



# TTMD

TÜRK TESİSAT MÜHENDİSLERİ DERNEĞİ DERGİSİ

Temel Bilgiler, Tasarım ve Uygulama Eki

Sayı : 12

## TTMD

Adına Sahibi  
Hüseyin Erdem

Yazı İşleri Müdürü  
Abdullah Bilgin

Genel Yayın Yönetmeni  
Prof. Dr. T. Hikmet Karakoç

## Yayın Kurulu

Gürkan Arı  
İ. Zeki Aksu  
Abdullah Bilgin  
Aytekin Çakır  
Dr. İbrahim Çakmanus  
Erbay Çerçioğlu  
Ali Rıza Dağlıoğlu  
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Günerhan  
Orhan Gürson  
Halim İman  
Prof. Dr. T. Hikmet Karakoç  
Selami Orhan  
Fevzi Özel  
E. Aybars Özer  
Seden Çakıroğlu Özteker  
Tayfun Sümbül  
İsmet (Ünlü) Taner  
Halil Bora Türkmen

Dergi Yayın Sorumlusu  
Gülten Acar

Dergi Yayın Asistanı  
İlknur Altınbaş

## İletişim

Bestekar Sk. Çimen Apt.  
No: 15/2 06680 Kavaklıdere-Ankara  
Tel: 0.312. 419 45 71 - 419 45 72  
Faks: 0.312. 419 58 51  
web: <http://www.ttmd.org.tr>  
e-mail: [ttmd@ttmd.org.tr](mailto:ttmd@ttmd.org.tr)

## TTMD Yönetim Kurulu

Hüseyin Erdem (Başkan)  
Abdullah Bilgin (Başkan Yrd.)  
Hırant Kalataş (Başkan Yrd.)  
Prof. Dr. Abdurrahman Kılıç (Başkan Yrd.)  
Dr. İbrahim Çakmanus (Genel Sekreter)  
Orhan Murat Gürson (Muhasip Üye)  
İ. Zeki Aksu (Üye)  
Levent Alatlı (Üye)  
Gürkan Arı (Üye)  
Handan Özgen (Üye)  
S.Seden Çakıroğlu Özteker (Üye)  
Tufan Tunç (Üye)  
Cafer Ünlü (Üye)

35. Sayının Ekidir

## Su Arıtma ve Şartlandırma (İşleme) Teknikleri

*Tuba Küçük, Çevre Mühendisi*

### 1. Giriş

Mekanik tesisat sistemlerinde su, ana akışkanlardan birisidir. Çünkü ısı transferi akışkanı olarak hava ile birlikte kullanılırken, aynı zamanda, sıhhi tesisatta ve içme suyu olarak kullanılmaktadır. Suyun kullanım amacına uygun özelliklerde olması çok önemlidir. Uygun olmayan su kullanımı sağlık sorunlarına ve önemli boyutta maddi kayıplara sebep olabilmektedir. Bu nedenle su, kullanım amacına uygun kimyasal ve fiziksel özelliklere getirilmelidir. Örneğin, ısıtma, soğutma ve klima sistemlerinde kullanılan su korozyon, taşlaşma, yosunlanma, legionella hastalığı, tortu ve pislik oluşumu gibi istenmeyen durumlara sebep olabilmektedir. Kullanım ve içme suyu sistemlerinde ise suyun içindeki bazı maddeler sağlık sorunlarına (mikroplar, bakteriler, tortular vb.) tat ve koku bozukluklarına yol açmaktadır. Bütün bu olumsuz durumların önlenmesi için öncelikle suyun sahip olması gereken özelliklerin bilinmesi gerekmektedir. Daha sonra ise eldeki suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin öğrenilmesi gerekir. Eğer suyun özellikleri amaca uygun değilse ekonomi de göz ardı edilmeden amaca uygun arıtma ve tasfiye (işleme) yapılmalıdır. Bu çalışmada mekanik tesisat sistemlerinde sudan kaynaklanabilecek problemler ve bunların önlenmesi özetlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada tümü ile kaynaklar bölümünde verilen yayınlardan derlenmiştir.

### 2. Suyun Karakteristikleri

Atmosferdeki karbondioksit ve oksijen, yağmur suyu ile bir çözelti haline gelir. Karbon dioksit suyla karışarak karbonik asit ( $H_2CO_3$ ) oluşturur. Karbonik asit, kireç taşı ( $CaCO_3$ ) içeren toprağa geçtiğinde, kalsiyum karbonat çözeltisi ortaya çıkar. Isıtmada kullanılan sudaki kalsiyum karbonat sonunda enerji maliyetlerini, ekipman duruş zamanını ve bakım zamanlarını artıran ve nihayet ekipmanın değiştirilmesine neden olan kireç taşı haline gelebilir.

Aşağıda HVAC uygulamalarında kullanılan suyun tipik kimyasal ve fiziksel karakteristikleri verilmektedir.

Alkalilik güçlü asitleri nötr hale getirebilme yeteneğinin bir ölçüsüdür. Doğal sularda, bir miktar karbonat da bulunabilir de, alkalilik hemen her zaman bikarbonat içerir. Eğer varsa, borat, hidroksil, fosfat ve diğer bileşenler, tasfiye edilen suyun alkalilik ölçümlerinde dikkate alınır. Alkalilik aynı zamanda, taş oluşumuna da yardım eder. Alkalilik iki uç-nokta göstergesi ile ölçülür. Fenolfitalein alkaliliği (P alkaliliği), güçlü alkalileri ölçerken, Metil oranj alkaliliği (M Alkaliliği) ya da toplam alkalilik sudaki toplam alkaliliği ölçer. Toplam alkaliliğin fenolfitalein alkaliliğini de içerdiğine dikkat

**ÜNTES ISITMA KLİMA SOĞUTMA SAN. VE TİC. A.Ş.'NİN  
KATKILARIYLA YAYINLANMAKTADIR**

edilmelidir. İçerisindeki fosfat, borat ve diğer karbonat dışı alkali madde oluşumunun küçük düzeylerde olduğu doğal suların çoğunda; bulunan gerçek kimyasal madde örnekleri iki alkalilik testiyle belirlenebilir (Tablo 1).

Alkalilik ya da asitlik çoğu zaman pH değeri ile karıştırılır. Oysa pH'ın hidrojen iyonu konsantrasyonu olduğu ve tersinin logaritması olarak ifade edildiği hatırlanırsa böyle bir karıştırmanın önüne geçilebilir.

Kloritler, taş yapma üzerinde etkili değilse de, iletkenlikleri ve küçük miktarlardaki klorit iyonlarının film tabakasının gözenekli olması durumunda korozyon akımlarının sürekli geçişini sağlaması nedeniyle korozyona katkıda bulunur. Sudaki klorit miktarı evaporatif sistemlerde yararlı bir ölçme aracıdır. Sudaki bütün diğer bileşenler; su tasafiye kimyasallarının eklenmesi ya da normal çalışma sırasında ortaya çıkan kimyasal değişimler nedeniyle artar ya da azalır. Birkaç istisna dışında, klorit konsantrasyonunu sadece buharlaşma etkiler ve çalışan bir sistemden alınan sudaki kloritlerin şebeke suyundaki kloritlere oranı buharlaşan su miktarının bir ölçüsü olur. (Not: Sistemin sürekli klorlandığı durumlarda klorit düzeyleri artar).

Çözelti katıları, suyla çözelti oluşturmak üzere birleşen tuz ve diğer maddeleri içerir. Bunlar korozyon ve taş oluşumunu etkileyebilirler.

Eğer	Karbonat	Bikarbonat	Serbest CO <sub>2</sub>
P Alk=0	0	M Alk	Var
P Alk<0.5 M Alk	2P Alk	M Alk-2P Alk	0
P Alk=0.5 M Alk	2P Alk=M Alk	0	0
P Alk >0.5 M Alk <sup>b</sup>	2(M Alk-P Alk)	0	0

<sup>a</sup> P Alk = Fenolfitalein alkaliliği. M Alk = Metil oranj (toplam) alkaliliği.

<sup>b</sup> Sadece işlem gören sular. Hidroksit de bulunur.

**Tablo 1.** Sular<sup>a</sup> için alkalilik yorumları

Düşük miktarda katı madde içeren sular, koruyucu taş yapma eğiliminin azalması nedeniyle korozyiftirler. Eğer yüksek miktarda katı madde içeren su taş yapmıyorsa, yüksek iletkenliği nedeniyle daha yoğun bir korozyona sebep olurlar. Çözünmüş katılar genellikle toplam çözünmüş katılar (TDS) olarak adlandırılır. İletkenlik ya da özgül kondüktans, suyun elektrik akımını geçirebilme yeteneğini ölçer. Toplam çözünmüş katılar arttıkça iletkenlik de artar. Özgül kondüktans toplam çözünmüş katı miktarını ölçmekte kullanılır.

Silika, eğer konsantrasyonun artmasına izin verilirse giderilmesi çok güç bileşikler yapar. Buna karşılık silika birikimi diğer birikimlerden daha az ortaya çıkar.

Çözünür demir, su sistemlerindeki korozyondan ya da şebeke suyundaki demirden kaynaklanır. Demir fosfat ya da demirhidroksit gibi ısıtma sistemlerinde yalıtıcı işlev gören birikimler bırakır. (Eğer fosfat temelli su tasafiye kimyasalları kullanılırsa ya da şebeke suyunda fosfat bulunuyorsa).

Sülfatlar, yüksek kalsiyum içeren sulara taş bağlamaya katkıda bulunabilirler. Buna karşılık kalsiyum sulfat taşı, kalsiyum karbonat taşına oranla çok daha yüksek konsantrasyonlarda ortaya çıkar. Yüksek sülfatlar ayrıca yüksek iletkenlikleri nedeniyle korozyona da katkıda bulunurlar.

Asılı halde katılar, suda hem organik hem de inorganik maddeler içerir (özellikle yüzeysel suların alınmış saflaştırılmamış ya da açık ekipmanda sirküle eden sulara) yüzey sularından yapılan beslemede organik maddeler koloidal olabilir. Doğal olarak ortaya çıkan lignin ve tanin gibi bileşikler çoğunlukla koloidal yapıdadır. Durulmuş asılı haldeki her türden madde parçacıkları, yüksek hızlarda konsantrasyon hücre korozyonuna sebep olur.

Bulanıklık, suda açıklık ve parlaklık bulunmamasını ifade eder. Bu özellik renkle karıştırılmamalıdır. Bulanıklık çok ince durumdaki asılı maddelerden kaynaklanır. Çamur, mil,

organik madde, mikroskobik organizmalar bulanıklığa neden olurlar. Asılı madde ve bulanıklık birbiri ile ilişkili kavramlar olsalar da, eşanlımlı değildirlir. Asılı maddeler, suda bulunan ve filtrasyon yoluyla tutulabilen maddelerdir. HVAC sistemlerinde kullanılan suyun bulanıklığı olanak oranında düşük olmalıdır. Bu, özellikle kazan besleme suyu için doğrudur. Kazanlarda bulanıklığa neden olan parçacıklar birikerek çamur ya da curuf biçimindeki oluşumlara neden olurlar. Bu oluşum kazan suyu boşaltma (blöf) sayısını artırır, tıkanmaya, aşırı ısınmaya, iç yüzeylerin kaplanmasına ve köpüklenmeye neden olabilir.

### Biyolojik Karakteristikler

Su sistemlerinde bakteri, yosun ve mantar bulunabilir ve bunların gelişmesi işletme, bakım ve sağlık sorunlarına neden olabilir. Mikro organizmaların gelişimi sıcaklık, besin kaynakları ve suyun varlığından etkilenir. Sıcaklığı 65°C'nin altında bulunan su sistemlerinde biyolojik gelişme görülebilir. Biyolojik maddelerin neden olduğu sorunlar, soğutma kulelelerindeki yeşil yosun üremesinden, ıssız ve karanlık alanlarda bakterilerden kaynaklanan leke oluşmasına kadar değişik şekilde gerçekleşir. Sonuçta, akışın gerekli olduğu ekipmanların tıkanması söz konusu olabilir. Cansız yosun genellikle kokusundan ve çamursu birikiminden belli olur. Bu sorunlar mekanik ve kimyasal işlemlerle ortadan kaldırılabılır ya da azaltılabilir.

### 3. Su Arıtma

İçme suyu ve kullanma suyu değerlerine ulaşabilmek için bir veya birden fazla arıtma çeşitlerinden oluşan uygulamalar yapılmaktadır. Bu arıtma şekilleri şöyle özetlenebilir.

- Filtrasyon
- Su Yumuşatma
- Dezeneksiyon
- Deminerilizasyon
- Dealkalizasyon
- Demir - Mangan giderme
- Membran teknolojisi

Su; yukarıdaki arıtma yöntemlerinden birinden veya birkaçından sonra kullanılmalıdır.

### Filtrasyon (Süzme)

İçme suyu tasfiyesinde en eski ve en çok kullanılan tasfiye usullerinden birisi filtrasyon (süzme)'dur. Amaç, suda asılı bulunan küçük tanecikleri sudan uzaklaştırmak bulanıklığı gidermek, organik maddelerin okside

olmasını sağlamak ve nispeten mikro-organizmaları sudan uzaklaştırmaktır.

Filtrasyon işlemi su tasfiyesinde yalnız başına veya bir başka tasfiye işlemiyle birlikte kullanılabilir. (Örneğin; yer altı suyundan su temininde demir ve mangan gidermek için hızlı filtreler, havalandırmayı müteakip çok yaygın kullanılır.)

#### **Filtrasyon Mekanizması**

Süzme işlemi sırasında kirliliklerin giderilmesi için birbirinden farklı aşağıdaki hadiseler tesirli olmaktadır.

- Mekanik süzme
- Çökeltme
- Adsorpsiyon
- Kimyasal reaksiyon
- Biyolojik faaliyet

Mekanik Süzme; Kullanılmış surları filtre yatağından geçerken bazı kirleticilerin filtre malzemesi tarafından tutunması işlemidir. Süspansiyon halindeki katıların boyutları yatak malzemesi gözeneklerinden büyük olduğundan burada tutulurlar.

