risk değerlendirmesinin yapılması, çalışanların görüşlerinin alınması ve katılımlarının sağlanması, uzman katkısının sağlanması, çalışanların işyerindeki tehlikeler konusunda bilgilendirilmesi, çalışanlara eğitim verilmesi, koruma ve önleme bilincinin yerleştirilmesi gerekmektedir.

Sistemlerin yönetimi bir işteki potansiyel risklerin yönetimine de yardımcı olacaktır. Bunlardan en önemlileri:

- Kalite kontrol ve kalite güvencesi,
- İş sağlığı ve güvenliği,
- Çevre yönetimi,
- Risk yönetimidir.

Bu açıdan soğutma kulesi sistemlerinde mikrobiyolojik analizler ile etkin-doğru biyosit kullanımının paralel olarak yürütülmesi, patojen mikroorganizmalardan kaynaklanan salgınların önlenmesi ile kamu sağlığı açısından; sistemde maddi hasarların minimum düzeye indirilmesi ile ekonomik açıdan önemlidir [15]. Çevre bilincinin ve iş sağlığı-güvenliği kültürünün yaygınlaştırılmaya çalışıldığı ülkemizde de soğutma kulelerinin ileride çıkması muhtemel, kanun ve yönetmeliklere ve dünya çapında kabul gören standartlara uygun özelliklerde tasarlanması, kurulumu, işletilmesi ve koruyucu bakımının yapılmasında yarar vardır [16]. Bu bağlamda, mikrobiyolojik risklerin azaltılması için özet olarak:

1. Soğutma kulesinin insanların yaşadığı alanlardan en az ne kadar uzakta inşa edilmesi gerektiğini kesin olarak söylemek mümkün değildir; ancak eğer mümkünse bu mesafe mutlaka dumanın yer

seviyesine veya yerleşim bölgelerine erişmesini önleyecek şekilde planlanmalıdır.

2. Duman oluşumu ve aerosollerin etrafa saçılması en aza indirilmelidir.
3. Sistem içinde durgun bölgeler bulunması önlenmeli ve su akışı yeterli düzeyde tutulmalıdır. Sirkülasyon pompasına zamanlayıcı kurularak durgun su oluşum riski engellenerek, su şartlandırmasında kullanılan biyosit gibi kimyasalların sistem içinde devamlı sirküle olmasıyla biyofilm oluşumu azaltılabilir.
4. Doğru su akışı ve hava hızının temini için yapı optimize edilmelidir.
5. Klasik olarak tamamlama suyu olarak şebeke suyu kullanılmaktadır. Fakat kullanma suyu dışındaki kaynakların tamamlama suyu olarak kullanımında artış vardır ve bu kaynakların amonyak, fosfatlar, nitratlar, kondüktivite, askıda katılar, toplam organik karbon, biyolojik ve kimyasal oksijen ihtiyacı ve mikroorganizma yükü değişkenlik göstermektedir. Amonyak bazı biyositlerin aktivitesini inhibe etme; fosfat ve nitratlar biyofilm oluşturma potansiyelini artırma; yüksek kloridler ve sülfatlar kondüktive değerinde artışa paralel olarak korozyon oranlarını artırma gibi dezavantajlara sahip olduğundan su şartlandırma programında tamamlama suyunun kalitesi de izlenmelidir. Kule tamamlama suyu biyolojik kontaminasyon, korozyon ve tortu birikimine yol açmayacak kalitede temiz ve mümkünse ön arıtmadan geçirilmiş olmalı; soğutma kulesi çalışma özelliklerine, kule malzemesine uygun olmalıdır. Kule suyu toplam çözünmüş madde (TÇM) düzeyinin, tamamlama suyu TÇM değerinin 2,5 katını aşmaması sağlanmalıdır.
6. Su şartlandırma programının periyodik olarak yürütülmesi ve yapılan tüm işlemlerin kaydının tutulması sağlanmalıdır. Biyosit ve korozyon inhibitörü gibi kimyasallar kullanılması durumunda sistemde uygun noktada konumlanmış otomatik dozaj pompası kullanılmalı, sistem pH aralığının kullanılan kimyasallara uygun olması sağlanmalıdır. Aktif biyosit dozu ve pH düzenli aralıklarla ölçülmeli, korozyon kuponları veya on-line korozyon takip cihazı ile korozyon kontrolünün etkinliği izlenmelidir.