Çökeltme: Filtrede filtre yatağının üzerinde bir durgun su sütunu bulunmaktadır. Burada normal çökeltme işlemi olduğu gibi sızı tanecikler filtre yatağının üzerine çöker. Çökeltme havuzlarında, çökelen maddeler tabanda birikirler.

Adsorpsiyon; Kolloidlerin ve küçük asılı taneciklerin sudan uzaklaştırılmasında en mühim işlemlerden birisidir. Adsorpsiyon kuvvetleri, en fazla 0.01 - 1 mm gibi çok kısa mesafeler için tesirli olmaktadır.

Kimyasal Reaksiyon; Filtrasyon işlemi sırasında bazı reaksiyonlar ceryan eder. Böylece çözünmüş haldeki kirletici maddeler ayrışır, daha az zararlı maddeler haline dönüşür veya çözünmeyen maddelere dönüşerek çökeltme ve adsorpsiyon ile sudan uzaklaşır.

Biyolojik Faaliyetler; Filtre yatağından ve yatak yüzeyinde yaşayan mikroorganizmalar biyolojik faaliyet gösterirler. Suda bulunan besin maddelerinin bir kısmı, bu mikro organizmaların yaşamları için gerekli olan enerjiyi temin için (dissimilasyon), bir kısmı ise kendilerinin büyümeleri için (assimilasyon) harcanır. Bu mikroorganizmaların bir

kısmı süzme, çökeltme ve adsorpsiyon ile kum taneciklerin yüzeyinde tutulur.

#### **Yumuşatma (Sertlik Giderme)**

Sertlik esas itibariyle sudaki kalsiyum ve magnezyum iyonlarından ile gelmektedir. Demir, mangan, çinko, kurşun gibi iki değerlikli metal iyonları da suya sertlik verirler. Ancak bunlar suda önemli miktarlarda bulunmazlar.

Sertlik giderme yöntemleri

- Kireç soda yöntemi
- Sodyum hidroksit ile muamele
- Sodyum fosfat ile yumuşatma
- İyon değiştirme ile sertlik giderme

Şeklinde sıralanabilir.

#### **Dezenfeksiyon**

Bir suyun ihtiva ettiği sağlığa zararlı mikro organizmaların sudan giderilmesi işlemine “suyun dezenfeksiyonu” denilmektedir. Dezenfeksiyon ile sterilizasyon terimleri birbiriyle karıştırılmamalıdır. Sterilizasyon, dezenfeksiyondan daha ileri kademe olup, sporlar dahil sudaki bütün canlıların öldürülmesi işlemidir.

Suların dezenfeksiyonu şekilde yapılabilir:

- Kaynatma ve benzeri fiziki işlemler
- Ultraviyole ışınlarıyla dezenfeksiyon
- Bakır ve gümüş gibi metal iyonlarıyla
- Halojenler (Klor, brom, iyot), ozon, potasyum permanganat gibi oksidantlar ile dezenfeksiyon.

Dezenfektanın cinsi ve dozu, lüzulu temas süresi, suyun sıcaklığı ve kimyevi özellikleri giderilecek mikroorganizmaların cins ve özellikleri dikkat edilmesi gereken hususlar arasında önemli yer almaktadır.

#### **Demineralizasyon**

Demineralizasyon, su içinde bulunan tüm iyonla giderilmesi işlemidir. Su içinde (+) değerlikli iyonlar katyon değiştirici tankı ile (-) değerlikli iyonlar ise anyon değiştirici tankı ile tutulur. Katyon ve anyon değiştiricilerden iyon değiştirme reçineleri kullanılır. Deiyonizasyon sisteminde çok yüksek kalitede su eldesi sağlanır.

#### **Dealkalizasyon**

Dealkalizasyon üniteleri, alkalinite ve sertlik giderimi amacıyla kurulmaktadır. True-life

dealkalizasyon üniteleri, zayıf asidik katyonik reçine, degazör, nötralizasyon ve yumuşatma ünitelerinden oluşur. Bu üniteler ile, sudaki +2 ve +1 değerlikli katyonlar alınır.

#### **Demir ve Mangan Giderimi**

İçme ve kullanma sularındaki demir ve manganezin giderilmesi, esas itibariyle ile çözünebilen şekillerinin muhtelif usullerle oksitlenerek çözünemeyen şekillere dönüştürülmesi ve çöktürülmesi suretiyle uzaklaştırılmasından ibarettir.

#### **Ters Osmoz**

Ters osmoz, yarı geçirgen membran kullanılarak sudan çözünmüş maddelerin arıtılması işlemidir. Ters osmoz, özellikle klasik arıtım sistemlerinin yetersiz kaldığı sularda (deniz suyu, iletkenliği yüksek kuyu sularında), suyun içindeki minerallerin %90,8 oranında giderimini sağlar. Su teknolojisindeki gelişme ile beraber ters osmoz cihazları evsel ve endüstriyel uygulamalarda yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır.

Ters osmoz çapraz akış filtrasyon prensibine göre çalışır. Bu sistemde yüksek basınç uygulanan su, membranlara doğru itilir. Membranlara doğru itilen ham suyun bir kısmı yüksek basıncı etkisiyle yarı geçirgen membranın karşı tarafında kalan konsantrasyon su membran yüzeyini süpürerek drenaja atılır.

#### **4. Korozyon Kontrolü**

Korozyon bir metal ya da alaşımın, çevresiyle kimyasal ya da elektrokimyasal etkileşimi yoluyla yıpranmasıdır. Bir çok durumda, tepkime bir elektrik aküsüne çok benzeyen, elektro kimyasal bir doğaya sahiptir. Korozyonun ortaya çıkması için, bir anot, bir katot, bir elektrolit ve elektriksel bağlantıya sahip bir korozyon hücresine gerek vardır. Anottaki metal iyonları elektrolit (su) içerisinde çözünürken arkalarında elektrik yüklü parçacıklar (elektronlar) bırakır. Bu elektronlar malzeme arasından, elektron kullanan tepkimelerin olduğu yerdeki diğer noktalara (katot) doğru akar. Bu etkinliğin sonucunda metal kaybı ve çoğu zaman bir birikinti oluşumudur.

#### **Korozyon Türleri**

Korozyon çoğu zaman genel korozyon, yerel korozyon ya da beneklenme, galvanik, kostik çatlama, korozyon yorulması, aşınma korozyon

yonu ve mikrobiyolojik korozyon olarak karakterize edilir.

Genel korozyon, metal yüzey üzerinde üniform biçimde dağılmış durumdadır. Genel korozyon tarafından üretilen önemli miktardaki demir oksit, kirlenmeye katkıda bulunur.

Yerel korozyon ya da beneklenme, sadece küçük bir kısım metal yüzeyin korozyonu ile ortaya çıkar. Beneklenme küçük bir malzeme alanı üzerinde yoğunlaştığından en ciddi korozyon biçimidir. Bu tür korozyon kısa sürede malzemede delinmelere neden olabilir.

Galvanik korozyon, farklı iki metalin temas etmesi durumunda ortaya çıkar. Daha az aktif olan metal hızla korozyona uğrar. Su sitemlerindeki galvanik korozyona örnek olarak çelik pirinç, alüminyum çelik, çinko çelik ve çinko pirinç verilebilir. Galvanik korozyonda önce isimlendirilen metal korozyona uğrar.

Korozyon yorulması, iki mekanizmadan biri yoluyla ortaya çıkar. Birinci mekanizmada çevrimsel gerilmeler (örneğin hızlı ısınma ve soğuma yoluyla yaratılan gerilmeler) korozyon nedeniyle incelmış ya da oyulmuş yerlerde yoğunlaşır. İkinci mekanizmada, metal yüzeylerin yoğun bir koruyucu oksit filmi ile kaplandığı yerlerde başlayan çatlaklar, çevrimsel gerilmelerin etkisi ile ilerler.

Kostik çatlama, metal gerilme altında ise, suda önemli bir miktar kostik içerik varsa, bir miktar silika bulunursa ve konsantrasyon mekanizması oluşuyorsa ortaya çıkar.

Gerilme korozyon çatlama, alaşımların yüksek düzeyde karakteristik korozif ortamlara ve gerilmelere maruz kaldığı yerlerde ortaya çıkar. Gerilme, uygulanmış ya da içgerilme (prosesten) veya bunların bileşimi biçiminde olabilir. Bu tür bir çatlak oluşumu genellikle tanecikler arası niteliktedir.

Aşındırıcı korozyon, malzeme üzerindeki koruyucu oksit tabakasını aşındıran akış ya da darbelerden kaynaklanır. Bu tür bir korozyon genellikle değişken akış örnekleri ya da tasarımın üzerindeki akış miktarlarında ortaya çıkar.

Mikrobiyolojik etkili korozyon, metal yüzeylerdeki bakteriler korozif asit içerdiği ortamda ortaya çıkar. Çoğu zaman bakteriler kendilerini biyosidlerden korumak üzere kir ve çamurla karışık durumdadır.

### **Korozyona Katkıda Bulunan Faktörler**

**Nem:** Korozyon kuru ortamda ortaya çıkmaz. Buna karşılık bir ortamda buhar olarak bir miktar nem bulunmaktadır. Saf oksijen durumunda % 99 bağıl nemde (BN) hemen hiçbir korozyon ortaya çıkmazken, sülfür dioksit ya da kömür parçacıkları gibi kirlenmelerin bulunması durumunda % 50 bağıl nemde (BN) ve üzerinde korozyon ilerleyebilir. Metal ıslak kaldığı sürece, demir ya da alaşımları gibi açıktaki metallerde korozyon tepkimeleri gelişebilir. Bir çok alaşım, korozyon ürünü koruyucu filmler ya da oksit kaplamalar geliştirir ve böylece nemden etkilenmez.

**Oksijen:** Tuzun sudaki çözeltilerinden oluşan elektrolitlerde, çözülmüş halde oksijen bulunması, katot bölgesinde üretilen hidrojenle tepkimeye girerek katodik alanı de-polarize edip demir temelli malzemelerin korozyonunu hızlandırır. Kazanlar ve su ısıtıcıları gibi bir çok sistemde, korozyon potansiyelini azaltmak için çözülmüş haldeki oksijenin ve diğer gazların önemli bir kısmı havalandırma yoluyla atılır.

Çözeltideki maddeler: Demir ve çelik gibi demir malzemelerde, alkalinin korozyon miktarını azaltmasına karşılık, mineral asitleri korozyonu hızlandırır. Korozyonu yavaşlatan katodik polarizasyon olasılığı, hidrojen iyonlarının artmasıyla (örneğin ortamın asitliği) azalır. Çözeltinin bağıl asitlik ya da alkaliliği pH ile belirlenir. Nötral bir çözeltinin pH derecesi 7'dir. Bir çok tuz çözeltisinin korozyon yapabilirliği pH derecesine bağlıdır. Demir sistemleri için alkali çözeltiler daha az korozif olduklarından, kapalı su sistemlerinde pH derecesini 9 ve daha yukarı çıkartmak için alkali ya da alkali tuzu ekleyerek korozyonu en aza indirmek olanaklıdır.

**Diferansiyel madde konsantrasyonu:** Korozyon tepkimesinin ilerlemesi için, anot ve katot alanları arasında bir potansiyel farkının bulunması gerekir. Bu potansiyel farkı, bir metal

yüzeyinin farklı yerlerinde bu çevrelerdeki madde konsantrasyonundaki farklılık nedeniyle oluşturulabilir. Bu türdeki korozyona konsantrasyon hücre korozyonu adı verilir. Bu hücreler metal iyonları ya da oksijen konsantrasyon hücreleri olabilir.

Metal iyon hücrelerinde, yüksek konsantrasyondaki çözülmüş metal iyonları ile temasta olan metal yüzeyi katot alanı olurken, düşük konsantrasyonla temasta olan metal yüzeyi anot alanı haline gelir. Söz konusu metal iyonları çevrenin bir bileşeni olabilir ya da korozyona uğrayan yüzeyin kendisinden gelebilir.

Oksijen konsantrasyon hücrelerinde, yüksek oksijen konsantrasyonuna sahip çevreyle temasta olan yüzey alanı, katodik bölge olurken, düşük oksijen konsantrasyonuna sahip çevreyle temasta olan bölge anodik bölge olur. Metal yüzeydeki oyuklar ya da yabancı birikintiler korozyona katkıda bulunan koşulları yaratabilir. Korozyonun ilerlediği anodik bölge, oyuk ya da birikintinin altıdır. Bunların konsantrasyon hücre korozyonuna ait belirtiler olmasına rağmen, oyuk korozyonu ya da birikinti korozyonu bazen farklı bir korozyon türü olarak ifade edilir.

### **Galvanik ya da Farklı - Metal Korozyonu.**

Korozyonu hızlandırabilecek diğer bir faktör de, bir çift oluşturan ve bir elektrolit içerisine daldırılan farklı malzemelerdeki farklı potansiyeldir. Bu tür farklı metallerden kaynaklanan korozyonun ciddiyetini etkileyen faktörler aşağıdaki gibidir:

- Galvanik çiftlerin belirli bir standart elektroda göre konum (potansiyel) farklılığı. Fark arttıkça tepkime kuvveti artar. Akış halinde ve havalandırılmış durumdaki bir deniz suyu ortamında bulunan metal çiftleri Tablo 2'de gösterilmiştir.
- Anot ve katod alanları arasındaki alan-büyüklüğü ilişkileri: Elektrik akımı miktarı ve böylece, toplam metal kaybı devrelerin potansiyel farkı ve dirençleri ile belirlendiğinden, küçük bir anot alanı çok daha hızlı korozyona uğrar ve nüfuziyet geniş bir anot alanından daha kolaydır.
- Anot ve katod alanlarının kutupsallığı: Polarizasyon potansiyel farkını ve böylece anodun aşınma miktarını azaltır.

## Korozyona Uğrayan Uç

Magnezyum Alaşımları

Çinko

Berilyum

Kadmiyum

Mild-Çelik, kır-dökme demir

Dökme demir, kristal ya da duktil

Nikel-Direnç, Tip 1 ve 2

Deniz pirinci (CA464), sarı pirinç (CA268), Alüminyum pirinci (CA687), kızıl pirinç (CA230), admiralite pirinç (CA443), Mn bronz

Kalay

Bakır (CA102,110), Si, Bronz (CA655)

Lehimdeki kurşun

Kalay bronz (G ve M)

Paslanmaz çelik, % 12-14 Cr(AISI Tip 410,416)

Nikel gümüşü (CA 732,735,745,752,764,770,794)

90/10 Bakır-Nikel (CA706)

80/20 Bakır-Nikel (CA710)

Paslanmaz çelik,% 16-18 Cr (AISI Tip 430)

Kurşun

70/30 Bakır-Nikel (CA 715)

Nikel-Aliminyum Bronzu

Gümüş lehim alaşımları

Nikel 200

Gümüş

Paslanmaz çelik,% 18 Cr,% 8 Ni(AISI Tip 302,304,321,347)

Paslanmaz çelik,% 18 Cr,% 12 Ni-Mo(AISI Tip 316,317)

Titanyum

Grafit, grafitli demir döküm

**Tablo 2.** Akış Halindeki ve Havalandırılmış Deniz Suyunda, 4-72°C Arasında, Galvanik Metal Çiftleri

### Korunmuş uç (En Aktif)

Suyun mineral içeriği. Mineral içeriğinin artması iletkenliği ve bağlı olarak galvanik korozyonu artırır.

Gerilme: Metalik yapılarda gerilmeler, metal ve alaşımlarında korozyonun üniform dağılımı üzerinde önemli bir etkiye sahip değildir. Korozif ortama maruz kaldığında, bazı metaller ve alaşımlarında gerilme çatlama ortaya çıkabilir.

Çatlama: Metalin kullanılabilirliği üzerinde son derecede önemli sonuçlar üretebilir. Hemen bütün metaller ve alaşımlar en azından bir çevrede, gerilme çatlama kaynağından kaynaklanan korozyon potansiyeline sahiptir. Örnek olarak sıcak kostik, çözeltilerde bulunan çelik, amonyak içerisindeki yüksek çinko içerikli pirinçler ve sıcak kloritler içerisindeki paslanmaz çeliklerdir. Metallerin belirli ortamlardaki korozyona direnimleri konusundaki ayrıntılar üreticilerden elde edilebilir.

Sıcaklık: Kimyasal tepkime miktarlarındaki araştırmalara göre, sıcaklıktaki her 10 K'lik artış korozyon miktarını iki katına çıkarmaktadır. Buna karşılık, laboratuvar ortamı dışındaki korozyonlarda bunun geçerli olması zorunluluğu yoktur. Metal ve çevresel koşullar hakkında belirli bilgilere sahip olmaksızın, sıcaklığın korozyon üzerindeki etkisini önceden belirlemek oldukça zordur.

Sıcaklıktaki artış korozyon miktarını artırır fakat bir noktaya kadar. Sıcaklık arttıkça oksijen çözünürlüğü artar ve açık sistemlerde su sıcaklığı kaynama noktasına yaklaştığında sifira doğru gidebilir. Kritik sıcaklık düzeyinin ötesinde, korozyon miktarı oksijen çözünürlüğüne

düşükçe düşer. Buna karşılık oksijenin, ortamdan kaçamadığı kapalı sistemlerde, sıcaklığın artmasıyla korozyonun artışı devam edebilir.

Koruyucu bir oksit tabakası oluşturmaları çevredeki oksijene bağlı olan paslanmaz çelik gibi alaşımlarında, sıcaklık artışı nedeniyle oksijen içeriğindeki azalma, oksit film oluşumunu önleyerek korozyonu artırabilir. Sıcaklık, çevrede bir tuz çözeltisine neden olması ve bunun metal yüzeyde toplanarak taş oluşumunu önleyici bir tabaka oluşmasıyla korozyon oluşumunu etkileyebilir. Buna bir örnek, sert sulardaki kalsiyum karbonat taşıdır. Sıcaklık, ayrıca bazı sıcaklıklarda nispetek kararlı ve koruyucu iken diğer sıcaklıklarda kararlı ve koruyucu olmayan korozyon ürününü de etkileyebilir. Buna bir örnek olarak, damıtık sudaki çinko olup, 60-80°C arasında koruyucu olan korozyon ürünü, diğer sıcaklıklarda koruyucu değildir.

Basınç: Oksijen ve karbondioksit gibi gazların korozyon miktarını etkileyebileceği yerlerde, sistem üzerindeki basınç, bunların çözünürlüğünü artırarak korozyon miktarını artırabilmektedir. Benzer biçimde, sistemdeki bir vakum durumu çözünen gaz miktarını azalttığından korozyon miktarını da düşürür. Isıtılmış bir sistemde basınç, sıcaklıkla artabilir. Sistemdeki korozyonu, sadece basıncı kontrol ederek ayarlamak hem zor hem de pratik değildir.

Akış Hızı: Akış hızının korozyon miktarı üzerindeki etkisi aşağıdaki birkaç faktöre bağlıdır;

- Sudaki oksijen miktarı,
- Metal türü (demir ve çelikte korozyon olasılığı),
- Akış miktarı (debi).

Korozyonun fiziksel bir engelle korunduğu metal sistemlerde, yüksek akış hızı bu koruyucu engellerin sökülmesine ve dolaylı olarak korozyonun artmasına yardımcı olabilir. Türbülanslı ortamlar hem erozyon hem de korozyon yönünden eşitsiz bir dağılıma neden olabilmektedir. Bu korozyon türüne erozyon korozyonu adı verilmektedir. Bu tür, genellikle yüksek hızlı olduğu keskin dönüşlere sahip boru tesisatında bulunur. Bu tür kemirme olasılığı en yüksek malzemeler bakır ve daha yumuşak malzemelerdir.

### Önleyici ve Koruyucu Önlemler

Malzeme Seçimi: Herhangi bir ısıtma ya da air-conditioning ekipman parçası, normal ve

tipik çalışma koşulları altında korozyon-direnimli malzemelerden yapılabilir. Buna karşılık genellikle malzeme seçimine yön veren şey ekonomiklidir. Bir yapı malzemesi seçilirken aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

- Çalışılan çevrede, malzemenin korozyona direnci.
- Üremesi olası korozyon ürünleri ve bunların ekipman üzerindeki etkileri.
- Belirli bir malzemenin kullanımında etkili olan yapım kolaylığı.
- Korozyon potansiyelinde tasarım ve üretim sınırlamaları.
- Ekipmanın ömrü içerisinde yapım, işletme ve bakım ekonomileri (örneğin korozyona dayanımlı bir malzemenin kullanımı için ödenen fazla miktarlar, daha uzun çalışma ve bakım maliyetlerindeki azalma ile dengelenebilir).
- Farklı metallerin kullanılmasından oluşan oranında kaçınılmalıdır. Farklı metallerin kullanıldığında, yalıtım contaları ve/veya organik kaplamalar kullanılarak galvanik korozyon önlenmelidir.
- Sistemdeki malzemelerle uyumlu katkıların kullanılması gerekir.

**Koruyucu Kaplamalar:** Koruyucu kaplamaların seçiminde çalışma ortamı önemli bir role sahiptir. Bu çevreye uyumlu bir kaplama durumunda bile, malzeme korunması kaplamanın ana metale yapışma düzeyine bağlı olup, yapışma olayı da yüzeyin hazırlanması ve uygulama tekniği ile yakından ilişkilidir.

**Bakım:** Kaplama malzemesindeki hatalardan kaçınmak çok zordur. Bu hatalar kaplamanın hazırlanışı sırasında uygulama zayıflığından ya da kaplama yapıldıktan sonraki mekanik darbelerden kaynaklanır. Korozyona karşı korunmanın artırılması için bu hatalar onarılmalıdır.

**Konsantrasyon Çevrimi:** Bir miktar korozyon kontrolü konsantrasyon çevrimini optimalleştirerek elde edilebilir (buharlaştırma nedeniyle besleme suyundaki katı madde konsantrasyonu, sirküle eden sudaki miktarın artmasına neden olabilir). Genelde, taş yapma koşullarının düşürülmesi için, blöf edilen miktarın ve pH'ın ayarlanması (Taş Yapmanın Kontrolü kısmına bakınız) aşırı korozyon ile aşırı taş yapma arasında optimal bir koşul yaratacaktır.

**Kimyasal Yöntemler:** Kimyasal koruyucu film oluşturan kimyasal önleyiciler, korozyon mekanizmasına müdahale ederek korozyonun düşürülmesi ya da durdurulmasıyla sonuçlanır. Bu maddeler (inhibitör) genellikle ya anod ya da katodu etkiler.

### **Anodik Korozyon Önleyiciler**

Maolibat (Molybdate)  
Nitrit (Nitrite)  
Ortofosfat (Orthophosphate)  
Silikat (Silicate)

### **Katodik Korozyon Önleyicileri**

Bikarbonat (Bicarbonate)  
Polifosfat (Polyphosphate)  
Fosfonat (Phosphonate)  
Çinko (Zinc)  
Polisilikat (Polysilicate)

### **Genel**

Çözünebilir yağlar  
Azol (azole) ve karboksilat (carboxilate) gibi diğer organik maddeler

**Tablo 3.** *Tipik korozyon önleyiciler*

Anodik korozyon önleyiciler, anod üzerinde koruyucu bir film oluştururlar. Bu koruyucular etkili olmalarına karşılık, yetersiz anodik koruyucu bulunması durumunda tehlikeli olabilirler ve toplam anodik korozyon korunmamış bütün anodik yerlerde ortaya çıkacağından, yerel bir beneklenme (delikli) korozyon ortaya çıkabilir.

Katodik korozyon önleyiciler, katod üzerinde koruyucu bir film tabakası oluşturur. Bu koruyucular azaltılan katod alanıyla doğru orantılı olarak korozyonu önlerler.

Genel korozyon önleyiciler, katodik ya da anodik bütün yüzeyler üzerinde koruyucu bir film oluştururlar.

Tablo 3'de tipik korozyon önleyiciler sıralanmaktadır. Bir korozyon önleme programında en önemli faktörlerden birisi, hem korozyon önleyici kimyasalların hemde suyun anahtar özelliklerinin kontrol edilmesidir. Bu faktörlerin kontrol edilmediği hiç bir program doğru işlemez.

**Katodik korunma:** Metal çifti oluşturan farklı metallere daha yüksek potansiyele sahip bir metal (genellikle çinko bazen de magnezyum) çubuk daldırarak galvanik korozyonu azaltmak olanaklıdır. Bu durumda bu anod, her iki metal için de anodik karakterde olup bu katodaik yüzeylere elektron gönderir. Bu anodların doğru tasarım ve yerleşimi önemlidir. Doğru kullanıldıklarında, bakır boru içeren eşanjörlerin aynalarından çelik kaybını azaltırlar. Bu tür anodlar, bir çok su kulesi ve su sistemlerinde kimyasal programlara ek olarak kullanılmıştır. Harici akımla koruma da benzeri bir korozyon kontrol tekniği olup, zıt kutuplu ve daha güçlü bir akım uygulayarak korozyon akımlarının tersine çevrilmesi ilkesine dayanır. Anoda atıl (platin, grafit) ya da genişleyebilir (alüminyum, dökme demir) galvanik akımı tersine çeviren ve çeliği korozyona uğrayan anod'dan koruyucu katoda çeviren bir doğru akım uygulanır. Bu yöntem, örneğin yüksekteki su depolama tankları, çelik tanklar ve yumuşatıcılar gibi ekipmanı korunmasında oldukça etkilidir.

### **Galvanizli Çelik Soğutma Kulelerinde Beyaz Pas**

Beyaz pas, galvanizli yüzeyler üzerinde görülen bir çinko korozyonu ürünüdür. Yüzey üzerinde beyaz, mumsu ya da gevşek yapışmış çinko karbonatla karışık halde tüylü bir biçimde görülür. Gevşek kristal yapısı nedeniyle, korozyon yapıcı suyun çinkoya ulaşmasına olanak sağlar. Galvanize çeliğin, beyaz paslanmayla açık olarak belirginleşen olağan dışı hızlı korozyonu, belirli koşullarda galvanizli soğutma kulesini etkiler.

Soğutma kulesi suyunda kromatlar yasaklanmadan önce, genel su işleme sistemi korozyona karşı kromat ve taş yapmaya karşı da sülfirik asit içerirdi. Bu kontrol yöntemi genelde yüksek pH değerindeki korozyon önleyici içeren alkalilerle değiştirilmiştir. Alkali su kimyası, çelik

ve bakır üzerinde nispeten daha az korozif ise de beyaz pasın ortaya çıkması için elverişli bir ortam oluşturur. Aynı zamanda bazı taştan korunma programları, alkaliliği düşürmek için sülfirik asit eklemekten çok, sertliği gidermek üzere suyu yumuşatır. Sonuçta elde edilen yumuşak su galvanizli çelik için koroziftir.

**Korunma:** Beyaz pastan, temel çinko karbonat gözeneksiz tabakanın oluşması teşvik edilerek korunmak olanaklıdır. Bu engelleyici tabaka, pasifleştirme adı verilen bir işlem ile elde edilir

ve galvanizli çeliği uzun yıllar korur. Pasifleştirme soğutma kulesinin ilk çalıştırılması sırasında pH değeri kontrol edilerek en iyi şekilde sağlanır. Soğutma kulesi suyunun 45-60 gün süreyle pH değerinin 7 ile 8 arasında kontrol edilmesi galvanizli yüzeylerde pasifleşmenin ortaya çıkmasına olanak verir. pH kontrolüne ek olarak, 100-300 mg/kg CaCO<sub>3</sub> sertlik değeri ile 100-300 mg/kg alkalilik düzeylerinde su kullanarak pasifleştirme işlemi hızlandırılabilir. pH kontrolünün olanaksız olduğu yerlerde, belirli fosfat temelli kimyasallar galvanizli çeliğin korunmasına yardım edebilir. Özel formülasyonlar için bir su işleme şirketine danışılmalıdır.