**Makale**

7. Biyosidal Ürünler Yönetmeliği, Avrupa Birliği 98/8/EC sayılı direktifine uygun şekilde ruhsatlandırılmış ve tescil edilmiş biyositler kullanılmaktadır. Hedef mikroorganizmaya karşı etkinliği test edilmiş ve onaylanmış, uygulama koşullarında sahada aktivitesini yitirmediği laboratuvar testleri ile doğrulanmış ürünler kullanılması gereklidir. Bu amaçla da düzenli aralıklarla kule suyu ve tamamlama suyu Tablo 1’ de belirtilen kritik risk faktörleri açısından bağımsız yetkili laboratuvarlara test ettirilmeli ve sonuçların kaydı tutulmalıdır. Örnekleme, tamamlama suyu veya biyositin sisteme giriş yaptığı nokta olan sistem çıkışından olmamalıdır. Örnekleme noktaları sistemin mikrobiyolojik ve kimyasal durumunu doğru şekilde belirlemek için, ideal olarak tercihen kuleye dönüş hattından veya kimyasal dozlama noktalarının karşısından seçilmelidir. Birden fazla kule olması durumunda her kuleden etiketlenerek örnek alınmalıdır.
  8. Biyosit direncini önlemek için, farklı biyositler periyodik olarak uygulanmalıdır.
  9. Kireç ve tortu birikiminin çok fazla olabildiği kule içi dolgu materyallerinin asit banyosu ile temizliği ülkemizde birkaç firma tarafından yapılsa da yaygın kabul görmüş standartlarda yer almadığından bu uygulama tercih edilmemelidir.
  10. “Biyosidal Ürünler Yönetmeliği”ne göre, biyosidal ürünlerin doğru bir şekilde kullanılması ve bu ürünlerin insanları, hayvanları ya da çevreyi tehdit etmesi gibi muhtemel durumlara karşı her türlü tedbirin alınması zorunludur. Bu nedenle, soğutma suyunun ön arıtımından veya soğutma kuleleri havzasından geriye kalan çamurlar atık olarak kabul edilmeli, mekanik özelliklere ve kimyasal bileşimlerine bağlı olarak farklı şekillerde arıtılıp imha edilmelidir. Özellikle, klor gibi okside edici biyositlerle şok dozlama sonrası, kule suyunun deşarj öncesinde toksik maddelerden temizlenmesi ve/veya nötrallenmesi sağlanmalıdır.
- Kaynaklar:**
1. Şanlı-Yürüdü, N. Ö., “Soğutma Kulesi Su Sisteminde Biyofilm Tabakasına Karşı Biyosit Etkinliğinin İncelenmesi”, İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 2009.
  2. ASHRAE Guideline 12-2000, Minimizing the Risk of Legionellosis Associated With Building Water Systems.
  3. Nhu Nguyen, T. M., Ilef, D., Jarraud, S., Rouil, L., Campese, C., Che, D., Haeghebaert, S., Ganiayre, F., Marcel, F., Etienne, Desenclos, J-C. “A Community-Wide Outbreak of Legionnaires Disease Linked to Industrial Cooling Towers - How Far Can Contaminated Aerosols Spread?” The Journal of Infectious Diseases, 193 (1), 102-111, 2006.
  4. Şanlı, N. Ö., “Legionella Pneumophila Üzerine Bazı Biyositlerin Etkisi”, İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2004.
  5. Whiley, H., Keegan, A., Fallowfield, H., Ross, K., “Uncertainties Associated With Assessing the Public Health Risk From Legionella, Frontiers in Microbiology”, 5, 501, 2014.
  6. European Centre for Disease Prevention and Control., Outbreak of Legionnaires’ disease in the Lisbon area, Portugal. 13 November 2014. Stockholm: ECDC; 2014.
  7. Kusnetsov, J., Neuvonen, L-K., Korpio, T., Uldum, S. A., Mentula, S., Putus, T., Nhu Nguyen, T. M., Martimo, K-P., “Two Legionnaires' disease cases associated with industrial waste water treatment plants: a case report”, BMC Infectious Diseases, 10, 343, 2010.
  8. Allestam G., de Jong, B., Långmark, J., (eds.) Cianciotto, N. P., Abu Kwaik, Y., Edelstein, P. H., Fields, B. S., Geary, D. F., Harrison, T. G., Joseph, C. A., Ratcliff, R. M., Stout, J. E., Swanson, M. S., “Biological Treatment of Industrial Wastewater: a Possible Source of Legionella Infection. In Legionella State of Art 30 Years after Its Recognition”, ASM Press; Washington (DC), 2006, 493-496.
  9. Ambrose, J., Hampton, L. M., Fleming-Dutra, K. E., Marten, C., McClusky, C., Perry, C., Clemmons, N. A., McCormic, Z., Peik, S., Mancuso, J., Brown, E., Kozak, N., Travis, T., Lucas, C., Fields, B., Hicks, L., Cersovsky, S. B., “Large Outbreak of Legionnaires' Disease and

- Pontiac Fever at a Military Base, *Epidemiology and Infection*”, 142, 2336-2346, 2014.
10. Fields, B. S., Benson, R. F., Besser, R. E., “Legionella and Legionnaires” Disease, 25 Years of Investigation, *Clinical Microbiology Reviews*, 15(3), 506-526, 2002.
  11. <http://www.health.nsw.gov.au/phact/Publications/is5-legionella-control-turkish.pdf>
  12. Doğruöz-Güngör, N., “Endüstriyel Sistemlerde Mikrobiyolojik Korozyon ve Önlenmesi, Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi”, 3(1), 26-38, 2014.
  13. TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü, Endüstriyel Soğutma Sistemleri Alanında Mevcut En İyi Tekniklerin Uygulanmasına İlişkin Kaynak Belge, 2001, <http://www.cyg.gov.tr/CYGM/Files/Guncelbelgeler/HYD/End%C3%BCstriyel%20so%C4%9Futma%20sistemleri->
  14. Workplace Health and Safety Queensland., Guide to Legionella Control In Cooling Water Systems, Including Cooling Towers, (ed.) Department of Justice and Attorney General (Brisbane, QLD: Queensland Government, 2013.
  15. Sanli Yürüdü, N. O., “A Short Methodology Review: For The Evaluation of Biocides Against Biofilms in Recirculating Water Systems”, (Ed) Méndez-Vilas A., in: *Microbial pathogens and Strategies For Combating Them: Science, Technology and Education*, Formatex Research Center, Badajoz, Spain, 3-10-, 2013.
  16. Güven, H. R., Alnıpak, B., Isa K., “Soğutma Kuleleri Tasarımında Etkin Olan Dış Ortam Koşulları ve Diğer Faktörler”, TMMOB Makina Mühendisleri Odası 1. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 15-17 Nisan 1993, İzmir.