### 5. Taş Yapmanın Kontrolü

Kireç taşı sudaki çözünüm bileşenlerinin birikmesi sonucu ortaya çıkan inorganik madde ağırlıklı yoğun bir kaplama biçimidir.

Bazı taş türleri aşağıdakilerdir:

- Kalsiyum karbonat
- Kalsiyum fosfat
- Magnezyum tuzları
- Silika

Bir suyun taş yapma yapmamasını aşağıdaki faktörler belirler:

- Sıcaklık
- Alkalilik ya da asitlik (pH)
- Bulunan taş yapıcı madde miktarı
- Taş yapıcı olabilen ya da olmayan diğer maddelerin etkisi

Bu faktörlerden herhangi birisi değiştiğinde, taş yapma eğilimi de değişir. Sıcaklık arttıkça tuzların çoğu daha çözünür hale gelirlerken, kalsiyum karbonat gibi bazı tuzlar daha az çözünür nitelik kazanırlar ve bu nedenle yüksek sıcaklıklarda daha fazla artık bırakırlar.

pH derecesinde ya da alkalilikteki bir değişme taş yapma olasılığını önemli ölçüde etkiler. Örneğin pH alkaliliği artarken, kalsiyum karbonatın soğutma sistemlerindeki en önemli taş yapıcı bileşen çözünürlüğü azalır yüzeylerde birikim yapar. Silika (SiO<sub>2</sub>) gibi bazı maddeler düşük alkalilikte daha az çözünürdürler. Suda taş yapan çözünmüş madde miktarı doyma noktasını aştığında, taş olumu ortaya çıkar. Ayrıca diğer çözünmüş maddeler de taş yapma eğilimini etkileyebilirler. Genel olarak yüksek miktardaki taş yapıcı çözünmüş katı madde miktarı, taş yapma bakımından daha büyük olasılık demektir. Langelier Doyma Endeksi (Langelier 1936) ve Ryzman Kararlılık Endeksi (Ryznar 1944) gibi endeksler sudaki kalsiyum karbonat taşı yapma eğilimini tahmin etmede yararlı araçlardır. Bu endeksler pH, alkalilik, kalsiyum sertliği, sıcaklık ve sudaki toplam çözünmüş katı madde miktarı kullanılarak hesaplanırlar ve suyun kalsiyum karbonatı çözündürme

ya da taş yapma eğilimlerinden hangisinde olduğunu gösterirler.

Taş yapmanın kontrol yöntemleri aşağıdakileridir:

- Konsantrasyon çevrimini kontrol ederek ya da mineralleri sisteme girmeden önce ortamdan uzaklaştırarak (bu bölümün sonundaki harici işlemler kısmına bakınız) taş yapan mineralleri kontrol etmek gerekir. Konsantrasyon çevrimi, besleme suyu miktarının blöf edilen ve çekilen su miktarlarına oranıdır. Konsantrasyon çevrimi, yüksek çözünme yeteneğinde olan sistemdeki klorit iyonu ile besleme suyundaki iyon miktarları oranlanarak gözlemlenir.
- Taş yapma şansını azaltmak üzere sistemde mekanik değişimler yapılır. Su debisinin artırılması ve geniş yüzeyli ısı eşanjörleri buna örneklerdir.
- Temel taş yapıcı maddeleri (örneğin kalsiyum karbonat) çözünmüş halde tutmak üzere asit beslemesi yapılır.
- Taş yapmayı önlemek üzere hazırlanmış kimyasal maddelerle işlenir. Kimyasal taş önleyiciler aşağıdaki mekanizmalarla çalışır.
  1. Başlamayı önleyici kimyasallar, taş yapıcı mineralleri çözeltide tutarak taş oluşturmalarına izin vermez. Bu kimyasallar arasında organik fosfatlar, polifosfatlar ve polimerik bileşikler sayılabilir.
  2. Taş koşullayıcılar, taşın kristal yapısını değiştirilerek sert taş yapısı yerine kütsel, yerinden alınabilir, curuf yapısında bir konum kazandırır. Bu maddeler arasında lignin, tanin ve polimerik bileşikler sayılabilir.

### Kimyasal Olmayan Yöntemler

Kazan suyu, soğutma suyu ve diğer proses uygulamalarında manyetik, elektromanyetik ya da elektrostatik yöntemler taş yapmayı önlemekte kullanılabilir.

Manyetik sistemler, taş birikiminin eşanjör yüzeylerinden uzakta düşük sıcaklıklı bir bölgede oluşmasını böylece, yapışkan olmayan parçacıklar üretilmesini sağlar. (örneğin kalsiyum karbonattan sert, yapışkan biçimdeki birikinti yerine aragonit). Bundan sonra birikim blöf yapılarak, mekanik yollarla ya da fiziksel yıkama ile ortamdan atılabilir. Manyetik yöntemlerin verimi, çözünmüş kalsiyumun silica'ya oranı düşük olduğunda, suda aşırı miktarda demir bulunduğu veya yüksek gerilim voltaj hatlarına yakın yerleştirildiğinde azalabilir.

Elektrostatik yöntemin amacı, çözünmüş haldeki iyonlara bir yüzey elektrik yükü vererek bunların birbirini itmesini sağlamaktır. Birlikte, yapılan test sonuçları ile sıradan yöntemlerle elde edilenler karşılaştırılarak

bir karışım elde edilmiştir. Bu teknolojileri dikkate alarak hazırlanmış bir Federal Teknoloji Uyarı Raporu (DOE 1998), uygulama başarısının kurulumu yapan deneyimlerine bağlı olduğunu vurgulamakta, elde edilen potansiyel yararlarla, sistemlere uygulanması gerekli önlemlerle ilgili bir tartışmayı içermektedir.

### Dışsal İşlemler

Mineraller, iyon değişimi ve ters osmosis gibi bazı dışsal ön işleme yöntemleri ile de ortamdan çekilebilir. Zeolit yumuşatma, mineralden soyutlama, alkalilikten soyutlama işlemleri iyon değişimine örneklerdir.

### 6. Biyolojik Gelişimin Kontrolü

Bir soğutma işlemi ile ilgili olan biyolojik gelişim (yosun, bakteri ve mantar) kirlenme ve korozyona bağlanabilir ve eğer ekipmanın ürettiği havada dolaşan parçacıklar içerisinde bulunurlarsa sağlık için tehlikeli olabilirler. Isıtma ekipmanı normal biyolojik sınırların üzerinde çalışır ve bu nedenle çok az mikrobik sorun yaratır. Bir soğutma sisteminde mikrobik gelişim düşünülürken serbest-yaşayan planktonik organizmalarla, bağlı organizmaları birbirinden ayırmak gerekir. Problemin önemli bir kısmına bağlı organizmalar neden olmaktadır. Biyolojik kirlenme biyofilm ve ince sümüksü kütleler üreten bir çok mikro organizma tarafından oluşturulmaktadır. Sümüksü organizmalar bakteri, maya, yosun ve küf biçiminde oluşabilirken çoğu zaman bu bu organizmaların organik ve inorganik pisliklerle birleşik bir karışımı halindedirler. Nehir ve deniz suyu kullanıldığında, kurtçuk ve midye türü organizmalar da kirlenmeye neden olabilir. Biyolojik kirlenme, ısı transferini azaltarak, pompada karşı basıncı artırarak soğutucu ortam akış örneklerini bozarak, ısı eşanjörlerinde tıkanmaya neden olarak ve dağıtım sistemini tıkayarak soğutma verimini önemli ölçüde düşürmektedir.

Ekstrem durumlarda, tüysü ve sümüksü maddelerin ek kütseli soğutma ortamının bozmasına neden olmaktadır. Mikro organizmalar lokal korozyonu (pitting) aşırı ölçüde artırmakta, hızlandırmakta ya da bazı durumlarda başlatmaktadır.

Mikro organizmalar korozyonu metabolizmaları yoluyla doğrudan ya da biçimlendirdikleri atıklarla dolaylı olarak etkilemektedir. Doğrudan etkiler mikro organizma metabolizmasını durdurarak onarılabılırken, dolaylı etkiler sadece bu organizmaları yok ederek önlenemediğinden artıkların temizlenmesi de gerekmektedir.

Yosunlar güneşten aldıkları enerjiyle bikarbonat ya da karbondioksiti biyo kütleyle

dönüştürürler. Yosun kütleleri boru tesisatını, dağıtım deliklerini ve nozulları tıkaabilirler. Soğutma kulelerinde dağıtım deliklerine sahip tavanın üzerindeki kapak güneş ışınlarını önemli ölçüde azalttığından düşük maliyetle yosun kontrolü yapan en etkili elemanlardan birisidir. Yosunların kontrolüne yardımcı olması için biyositler de kullanılır.

Yosunlar, ayrıca soğutma sisteminde bulunan diğer mikro organizmalar için besin işlevi de görürler ve sudaki biyo-kütle miktarını artırır. Bakteriler, beslenme olanakları nispeten düşük ortamlarda da gelişebilmektedir. Mayalar ve mantarlar yosunlardan çok daha yavaş üreyen mikro organizmalardır. Mantarlar, soğutma sistemleri gibi kısmen ıslak ve nemli ortamlarda rahatlıkla gelişirler. Ahşap malzemeden yapılmış olan soğutma kuleleri için ahşabı tahrip eden mantarlar, ağaç kısımlarda bulunan lignin ve ve/veya selülozu tüketen ve yapısal bütünlüğünü bozan bir etki yaptıklarından düşünülmesi gereken önemli bir husustur. Bir çok su, biyolojik tüysü organizmalar üretebilme yeteneğinde ise de, bunların gelişmesi için gerekli optimal koşullar henüz çok az bilinmektedir. Besin kaynaklarına yakın olan ekipmanlar ya da besin işlevi görebilecek proses sızıntıları bulunan yerlerin bunların gelişmesinde önemli rol oynadıkları düşünülmektedir. Çok ince bir biyofik bile, eşanjörlerdeki ısı transferini önemli ölçüde azaltmaktadır.

### Kontrol Önlemleri

Dağıtım kanalları, soğutucu ortam ve depoları güneş ışığından yoksun bırakmak yosun üremesini önemli ölçüde azaltır. Kör alanları ve boru devrelerinde soğutma sisteminde düşük akışlı yerleri ortadan kaldırarak biyolojik gelişim en aza indirilebilir. Yapım malzemelerinin dikkatli seçilmesi, gelişme için gerekli beslenme ve yaşama ortamını ortadan kaldırabilir. Yüksek kalitede ve düşük bakteriyel içerikte besleme suyu yine biyolojik oluşumları azaltacaktır. Ekipmanlar ayrıca kontrol, numune alma ve temizleme yönünden kolay ulaşılabilir biçimde tasarlanmalıdır. Yosun ve sümüksü biyolojik oluşumların önlenmesi bazen mekanik ve kimyasal önlemlerin birlikte uygulanmasını gerektirir. Örneğin bir sistem zaten önemli miktarda sümüksü ince biyolojik oluşumları içeriyorsa, biyositlerin uygulanmasından önce bunların mekanik yollarla temizlenmesi, kimyasalları daha etkin hale getirirken daha sonraki gelişmeyi de engeller. Bir soğutma sisteminde taş birikintileri, korozyon ürünleri ve çökeltiler de kimyasal biyositlerin etkinliğini azaltır. Soğutma kulelerinin rutin olarak elle temizlenmesi, yüksek düzeyde klorlama ve biyo çözücü uygulamak, diğer mikro

organizmalar kadar Legionella bakterisinin kontrolünde de yardımcı olur.

Mikrobiyosit'ler: Soğutma sistemlerinde biyolojik gelişmeyi kontrol etmekte kullanılan kimyasal biyosit'ler oksitleyici ve oksitleme yapmayan biyositler olarak iki temel gruba ayrılır.

Oksitleyici Biyosit'ler [Klor, klor üreten bileşikler, brom, BCDMH (ya da BCD), ozon, iyot ve klor dioksit] en etkili biyosit kimyasallar arasındadır. Buna karşılık, bu kimyasallar yüksek organik yüklemesi olan soğutma sistemleri için her zaman uygun kontrol maddeleri değildir. Hava yıkayıcılarda, koku caydırıcı olabilir; ahşap soğutma kulelerinde oksitleyici biyositlerin aşırı konsantrasyonları metal elemanların korozyonuna neden olabilir. Oksitleyici biyositlerin en verimli kullanımı sistemde sabit, düşük bir miktarı muhafaza etmektir. Buna karşılık, halojen temelli biyositler aralıklı olarak verilirse, 7 gibi bir pH derecesi, bu nötral düzeyde halojenlerin hypohalous asit biçiminde (HOR, R halojeni ifade eder) hypohalous iyonu (OR-) bulunması nedeniyle bir avantaj oluşturur. Bu şoklama biçimindeki besleme, hypohalous asitteki (OR-) iyonu, hızlı öldürücülüğü nedeniyle etkilidir. Kalıcı biyosit miktarı, rutin bir biçimde bir yerinde test kit'i ile test edilebilir. Halojenleştirme programlarının çoğu dağıtıcı ya da yüzey gerilimi azaltıcı maddelerin (klor yardımcıları) biyo kütleleri parçalama özelliğinden yararlanır.

Klor, gaz ya da sodyum hipoklorit gibi sıvılar uzun yıllar oksitleyici madde olarak kullanılmıştır. Klorun, toz ve boncuk biçiminde diğer biçimleri de bulunmaktadır. Klorun kullanımı, bu maddenin muamelesi sırasında ortaya çıkabilecek sağlık nedenleri ve çevre üzerinde kloraminlerin ve trihalo metan yoluyla bir baskı oluşturması nedeniyle giderek azalmaktadır.

Brom, sodyum hipoklorit'in sodyum bromid ile tepkimesinden mahalde üretilir ya da boncuk biçiminde piyasadan alınır. Brom, klora oranla bazı avantajlara sahiptir: Daha az uçucudur, çevresel açıdan klora oranla çok daha hızlı parçalanır. Yüksek pH'lı sistemlerde aralıklı besleme yapılan hipobromid asit, küçük moleküllere parçalanma sbiti klordan daha düşük olduğundan klora göre bu yönden bir avantaja sahiptir. Biyosit'ler sürekli temelde verildiğinde bu özellik önemli değildir.

Ozon, klorla karşılaştırıldığında birkaç önemli avantaj sergiler: kloramin ya da trihalometan üretmez, çevrede zehirli olmayan alt bile-

şenlere hızla ayrılabilir, biyofilm'i daha iyi kontrol eder ve çok daha az kimyasal işlem gerektirir. Buna karşılık kapalı mahallerde ozon üreten araçların kullanımı, kullanıcıyı zehirli gazdan korumak için dikkat gerektirir. Aynı zamanda, ASHRAE tarafından yapılan araştırma ozonun, taş yapma ve korozyon önleyicisi olarak sadece marjinal bir etkisi olduğunu göstermiştir (Gan ve ark. Nasrazadani ve Chao 1996).

Taş ve korozyon önleyicilere duyulan gereksinim yönünden suyun koşulları belirlenmeli ve daha sonra bütün oksitleyici biyositler ve kimyasal önleyiciler sisteme uygunluk açısından dikkatle seçilmelidir. Ozonun biyosit olarak performansını maksimum kılmak için, enjeksiyon ekipmanı ozon ile sirküle eden su arasında iyi bir temas sağlayacak biçimde seçilmelidir. Büyük sistemlerde, suyun bütün sistemde sirküle etmesinden önce ozonun azalmamasına dikkat edilmelidir.

İyot boncuk biçiminde kütleli olarak ve çoğu zaman yeniden doldurulabilir biçimde bulunur. İyot, soğutma kulelerinde kontrol amacıyla kullanılmak için nispeten pahalı bir kimyasal olduğundan olasılıkla sadece küçük sistemler için uygundur.

Oksitleme Yapmayan Biyosit'ler: Oksitlemeyen mikrobiyositler seçerken sirküle eden suyun pH derecesi ve korozyon ve/veya taş önleyicinin kimyasal uygunluğu dikkate alınmalıdır. Aşağıdaki liste tam olmasa da bu kimyasalları göstermektedir.

- Dördül amonyak bileşenleri
- Betilen bis (thiocyanate) (MBT)
- Isothiazolones
- Thiadiazine thione
- Dithiocarbomates
- Decyl thioethamine (DTEA)
- Glutaraldehyde
- Dodecylguanidine
- Benzotriazole
- Tetrakis (hydroxymethyl) phosphonium sulfate (THPS)
- Dibromo-nitrilpropionamide (DBNPA)
- Bromo-nitropropane-diol
- Bromo-nitrostyrene (BNS)
- Özel karışımlar

Oksitlemeyen biyositlerin besleme şekli önemlidir. Bazen küçük miktarlarda ve sürekli besleme ne etkili ne de ekonomik olmaktadır. Aralıklı ve suda bulunan organizmaların öldürülmesi için yeterli dozlar çoğu zaman daha iyi sonuçlar verebilmektedir. Suyun blöf edilme miktarı ve biyosit hidroliz (kimyasal niteliksizleşme) miktarı gerekli dozajı etkiler. Biyosit'in hidroliz miktarı,



türüyle, pH derecesiyle ve sıcaklıkla ilgilidir. Besleme miktarları (dosage) sistemin hacimsel büyüklüğüne bağlı olup, biyosit'in minimum önleyici konsantrasyonun ulaşılmadan önce, mikro organizmalarda yüksek bir öldürücü etki elde edebilmek için, miktar konsantrasyonu biyosite uzun bir temas süresi sağlayacak yeterlikte olmalıdır. Oksitlemeyen biyosit'lerin sisteme eklenme aralığı, sudaki bakteri üremesinin yenilenmesini önleme zamanlaması temelinde, sistemin yarı ömrüne bağlıdır.

**Mikrobiyosit'lerle Çalışma:** Kişisel güvenliği sağlamak üzere bütün mikrobiyosit'ler dikkatle ele alınmalıdır. ABD'de soğutma suyu mikrobiyosit'leri EPA tarafından onaylanır ve düzenlenirken, yasa gereği, üzerlerindeki etiketlerde verilen talimatlara uygun biçimde işlem görmelidirler. Buna karşın Türkiye'de bu tür önlemler bulunmamaktadır. Biyosit'lerle çalışan personelin, malzeme güvenlik bildirimlerini okuması ve maddeyle çalışma için gerekli bütün güvenlik ekipmanı ile donatılmış olması gerekmektedir. Biyosit'lerin bakım personeli tarafından işlem görmesini ortadan kaldırmak için otomatik besleme sistemleri kullanılabilir.

**Diğer Biyosit'ler.** Su bir kuartz borusu içerisinden geçirildiğinde mor ötesi radyasyon mikro organizmaların aktifliğini yok eder. Işık şiddeti ve suyla temas süresi, mikro organizmaların yeterli düzeyde öldürülebilmesi için kritik önemdedir. Kuartz borusunda asılı halde bulunan katı maddeler ve birikimler bu işleme yönteminin etkinliğini önemli ölçüde düşürür. Bu nedenle, sorunu en aza indirmek üzere borunun üst akım bölgesine genellikle bir filtre uygulanır. Mor ötesi ışığı su içerisinde herhangi bir artık bırakmadığından, bağlı organizmalar ve ışıktan geçmeyen organizmalar mor ötesi işlemden etkilenmezler. Ultraviyole radyasyonu, biyosit uygulamalarının kabul edilemez olduğu ve sirküle eden suyun %100 lambadan geçtiği hava yalıtımcılar, nemlendiriciler gibi ekipmanlar için uygundur. Soğutma kuleleri gibi bütün mikro organizmaların mor ötesi işleme maruz bırakılmayacağı yerlerde bu yöntem daha az etkilidir. Mor ötesi lambaların yaklaşık 8 000 saatlik çalışmadan sonra değiştirilme gereği vardır.

Metal iyonları, yani bakır ve gümüş, çok özgül koşullar altında mikrobik toplulukları etkin biçimde kontrol eder. Ya tekil ya da birlikte olarak, bakır ve gümüş iyonları düzenli aralıklarla, elektro kimyasal yollardan 1-2 mg/kg bakır ve 0.5-1.0 mg/kg olacak biçimde suya verilir. Bu iyonlar, ortamda en azından 0.2 mg/kg serbest klor bulunması

durumunda bakteri topluluğunun kontrol edilmesine yardım eder. Bakır, ayrıca yosunları da kontrol edebilmektedir.

Liu ve ark (1994) bir hastanenin sıcak suyunun bakır-gümüş iyonları vererek legionella pneumophila bakterisinin kontrol edildiğini bildirmektedir. Bu durumda, Legionella kolonileşmesi, bakır-gümüş konsantrasyonunun sırasıyla 0.4 mg/kg ve 0.04 mg/kg sınırlarını aşması durumunda ciddi biçimde azalmaktadır. Ayrıca kalıcı dezenfeksiyon, bakır-gümüş ünitesi aktifliğini yitirdikten sonra 2 ay süreyle Legionella kolonileşmesini önlemektedir.

Soğutma sistemlerinde bakır ve gümüş iyonlarının kullanımı konusunda ciddi sınırlamalar bulunmaktadır. Örneğin ABD'de bir çok eyalet bu iyonların yüzeysel sulara boşaltılmasını kısıtlamış olup eğer suyun pH derecesi 7.8'e yükseliyorsa işlemin etkili olma düzeyi ciddi biçimde düşmektedir. Bakırın ortamda kalma olasılığı ve bunun sonucu oluşabilecek galvanik korozyon nedeniyle, çelik ya da alüminyum ısı eşanjörlerine sahip olan sistemler bu yöntemle işlem görmemelidir .

#### **Lejyoner Hastalığı**

Yaşayan bütün diğer canlılar gibi, Lejyoner hastalığına (legionellosis) neden olan legionella pneumophila bakterisi yaşamını sürdürmek için neme gereksinim duyar. Legionella bakterisi doğal su sistemlerinde çok yaygın olarak bulunduğu gibi, bir çok içme suyu kaynağında da bulunmaktadır. Sıcaklığı 27-50°C arasında olan içme suyundan sıcak su sistemleri, soğutma kuleleri, belirli tür nemlendiriciler, evaporatif kondenserler, kaplıca ve ılıcalar ve air-conditioning cihazlarının değişik kısımları bu bakterinin çoğaldığı yerler olarak düşünülmektedir. Legionellosis, içerisinde legionella bulunan havanın solunması yoluyla geçer. Havada bulunan katı ve sıvı parçacıklar (aerodol) soğutma kuleleri, evaporatif kondenserler, dekoratif lavabolar, duşlar ve sis yapıcılar tarafından üretilir. Bir soğutma kulesinden yayılan parçacığın 3 km'lik bir uzaklığa gidebildiği bildirilmiştir. Eğer air-conditioning cihazları yakınında bulunan hava giriş kanalları, bu parçacıkları kirli soğutma kulelerinden bina içerisine çekerse, hava dağıtım sisteminin kendisi de hastalığı geçirebilir. Lejyoner hastalığı ortaya çıktığı zaman kuşkulu eleman çoğunlukla soğutma kulesidir. Buna karşılık diğer su sistemlerinin de hastalığı üretebileceği hiçbir zaman ihmal edilmemelidir. Legionella'nın protozoa içerisinde gelişebildiği gösterilmiş olup, Legionella'nın hücreler arası gelişmesi nedeniyle biyosit'lerden korunabildiği düşü-

nülmektedir. Bir çok araştırmacı tarafından legionella'nın biyofilm'ler ve sümüksü yosunlar içerisinde çoğalabildiği gösterilmiştir. Mikrobial korunma programları, yosunlara karşı kullanılan ürünlerin Legionella kontrol programının bir parçası olmasını dikkate alınmalıdır.

**Nemlendiriciler:** Nem kontrolü için ince su tanecikleri üreten birimler, özellikle sudepoları kötü durumda ise bakterilerin çoğalma mahalli olabilir. Üreticilerin bakım ve temizlik önerileri yerine getirilmelidir. Buhar bakteri içermediğinden buharlı nemlendiriciler bir bakteri sorunu yaratmaz.

**Yapay Kaplıca ve ılıcalar (Jakuziler):** Bu üniteler doğru biçimde bakılmadıklarında kullanıcılar için potansiyel tehlike oluşturur. Bazı ünitelerin karmaşık yapısı temizlemeyi güçleştirdiğinden, bu cihazları temizlemekte uzman bir firmanın tutulması gerekli olabilir. Üretici önerileri tam olarak izlenmelidir.

**Dekoratif Lavabolar:** Eğer bu üniteler kirlenirse, legionella'nın çoğalması ve yakındakiler için tehlike oluşturması olanaklıdır. Resirküle su, uygun filtreleme yöntemleriyle temiz ve berrak tutulmalıdır. Dekoratif lavabolar için sürekli klorlama ya da bir başka biyosit kullanılması önerilir. İçerisinde balık vb. canlılar bulunan iç mahal dekoratif havuzlu muslukları klorlanmadığı gibi başka bir işleme de uygun değildirler. Burada suyun sprey yapan musluklardan ve kademe-lerden düşerken spray halinde havaya karışmaması sağlanmalıdır.

**Çatı Havuzları:** Çatıdaki sıcaklığı ve sonuç olarak air-conditioning fereklerini azaltmak için kullanılırlar. Kirlenmeleri halinde bu havuzlar çalışan ekip ve insanlar için tehlike arzedebilir. Çatı havuzları izlenmeli ve resirküle soğutma suyu ile aynı biçimde işlem görmelidir. (Su İşleme Biçiminin Seçimi kısmına bakınız).

**Güvenlik Havuzları:** Güvenlik havuzları güvenlik amacıyla yapılır ve sürekli kullanılmazlar. Oda sıcaklıklarında steril olmayan suyun içinde hareketsiz kaldığı depolardan kaçınılmalıdır. Yıkamayı içeren bir periyodik bakım programı önerilir.

**Sebze Nemlendiricileri ya da Spreyleri:** Eski tip bir ultrasonik sis makinesi bu hastalığın en azından bir vak'asını sergilemişse de, akarsulu soğuk su spreylere (depozuz ve soğuk içme suyu hattına doğrudan bağlanan) için herhangi bir sorun görünmemektedir.

**Makine Parkı Soğutması:** Su, soğutma ve kesme verimini artırmak üzere yağ ve diğer

bazı katkılarla karıştırılabilir. Tipik olarak saklandıkları depolama tankları, içlerinde Legionella da bulunan bakteri üremesine uygun yerlerdir. Bakteri gelişimi izlenmeli ve kontrol edilmelidir.

**Buz Makineleri:** Bu soğuk çevrede Legionella'nın çoğalması çok olası değilse de, suyun donmasından önce bakteri çoğalması görülebilir. Graman ve ark. (1997) buz ya da buz makinesinden dolaşan hava ile Legionella'nın dağılmasına ilişkin bir olaydan söz etmektedirler.

**Korunma ve Kontrol:** Olaya çok sayıda faktör dahil olduğundan hastalığa neden olan Legionella'nın sayısı henüz tam olarak saptanmamıştır. Bu faktörler: (1) havadaki Legionella'nın hastalık yapma yeteneği ve sayısı, (2) havadaki parçacıkların zaman birimindeki kuruma miktarı, (3) rüzgar yönü ve (4) havayı soluyan kişinin hastalığa yatkınlığı. Mahallerde bulunan organizma çoğu zaman hastalıkla ilgili bulunmamıştır. Soğutma sistemlerini Legionella bakterisiyle bulunma limitlerinin altında çalıştırmanın fizibil olduğu gösterilmiş olup, bir sistemin bu sınırlar içerisinde çalıştığını kanıtlamanın tek yolu, toplam bakteri sayısından hesaplayarak değil gerçek Legionella sayısından gitmektir.

Kültür yöntemleri kullanılarak sirküle eden suyun toplam bakteri ve Legionella sayısı yönünden izlenmesi olanaklıdır. Buna karşılık bina su sistemlerinden rutin örnek almak Legionella bulaşma riski hakkında doğru tahmin yapma olanağı vermeyebilir. Sistem temizliğinin izlenmesi ve etkinliği kabul edilmiş bir mikrobik kontrol maddesi genellikle etkili bir kontrol yöntemi olarak algılanır. Legionella riskini azaltıcı diğer önlemler arasında; çekmeyi en aza indirme kör noktaları ve düşük akışlı alanlarını kaldırma, Legionella gelişimini kolaylaştıran malzemelerin seçilmemesi yönünde su kulesinin optimizasyonu ile kuleyi çekilen havanın hava hazırlama birimine gelmeyeceği biçimde kurulma sayılabilir. Bir ASHRAE kitapçığı biçiminde hazırlanmış olan (1998) Legionellasis için önlemler daha ayrıntılı bilgiler vermektedir.

## **7. Asılı Katılar ve Birikim Kontrolü Mekanik Filtrasyon**

Süzgeçler, filtreler ve ayırıcılar (separator) asılı haldeki katıları kabul edilebilir bir düşük düzeyde tutabilmek için kullanılabilir. Genellikle, eğer ekran 200 gözenekli ve delik büyüklüğü 74 µm ise bu eleman süzgeç olarak adlandırılırken, 200 gözenekten daha ince olanlara filtre denir.

**Süzgeçler:** Bir süzgeç, akış halindeki değişik sızılardan 25 µm'ye kadar olan yabancı maddeleri tutmak ve ortamdan ayırmak için kullanılan, içerisine temizlenebilir bir eleman yerleştirilmiş olan kapalı bir kaptır. Süzgeçler, akışkan içerisinde bulunması istenmeyen maddeleri çekerler ve eğer bu madde değerli ise muhafaza edebilirler. Süzgeçler, tek sepetli ya da upleks, elle ya da otomatik temizleme birimlerine sahip dolarak bulunmakta olup, dökme demir, bronz, paslanmaz çelik, bakır-nikel alaşımı ya da plastikten yapılırlar. Akışkanda, çok-ince demir ya da çelik parçacıklar bulunması halinde miknatis daldırma elemanları içerebilirler.

**Kartuş Filtreler:** Bunlar 100µm'dan 1µm'a kadar asılı haldeki parçacıkları tutmakta kullanılan nihai filtrelerdir. Kartuşlu filtreler tipik olarak atılabilir niteliktedir (örneğin bir kez tıkandıktan sonra sökülüp atılır). Değiş-tirme frekansı ve bunun sonucunda ekonomik kullanım fizibilitesi asılı halde bulunan katı parçacık konsantrasyonuna, tutulacak en küçük parçacıkların büyüklüğüne ve seçilen kartuş filtrelerin tutma verimine bağlıdır.

Genelde kartuş filtreler kirlilik düzeyleri kütesel olarak % 0.01 'den az olan (<100 mg/kg) sistemler için tercih edilebilirler. Bu filtreler değişik malzemelerde ve farklı uyarlamalarda bulunurlar. Filtre ortamı malzemesi, bükülmüş pamuk ipliği, keçe, kağıt, dokunmamış malzemeler, resinbağlı kumaş, dokunmuş tel, sinterlenmiş metal ve seramik yapılarıdır. Standart uyarlaması 250 mm uzunlukta, dış çapı 65 -70 mm, iç çapı 25-40 mm filtre edilen sıvının filtrenin göbek kısmında bulunduğu bir silindirik biçimindedir. Toplam uzunlukların 0.1m'den 1m'ye değiştiği filtreler de bulunmaktadır.

İplik, resin-bağlı ya da ergitme şişirmeli fiberlerden yapılan filtreler genelde merkeze doğru yoğunluğun arttığı bir yapıdadır. Bu derin tür filtreler parçacıkları bütün filtre ortamı (meia) kalınlığı boyunca tutarlar. Katmanlı kağıt biçimindeki ince ortamlı filtreler (membran türü) dar bir gözenek dağılımına sahip olup, filtrenin yüzeyinde ya da ona yakın yerlerdeki parçacıkları tutmak üzere tasarlanırlar.

Yüzey türü filtreler normalde yüksek akış miktarlarını karşılayabilirlerken, eşdeğerdeki derin filtrelerden daha yüksek tutma verimindedirler. Kartuş filtreler üreticinin rehberliğinde değerlendirilir (rate) yüzey filtreleri mutlak değerlemeye sahip iken, derin filtreler genel işlevsel sınırlarını gösteren nominal değerlemeyle verilirler.

Mutlak değerlendirme ile verilen yüksek verimli ergitme gözenekli derin filtreler de bulunmaktadır.

**Kum Filtreler:** Bir su akımındaki parçacıkların tutulmasında alt akım filtreleri kullanılır. Asılı maddeleri tutma derecesi tank kısmında kullanılan ortamın bileşimlerine ve kalitesine bağlıdır. Filtrasyon konumunda su filtrenin üst kısmından girer. Akışı engelleyen bir plaka arasından geçerek, ortamın üzerindeki sakin serbest alana girer.

Çok ortam içeren alt akım kaplarında birbirinden farklı tane büyüklük ve türlerindeki ortam (media) kullanılır. Bu tasarım sistemin katı parçacık tutma kapasitesini artırırken, geri yıkama aralığını da uzatır. Çok ortamlı filtreler, kimyasal madde yardımı gerektiren uygulamalarda da kullanılır. Çok ortamlı filtre kaplarında akışkan, etkili tane büyüklüğü 1µm olan antrasit ortamın üzerinden girer. Bu nispeten kaba filtre büyük parçacıkların yakalarken, küçük parçacıkların önemli bir kısmını ve yağın da küçük bir miktarını tutar. Akış aşağı doğru sert, camsı değişik maddelerin silikatlarından oluşan ve etkili büyüklüğü 0.3 µm olan tabaka arasından akar. Çok daha ince parçacıklar bu iyileştirme tabakasında tutulur. Akış bundan sonra etkili büyüklüğü 2 mm olan değişik silikat parçacıklarından kaba bir filtrenin arasından geçer. Bu tabakanın altında filtre edilmiş suyu biriktiren kollektör bulunur.

Filtre kabı yeterli miktarda asılı katı parçacığı tuttuğunda önemli bir basınç düşümü ortaya çıkar ve bu durumda filtrenin akış yönü değiştirilerek elle ya da otomatik olarak bir geri yıkama işlemi gerçekleştirilir. Bu uygulama tutulmuş olan katı maddelerin üstten atılmasını sağlar.

**Santrifüj-Çekimli Separatörler:** Bu tür separatorde sıvı/katı maddeler üniteye teğet olarak girerek dairesel bir hareket oluşturur. Sıvılar/katılar teğet yarıkla içerisinden çekilerek separasyon odasına doğru hızlandırılır. Santrifüj etki, büyük parçacıkları çevreye doğru savurur. Katı maddeler böylece separator kenarlarına çarparak alttaki sakin kısma doğru düşmeye başlar. İçinde katı madde olmayan sıvılar separatorün vorteks (düşük basınç) kısmına doğru çekilir ve yukarı doğru yükselerek separatorün çıkış ağzından alınır. Katı maddeler periyodik olarak ya da sürekli olarak ya elle ya da otomatik olarak separatorden boşaltılır.

**Çanta Türü Filtreler:** Bu filtreler, giriş ve çıkış arasında bulunan kapalı bir muhafazın

içinde bulunan süzgeç ya da keçe çantasından oluşur. Muhafaza kısmı, çanta ve sepet kısmına ulaşımı sağlamak üzere menteşeli bir kapak içeren boru şeklindeki basınç kabına kaynakla birleştirilmiştir. Muhafaza kısmı karbonlu ya da paslanmaz çelikten yapılıdır. Giriş ağzı kapağın üzerinde, yanda (çantanın üzerinde) ya da altta (çantaya içten boruyla bağlı) olabilir. Çıkış ağzı yan-alt kısma yerleştirilir (çantanın altında). Boru bağlantıları dişli ya da flanşlı olabilir. Tek-sepetli muhafazaya sahip olanlar 14 L/s'ye kadar, çok sepetli olanlar 220 L/s'ye kadar akışları karşılayabilirler.

Destek olarak işlev gören sepet genellikle 304 kalite paslanmaz çelikten 3 mm çapında delikli olarak yapılır (ağır tel süzgeçli filtreler de bulunmatadır). Sepetler ince gözenekli tel ile kaplanarak bir filtre çantası eklenmesiz süzgeç işlevi yüklenbilirler. Bazı üreticiler, biricinin içerisine uyan ikinci bir dahili sepet (ve çanta) de kullanmaktadır. Bu uyarılama iki kademeli bir filtrasyon sağlar: birincisi, daha ince olana göre daha kaba bir filtrasyon yapar. Bunun yararları arasında daha uzun hizmet ömrü, aynı işlevi görmek üzere ikinci bir muhafazanın ortadan kaldırılmış olması sayılabilir.

Filtre çantaları değişik malzemelerden yapılabilir (pamuk, naylon, polipropilen ve polyester) ve 0.01mm'den 0.85mm'ye değişik gözenek aralıklarında yapılırlar. En fazla kullanılanlar, yüksek kir yüklemeye yeteneği sağlayan derin filtreleme kalitesi ve ince gözenekleri ile keçeli hale getirilmiş malzemelerdir. Filtre çantaları genellikle kaba nitelikli olup tekrara kullanabildiklerinden maliyetleri daha düşüktür. Çantalar, kendilerini açık tutan ve sepet miline oturmuş halde tutan, açıklık kısmına dikilmiş metal bilezikler içerir.

Çalışma sırasında, sıvı çantaya üstten girer, sepet içerisinden akarak muhafaza kısmından istenen değerlerde temizlenmiş olarak çıkar. Kirliliklerin çantanın içerisinde tutuklanması, alt akıma karışmaksızın kolayca ortamdaki uzaklaştırılmasını sağlar.

**Özel Yöntemler:** Lokalize alanlar genellikle özel yöntemlerle korunur. Böylece pompa salmastraları ya da mil contaları temiz su beslemesi ya da suyu pompa gövdesinden bir siklon seperatör arasından sirküle edip yağlama odasına alarak korunur.

Küçük ekipmanlarda iyi bir kir kontrol önlemi, bütün kondenser ve ısı eşanjörlerinde ters yıkama bağlantıları ve kesme vanaları

yerleştirmek ve çöken ve biriken kirliliklere şebeke suyu ya da özel çözeltilerle ters yıkama uygulamaktır. Bu bağlantılar, ayrıca taş birikimini sökmekte kullanılan asitle yıkama için de kullanılabilir.

Filtrasyon sistemlerini tanımlarken, bağımsız üniveriste ya da özel test şirketleri gibi üçüncü şahıslarca test yapılması zorunlu konulmalıdır. Böyle bir testin raporunda test yöntemlerinin kısa açıklamalarına, boru tesisatı şemaları, performans verilerine ve yetki belgesine yer verilmelidir.

Burada açıklanan filtreler endüstride soğutma suyu kullanılan yerlerde de kullanılabilir niteliktedir. Bu tür hizmetler için, doğru bir uygulama sağlamak yönünden, filtrasyon ekipman üreticileriyle danışma görüşmeleri yapmak gereklidir.

### **8. Soğutma Kulelerinin Devreye Alma ve Devreden Çıkartma İşlemleri**

Soğutma kulesi sistemlerinin devreye alma (ya da kabul kontrol) ya da devreden çıkartma işlemlerin aşağıdaki gibi olmasında yarar vardır.

#### **Boşaltmalı Sistemlerin Devreye Alınması ve Kontrol İşlemleri**

- Soğutma kulesinden yaprak ve pislik gibi bütün kalıntılar temizlenir.
- Soğutma kulesinin bulunduğu alandaki bütün hava girişleri kapatılarak, hava hazırlama sitemlerinden biyosit ve küçük parçacıkların girişi engellenir.
- Sistem su ile doldurulur. Kondenser su pompaları çalışır halde iken ve soğutma kulesi fanlarını çalıştırmadan önce, aşağıdaki iki mikrobik programdan birisi uygulanır.
- 1. İşlemlemeye devreden çıkartma işleminden önce kullanılan biyosit kullanılarak başlanır. Su işleme firmasının hizmetleri kullanılır. Sistemde iyi bir biyolojik kontrol sağlamaya yeterli olan bir süre boyunca, maksimum kalıcı biyosit miktarı (kullanılan biyosite bağlı olarak) kullanılır. (kalıcı miktar ve süre kullanılan biyosite göre değişir).
- 2. Sistem 7.0-7.6 pH derecesinde 4-5 mg/kg düzeyinde kalıcı serbest klor sağlamak üzere sodyum hipoklorit ile işlenir. 4-5 mg/kg düzeyindeki kalıcı klor miktarı 6 saat süreyle korunmalıdır. Kalıcı serbest klor miktarını ölçmek için ticari olarak bulunan test kitleri kullanılabilir.
- Yukarıdaki biyosit işlemleri başarılı biçimde tamamlandıktan sonra, fan çalıştırılır ve sistem hizmete sokulur. Bu sırada standart su işleme programı

(biyosid işlemleri de dahil) yeniden başlatılır.

#### **Boşaltmasız (Durgun) Sistemlerde Devreye Alma ve Kontrol İşlemleri**

- Ulaşılabilir katı madde birikimi su depolama tankından temizlenir.
- Soğutma kulesinin bulunduğu alandaki bütün hava girişleri kapatılarak, hava hazırlama sitemlerinden biyosit ve küçük parçacıkların girişi engellenir.
- Doğrudan tanktaki depolama suyuna (soğutma kulesi haznesi, boşaltma tankı vb) yukarıda açıklanan iki biyosid işleme programından birisi uygulanır. Ön işlemler sırasında hareketsiz soğutma suyunu soğutma kulesinden sirküle etmemeli ve kule fanları çalıştırılmamalıdır.
- Kulenin doldurması bypass edildiğinde, hareketsiz kalmış olan soğutma suyu kondenser pompaları ile sirküle edilebilir. Aksi halde, kütleli hareketsiz su kaynağı, onaylı bir biyosit eklenerek elle ya da yanak akış yöntemleri ile karıştırılır. Soğutma sisteminin hiçbir yerinde havaya parçacık karışmasına neden olabilecek spreylere kaçınılmalıdır.
- Yukarıdaki iki biyosid ön işleme programından birisi başarılı biçimde tamamlandıığında, soğutma suyu kule doldurma devresinden sirküle edilmelidir. Eğer kalıcı biyosit 6 saat süreyle uygun bir düzeyde korunmuşsa kule fanları güvenle çalıştırılabilir.

#### **Devreden Çıkartma**

Sistem uzun bir zaman süresince devre dışı kalacaksa bütün sistem (su kulesi, borular, ısı eşanjörleri vb) aşağıdaki işlemler izlenerek yıkanmalı ve boşaltılmalıdır.

- Sisteme bir yumuşatıcı (dispersant) ve biyosit ekleyerek 12-24 saat süreyle sirküle edilir. Uygun kimyasallar ve kullanım miktarları hakkında bir su işleme danışmanı ile görüşülmelidir.
- Pompalar durdurulur ve bütün borular ve kollektörlerdeki su ile birlikte soğutma devresindeki su boşaltılır. Tamamen boşaltılmamış olabilecek kör alanlardan ve boru tesisatının düşük kısımlarındaki su ve pislikler boşaltılır.
- Kule haznesini durulama suyu ile yıkayarak samur ve pislikler atılır. Köşelere ve oyukların temizlenmiş olmasına özen gösterilmelidir. Hazneye orta düzeyde deterjan ve dezenfektan çözeltisi eklenir. Eğer haznedeki su tamamen boşaltılmamışsa bunu ve kirlilikleri pompayla atmak gerekir.

- Eğer hazne tamamen boşaltılmıyor ve düşük sıcaklıklara maruz ise donmadan-korunma gerekli olabilir.

### 9. Su Arıtma ve Şartlandırma (İşlememe) Türünün Seçimi

Önceki bölümlerde açıklandığı gibi, sudan kaynaklanan sorunları önleme ve düzeltme yönünde kullanılabilecek bir çok yöntem bulunmaktadır. Doğru bir su işleme yöntemi ile bu yöntemin uygulanmasında kullanılacak ekipman ve kimyasalların seçimi bir çok faktöre bağlıdır. Ekipmanın çalışmasını değiştiren, suyun kimyasal koşulları önemlidir. Doğru bir su işleme yöntemi seçiminde önemli olan diğer faktörler aşağıdaki gibidir:

- Ekonomi
- Kimyasal kontrol mekanizmaları
- Çalıştırma sisteminin dinamikleri
- Temel elemanların tasarımı (soğutma kulesi ya da kazan)
- Mevcut çalıştırıcı sayısı
- Personelin eğitimi ve nitelendirilmesi
- Koruyucu bakım programı.

### 10. Açık Resirkülasyonsuz Sistemler

Açık sistemlerde (içerisinden büyük miktarlardaki suyun sadece bir kez geçtiği) su işlemeye yön veren faktör ekonomidir. Bu sistemlerde su, ekipman içerisinden geçerken bileşiminde önemli bir değişikliğe uğramadığından suyun kütlesi başına küçük bir işleme ile korunma elde edilebilir. Buna karşılık işlenecek su miktarı, basit bir filtrasyon ya da birkaç ppm polifosfat, silikat ya da diğer pahalı olmayan kimyasalların ilave edilmesi dışındaki işlemlerin maliyetini karşılanamaz kılacak kadar büyüktür. Soğutma suyu çökeltili ağırlıklı ise poli elektrotlarla işleme temiz koşulların sağlanmasına yardımcı olabilir. Böyle sistemlerde, paslanmaz yapı malzemelerinin kullanımı için yapılan yatırım, suyu işlemek için gerekenden daha düşüktür.

### 11. Açık Resirkülasyonlu Sistemler

Kimyasal işleme açık sirkülasyonlu bir sistemde, suyun bileşimi buharlaşma nedeniyle önemli ölçüde değiştiğinden daha fazla kimyasal maddenin sistemde bulunması gerekir. Korozyon yapıcı ve taş yapıcı bileşenler yoğunlaşır. Buna karşılık işleme kimyasalları da evaporasyon yoluyla yoğun hale gelebilir; böylece ilk dozlamadan sonra yüksek bir işleme düzeyini sağlamak için sadece küçük bir miktar kimyasal yeterli olur. Açık resirkülasyonlu sistemlerde bir su işleme programının seçimi aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- Ekonomi
- Su kalitesi
- Performans kriterleri (örneğin korozyon miktarı, bakteri sayısı vb.)

- Sistem metalürjisi
- Ekipman bulunabilirliği
- Otomasyon olanakları
- Çevresel gereksinimler
- Su işleme firması (bazı teknolojiler, ekonomi, kullanım kolaylığı, güvenlik ve çevre üzerindeki etkileri bakımından, diğerlerine oranla daha üstündürler).

Açık bir resirkülasyon sistemi tipik olarak taş önleyici, oksitleyici biyosit, oksitlemeyen biyosit ve olasılıkla bir yumuşatıcı ile işlenirler. Tam işlem programı yukarıda açıklanan koşullara bağlıdır.

Bir soğutma kulesinin su işleme sistemi aşağıdakileri içermelidir:

- Bir iletkenlik temelli kontrol edici kullanılarak su kimyasının ve konsantrasyon çevriminin kontrol edilmesi.
- pH derecesine bağlı olarak otomatik sülfürik asit injeksiyonu kullanan alkalilik kontrolü.
- Temaslı su metreler, oransal besleme ya da taramalı kontrol teknolojilerini kullanan taş yapma kontrolü.
- Bir ORP kontrol edicisi kullanan, oksitleyici biyosid kontrolü.
- Zamanlayıcılar ve pompa sistemlerini kullanarak oksitlemeyen biyosit kontrolü.

### 12. Hava Yıkayıcılar ve Spreyli Serpantin Birimleri

Bir hava yıkayıcı ya da spreyli serpantin için su işleme programı karmaşık bir yapıda olup sistemin işlev ve amacına bağlıdır. İş hanlarındaki spreyli serpantinler gibi bazı sistemler öncelikle sıcaklık ve nemin kontrol edilmesinde kullanılırlar. Diğer sistemler toz, yağ buharları ve diğer hava kaynaklı kirlilik unsurlarının çıkartılması amacına yöneliktir. Suyun doğru biçimde işlem görmediğinde, havadan çıkartılan ya da çekilen kirlilik unsurları bir takım çalışma sorunlarına neden olur.

Nemlendirme sağlayan hava yıkayıcılar ve spreyli serpantinlerde taş yapma kontrolü önemlidir. Suda bulunan mineraller sorun yaratacak kadar yoğun bir hale (buharlaşma yoluyla) gelebilirler. Soğutma kulelerinde kullanılan önleyici/yumuşatıcı işleme genellikle hava yıkayıcılarda taş yapma ve korozyonun kontrol edilmesi amacıyla kullanılabilir.

Hava akımından toz ve yağın kontrol edilmesinde uygun yumuşatıcı (dispersant) ve yüzey kimyasallarına genellikle gerek duyulur. Yumuşatıcının türü kirliliğin türüne ve kirlenme düzeyine bağlıdır. Maksimum işletme verimi için yumuşatıcıların minimal düzeyde köptiklenme yaratması gereklidir.

İnce yosunları ve bakteriyel gelişimlerin kontrolü de hava yıkayıcıları ve spreyli serpantinlerin işlenmesinde genellikle gerek duyulan bir husustur. Biyolojik gelişme potansiyeli, özellikle suyun mikro organizmalar için besin kaynakları olan kirlilikler içermesi halinde artar. Hava yıkayıcı kurulumlarının uygulama koşullarındaki değişiklikler ve zehirlilik sorunu nedeniyle bir program seçilmeden önce bütün işleme seçenekleri bir su işleme uzmanı ile tartışılmalıdır. Su işleme için uygulanan bütün biyositlerin belirli düzenleyici onaylara sahip olması gerekir.

### 13. Buz Makineleri

Kireç taşı oluşumu, koyu ya da "süt" görünümündeki buz, rahatsız edici koku ve tat ve çökeltiler buz makinelerinde karşılaşılan temel sorunları oluşturur. Kireç taşı oluşumu, özellikle buz toplama çevriminde, dondurucu yüzeylerden rahat ve kolayca buz toplayıp depolama tankına indirmeyi önlediği için en ciddi sorunlardan biridir. Taş oluşumu sudaki minerallerden kaynaklanır. Su, saf bir konumda donar ve donmamış su içerisindeki çözünmüş mineral konsantrasyonu artar ve bir miktarı makinenin dondurma yüzeylerinde taş biçiminde yapışır. Tablo 4'de gösterildiği gibi bir buz makinesinde taş yapma olasılığı, makinede sirküle eden sudaki karbonat ve bikarbonat ile bağlıdır.

Bikarbonat olarak	Toplam Alkalilik mg/kg		Kalsiyum Karbonat Sertliği,mg/kg	
	0-49	50-99	100-199	200 ve üstü
0-49	Hiç	Çok hafif	Çok hafif	Çok hafif
50-99	Çok hafif	Orta	Orta	Orta
100-199	Çok hafif	Arıza	Arıza	Ağır
200 ve üstü	Çok hafif	Arıza	Ağır	Çok ağır

Tablo 4. Bir Buz Makinesinde Kireç taşı miktarı

Kirli ya da taş yapmış buz makineleri, su işleme programı başlamadan önce doğru biçimde tamamen temizlenmelidir. Su dağıtım delikleri ile yumuşamış çökeltiler tamamen sistemden alınmalıdır. Mevcut kireç taşları sistem içersinden asit çözeltisi sirküle ederek sökülebilir. Yavaş çözünen besin sınıfı polifosfatlar, çözeltideki sertliği koruyarak normal çalışma sırasında dondurucu yüzeyler üzerinde taş oluşumunu önler. Polifosfatlar buz yapma kısmında kireç taşı oluşumunu önler ve haznedeki kireç taşının serbest parçalarının oluşturduğu çamur birikimini önlerken, sudaki çözülmüş minerallerin yüksek konsantrasyonu nedeniyle ortaya çıkan beyaz "süt" görünümünü ortadan kaldıramaz. Doğru kimyasal işleme yapılsa bile, içerisindeki çözülmüş mineral miktarı 500-100 mg/kg'dan fazla olan su berrak buz üretemez. Blöf sayısını artırmak ya da buz kalınlığını azaltmak sorunu hafifletebilir. Buna karşılık berrak buz üretimi sağlamak için genellikle mineral-ayırıcı ya da damıtıcı ekipmana gerek vardır.

Buz makinelerinde karşılaşılan diğer önemli bir olgu da rahatsız edici tat ve koku sorunudur. Buz makinesinde kötü koku ve tada sahip olan su kullanıldığında bu tat ve koku buzda hapsedilir. Besleme suyu hattına yerleştirilmiş bir karbonlu filtre sudan rahatsız edici maddeleri alabilir. Karbon yatağında organik birikim oluşmasını önlemek için karbon filtresinin düzenli aralıklarla temizlenmesi ya da değiştirilmesi gerekir.

Bazen, yosun üremesi de buz makinelerinde kokuya neden olabilir. Bu sorun makineyi düzenli biçimde besin sınıfında bir asitle temizleyerek giderilebilir. Eğer yosun artıkları çıkmazsa buz makinesinin sterilizasyonu yardımcı olabilir.

Besleme suyu genellikle çamur, pas, kum ve kir gibi asılı halde katılar içerir. Bu maddelerin ortamdan atılması için besleme hattına uygun büyüklükte bir çökeltilme filtresi yerleştirilebilir.

#### 14. Kapalı Resirülasyon Sistemleri

Kapalı bir sistemde ya suda ya da işleme kimyasal maddesindeki küçük bir miktar kayıpla su bileşimi sabit kalır. Kapalı sistemler yılda % 5'den az şebeke suyu beslemesine gerek gösteren sistemler olarak tanımlanır. Bu gibi sistemlerde su işleme gereği (örneğin su ısıtma, su soğutma, birleşik ısıtma ve soğutma ve kapalı devre kondenser soğutma suyu sistemleri) sisteme başlangıçta konu-

lan sudan kaynaklanan toplam taş miktarının ısı transferini etkileyecek düzeyde olmadığı ve korozyonun da ciddi bir sorun yaratmayacağı gibi bir düşünceyle, genellikle önemsenmez. Buna karşılık sızıntı kayıpları genel olup, korozyon ürünleri ısı transfer yüzeylerini kirletecek düzeyde birikim yapabilir. Böylece, korozyonun kontrol edilmesi için bütün sistemin uygun biçimde işlem görmesi gerekir. Yüksek şebeke suyu miktarlarına sahip sistemlerin de taş kontrolü yönünden işlenmesi uygun olur.

Kapalı bir sistem için kontrol programı seçerken aşağıdakiler dikkate alınmalıdır:

- Ekonomi
- Sistem metalürjisi
- İşletme koşulları
- Şebeke suyu miktarı
- Sistem büyüklüğü

Olası işleme teknikleri aşağıdakileri içerir:

- Yumuşatılmış nitrit
- Molybdate
- Silikatlar
- Polifosfatlar
- Oksijenli önleyiciler
- Organik karışımlar

Yeni bir sistem işlem görmeden önce temizlenmeli ve yıkanmalıdır. Gres, yağ, imalat tozları ve çapaklar her zaman değişen derecelerde bulunurlar ve uygun bir ısı transferi sağlamak için yüzeylerden temizlenmeli, lokal korozyon olasılığı azaltılmalıdır. Yeni, kapalı sistemlerin çalışmaya hazırlanması ve doğru bir temizlik için organik yumuşatıcı temizleme deterjanları bulunmaktadır.

#### Su Isıtma Sistemleri

İkincil ve Düşük Sıcaklık: Kışın, ikincil su ısıtma ve primer düşük sıcaklıklı su ısıtma sistemlerine dönüştürülen ve her ikisinde de 60-120°C arasında çalışan kapalı su sistemleri, korozyonun kontrolü için için yılda 125 µm'dan düşük miktarlarda korozyon önleyicilerin sisteme eklenmesi gerekir. İkincil sıcak su sistemlerinde etilen glikol ve propilen glikol donmayı önleyici olarak kullanılabilir. Bu glikoller, sodyum nitrat, potasyum fosfat ve demir olmayan metallerin korozyonu için üretici tarafından eklenmiş organik önleyiciler içerirler.

Önleyicinin azalmadığından emin olmak için periyodik olarak numune alınıp kontrol edilmelidir. Bu amaca yönelik olarak üreticiler ve bazı firmalar tarafından analiz hizmeti verilebilmektedir.

Çevre ve Yüksek Sıcaklık: Çevre sıcaklığında su ısıtan sistemler (120-175 °C) ile yüksek basınçlı ve yüksek sıcaklıklı sistemler (175°C'den yüksek) korozyon ve birikim kontrolü yönünden dikkatli bir işlemlemeyi gerek-tirirler. Taş birikimlerden kaçınmak için bu sistemlerde kullanılan şebeke suyu minerallerden arındırılmalı ve yumuşatılmalıdır. Korozyon kontrolü için sodyum sulfit gibi oksijen alıcılar eklenerek çözülmüş haldeki oksijen sistemden uzaklaştırılabilir. Bazen düşük ve yüksek sıcaklıklı su üretimi için elektrodlu kazanlar kullanılmaktadır. Bu gibi sistemler elektrodlar arasındaki suyun direnci nedeniyle üretilen ısıyı kullanırlar. Kullanılan gerilime göre, sirküle edilen suyun direnci belirli bir aralıkta olmalıdır. Bu sistemler için korozyon ve birikim kontrolü değişiktir. Bazı durumlarda, suyun iletkenliğine katkıda bulunmayan yağ temelli önleyiciler kullanılır.

#### Salamura Sistemleri

Sodyum klorit ya da kalsiyum kloritin güçlü bir çözeltisi olan salamura içeren sistemler, korozyon ve birikim yönünden kontrol edilmelidir. Kalsiyum salamuralarında en az 3000mg/kg ve sodyum salamuralarında en az 4000 mg/kg sodyum nitrit ve 7.0-8.5 arasındaki pH derecesi uygun bir koruma sağlar. Nitritlerin kullanılmadığı yerlerde organik önleyiciler uygun bir koruma sağlamak üzere piyasada bulunmaktadır. Çözünmeyen kalsiyum molybdate birikimi oluşturabileceğinden, kalsiyum salamuraları ile molybdate kullanılmamalıdır.

#### Kazan Sistemleri

Buhar üreten kazanlarda kullanılacak bir çok yöntem bulunmakta olup, yöntem seçiminde aşağıdakiler dikkate alınmalıdır:

- Şebeke suyu kalitesi
- Şebeke suyu miktarı (ya da yüzde olarak kondens dönüşü)
- Ön işleme ekipmanı
- Kazan çalışma koşulları
- Buhar saflık gereksinimleri
- Ekonomi

Şebeke suyunun ön işleme aşığıdakilere oluşur:

- Su yumuşatıcılar (kalsiyum ve magnezyum sertliğinin alınması için)
- Hava alıcılar (çözülmüş gazların, özellikle oksijen ve karbon dioksitin alınması için).
- Alkali alıcılar (yüksek şebeke suyu kullanan sistemlerde ve yüksek alkali içeren sulardaki alkaliliği almak için).

- Mineral ayırıcılar (uygulamanın türüne göre hemen bütün sertliği, alkaliliği ve katıları almak için).
- Ters osmosis (hemen hemen saf su elde etmek üzere, minerallerin ve çözünmüş katıların % 99'unu almak için).

Ön işleme ekipmanı tarafından mekanik yollarla alınmayan kirlilikler kimyasal olarak işlem görmelidir.

Besleme suyundaki çözünmüş gazlar, sertlik ve çözünmüş mineraller, korozyon ve birikim yapımları yönünden bir kez işlem görmelidir. ASME (1994) ve ABMA (1995) kazan suyu için önerilen su kimyası sınırlarını yayımlamıştır.

Kazan suyunun işlenmesi genellikle buharın nihai kullanımı ile belirlenir. İşleme planları, alkaliliğin azaltılması, sertlik alımı, silika çıkartılması, oksijen azaltımı ile taş ve korozyon önleyicilerin beslemesi, oksijen alıcılar, kondens suyu kimyasalları ve köpük önleyicileri içerebilir. Bu planlar aşağıdaki paragraflarda açıklanmaktadır.

**Taş Önlenmesi:** Besleme suyu ön işlemeden geçirildikten sonra, taş oluşumu, fosfatlar, akrilatlar, polimerler, heterosiklik bileşikler, koagülasyon programları ile kontrol edilir. Heterosiklik bileşikler (chelat), polimerler ve akrilatlar sertliği azaltarak taş ve birikinti oluşumunu önler. Fosfatlar ve koagülasyon programları, çamur koşullandırıcılarla birlikte işlev görür (taninler, ligninler, doğal kolalar ve sentetik polimerler) kazanın blöf edilmesiyle atılabilen yumuşatılmış birikintiler üretirler.

**Korozyon ve Oksijen Delinmesinin Önlenmesi:** Kazanlar, suyun düşük pH derecesinde olması ve bazı kimyasalların yanlış kullanım sonucunda korozyona uğrayabilirken, korozyona temelde oksijen neden olur. Etkili bir hava alma çözünmüş haldeki oksijenin önemli bir kısmını atar. Doğru çalışan hava alıcıların çoğu oksijen düzeyini 0.007 mg/kg düzeyine kadar, hava alıcı ısıtıcılar 0.04 mg/kg düzeyine kadar düşürür).

Katalize sodyum sulfit gibi oksijen alıcıları ile patentli oksijen alıcılar daha sonra, hava alıcı ekipmandan sonra besleme suyunda kalan oksijenin alınması için sisteme beslenmelidir. Oksijen alıcılar sadece kazana ek

bir koruma sağlamakla kalmaz, buharı ve kondens suyunu da koruma sağlar. Oksijen miktarının 0.005 mg/kg kadar düşük düzeyleri bile eğer bir oksijen alıcı kimyasalla işlem görmezse, buhar ve kondens suyu sistemlerinde oksijen delinmesine neden olur.

Kazanlar ve ilgili ekipmanda ortaya çıkan korozyonun önemli bir kısmı kazanın boşta olduğu sürelerde ortaya çıkmaktadır. Korozyon, ıslak metalin hava ya da sudaki oksijene maruz kalmasıyla oluşur. Bu nedenle, kazanlar hizmet dışı kaldığında özel önlemler alınması gerekmektedir.

**Islak Kazan Kapatma:** Bu yöntem kazanı işletmeye döndürülebileceği tüm su ile bırakmayı içerir. Bu yöntem kazan suyuna fazladan kimyasalların (genelde bazen alkaliliği artıran, bir oksijen alıcı ve yumuşatıcı) eklenmesini içerir.

Hava hacmini azaltmak için durdurulan ya da boştaki kazanın su düzeyi artırılır ve kazan tamamen işlem görmüş su ile dolu tutulur. Kızdırıcılar özel önlemleri gerektirir. Hava sızdırmaz kazanlarda, bir pozitif basıncı korumak ve böylece içeri oksijen girmesini önlemek için azot gazı da kullanılabilir. **Kuru Kazan Kapatma:** Bu yöntem genellikle kazanın uzun süre devre dışı kalacağı durumlarda kullanılır. Yöntem; kazanın boşaltılması, temizlenmesi ve kurutulmasını içerir. Hidratlı kireç ya da silca gel gibi nem soğuran maddeler tepsi için, kazanın içerisine yerleştirilir. Bundan sonra kazan, havadan korunmak amacıyla iyice sızdırmaz hale getirilir. Uzun süren devre dışı kalan kazanların düzenli aralıklarla kontrolü ve kimyasalların değiştirilmesi gerekir.

### **Buhar ve Kondens Sistemleri**

Buhar ve kondens suyu sistemlerine ilişkin korozyon ve delinme korozyonu gibi iki sorun bulunmaktadır. Kondens sistemini korozyondan korumak için, genel korozyona yol açan asidik koşullarla, delinme korozyonuna yol açan oksijenden korunmaları gerekir. Koruma mekanik ve kimyasal yollarla bunların ikisinin bileşiminden oluşabilir. Kondens sisteminin korunmasında genellikle aşağıdaki sistemler kullanılır.

### **Genel Korozyondan Koruma**

**Mekanik Koruma:** Sistemdeki karbon dioksit miktarını en aza indirmek üzere, kazan besle-

me suyunun alkaliliği azaltılır. Karbon dioksit suyla (kondens suyu) tepkimeye girerek kondens sistemi metalini korozyona uğratan karbonik asit oluşturur. Alkalilik, alkali alıcılar, mineral alıcılar ve ters osmosis yoluyla azaltılabilir. Not: Bir çok durumda, düşük alkali özellikteki şebeke ve/veya besleme suyu nedeniyle mekanik alkali düşürücülere gerek bulunmaz.

**Kimyasal Koruma:** Karbonik asidi nötralize etmek ve kondens suyu pH derecesini 8.0-9.0 arasında tutmak için bu yöntemde, morfolin, dietilanaminoetanol (DEAE) sikloheksilamin gibi uçucu kimyasalları kullanılır.

### **Oksijen Korozyonundan Koruma**

**Mekanik Koruma:** Oksijenin buhar ve kondens suyu sistemine taşınmasını önlemek üzere besleme suyundaki oksijen ortamdan alınır. (Mekanik ya da kimyasal yollarla)

**Kimyasal Koruma:** Kondens sistemi yüzeylerinde ince hidrofobik bir film oluşturmak üzere, oktadesilamin gibi film oluşturan amin beslemesi yapılır. Ayrıca oksijeni ortamdan atmak üzere, buhar içerisine uçucu bir oksijen alıcı beslemesi yapılır.

Kimyasal işleme gereksinimi, sızdırmaz sistemler tasarlayarak bazen besleme suyunun daha az kullanılmasını sağlamakla azaltılır. Daha büyük miktardaki besleme suyu, kimyasal işleme gereksinimini artırır.

### **15. Terimler**

**Korozyon,** taş oluşumu ve kirlenme ile ilgili olarak aşağıdaki terimler su işleme endüstrisinde sıklıkla kullanılır.

**Alkalilik:** Sudaki bikarbonat, karbonat ve hidroksit iyonların toplamı. Borat, fosfat ve silikat gibi diğer iyonlar da, alkaliliğe katkıda bulunabilir.

**Anod:** Bir elektrolit hücrelerinde oksidasyonun ortaya çıktığı elektrot.

**Anyon:** Elektrik potansiyel gradyanından etkilenerek, anoda doğru hareket eden elektrolitteki negatif elektrik yüklü iyon.

**Biyolojik atık:** Kurtçuk, yosun ve ipliksi gibi organizmaların ya da yaşam süreçlerinin

ürünlerinin suda bulunan birikimleri.

**Elektrolit:** İçerisinden elektrik akımının geçebildiği çözelti.

**Filtrasyon:** İçerisindeki asılı haldeki maddelerin alınmasını sağlamak üzere, bir sıvının gözenekli bir ortamdan geçirilmesi.

**Galvanik korozyon:** Bir elektrolit içindeki farklı iki metalin birbirine temas etmesi ya da uniform olmayan konsantrasyondaki bir iletken içinde iki metalin birbirine temas etmesiyle ortaya çıkan korozyon.

**Katod:** Bir elektrolit hücrede azalmanın ortaya çıktığı elektrod.

**Kasyon:** Elektrik potansiyel gradyeninden etkilenerek, katoda doğru hareket eden elektrolitteki pozitif elektrik yüklü iyon.

**Koroziflik:** Çevrenin ya da çevresel faktörün belirli bir malzeme üzerinde korozyon süreci yoluyla yıpranma üretebilirliği.

**Korozyon:** Genellikle metal olmak üzere, malzemenin çevreden etkilenerek yıpranması.

**Önleyici:** Korozyon, taş oluşumu ve kirlenme ile ipliksi üretimini azaltan kimyasal madde

**Sertlik:** Sudaki kalsiyum ve magnezyum iyonlarının mg/kg kalsiyum olarak ifade edilen toplamı.

**İyon:** Elektrik yüklü atom ya da atom grubu.

**Pasiflik:** Bir metalin belirli bir çevreye karşı etkisi olma durumu.

**pH:** Bir çözeltideki hidrojen iyonu konsantrasyonunun tersinin logaritması. pH derecesi 7'nin altına düşükçe asitlik, 7'nin nüzere çıktıkça alkalilik artar.

**Polarizasyon:** Bir elektrodun, akımın geçmesinden kaynaklanan açık devre potansiyelindeki sapma.

**ppm:** Kütleli olarak parts per million. Su

için ppm genelde litredeki miligram (mg/L) ile aynıdır.  $10\ 000\ ppm\ (mg/L) = \%$ .

**Taş:** 1. Bir metal yüzey üzerinde kalın korozyon tabakalarının yüksek sıcaklıktaki birikimi. 2. Suda çözünmeyen parçacıkların metal yüzeyler üzerinde birikmesi.

**Çamur:** Çökelme ürünü, cıvık biçimdeki biyolojik ya da havadaki asılı parçacıklardan kaynaklanan oluşum.

**Tüberkülasyon:** Bir yüzey üzerinde dağınık, topuz biçiminde lokalize korozyon ürünü olan tepcikler.

**Su kaynaklı birikim:** Sudan ya da suyla olan tepkimededen kaynaklanan ve metal yüzeyler üzerinde çözünmeyen malzeme birikimi.

## 16. Kaynaklar

1. Ashrae Application Handbook, Kısım 48, 2003. (Çeviren: Nejat Demircioğlu)
2. Boz B. E., Tesisat Mühendisliği Uygulama Kitabı, TTMD Yayını No: 9, İstanbul, 2001.

### **Yazar,**

### **Tuba Küçük,**

1977 Trabzon doğumludur. 19 Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünü tamamlamıştır. 2002'den bu yana özel sektörde görev yapmaktadır.