

BİYOFİLM: İşletmelerde Sorun Yaratan Biyolojik Bir Oluşum



YÜK. MÜH. ENİS BURKUT
enis@burkut.com.tr

Biyofilm, bakterilerin yarattığı çok güçlü bir koloni oluşumudur ve Biyofilmin giderilmesi zordur.

“**B**iyofilm” kelimesi az bilinen bir kelime olmasına rağmen, aslında normal hayatımızda çok karşılaştığımız bir olaydır. Örneğin tıkanan lavabolar içinde “Biyofilm” oluştuğu için lavabolar tıkanır, biz de mekanik yöntem ile veya lavabo gideri içine “Lavabo aç” adı ile satılan “kostik” kimyasalı dökerek Biyofilmi bozarız ve lavabo gideri açılır.

Işık gören bir yerde, ılıman günlerde, bir kap içine su koyup bu suyu 8 – 10 gün hiç ellemesek, bu süre sonunda kabın iç cidarına elimizi değdirdiğimizde “kayganca” bir tabakanın oluştuğunu fark ederiz, işte bu, ortam havasından suya gelen mikroskobik canlıların suda üremesi sonucu oluşan Biyofilm kolonisinden başka bir şey değildir.

Tabiatla, karınca kadar çok küçük canlıların aralarında mükemmel bir iletişim kurduğunu fark ederiz. Gözle göremediğimiz mikrobiyolojik canlılar da aralarında benzer şekilde ilişki kurar; kendi ürettikleri yapışkan sıvılar sayesinde hem yüzeylere yapışarak tutunurlar, hem birbirlerine yapışarak koloni oluştururlar, hem de ortamdaki maddeleri ve gıda maddelerini kolonilere yapıştırarak koloninin içeriğini zenginleştirirler. Birden fazla mikroorganizma kolonisinin beraberce büyüttiği Biyofilm tabakalarında karmaşık sinerjisi olan bir sosyal yapı oluşur.

Bazı sulu sistemlerde oluşan Biyofilm, içine klor gibi, biyosit gibi dezenfektanlara karşı kale kadar korunaklı yuvadır. Biyofilm, içinde su bulunan birçok aparatın tıkan-

masına sebep olur. Soğutma kulelerinde üreyen ve insan için ölümcül olan legionella bakterisinin de biyofilmler içinde ürediği keşfedildi. Biyofilm kalesi içine girilemediği için Legionella bakterisi ile mücadele de zordur.

2015 yılında İstanbul’da “Legionella Yönetilebilir bir Risktir” konulu bir sempozyum düzenlendi ve bu sempozyumdaki konuşmacıların birinden çok önemli bir bilgi öğrendik:

“Kimyasallar ile biyofilme bir şey yapılamadığını fark eden ilim, şimdi biyofilmi oluşturan birimlerin aralarındaki iletişimi bozmak için yöntemler arıyor.”

Bu bilgiyi bize aktaran konuşmacıya çok teşekkür ederiz. Bu bilgi sayesinde biz de biyofilmin klor ile veya başka



Radyo frekansı ile soğutma suyunda kireçlenmeyi ve yosun oluşmasını önleyen frekans jeneratörü

dezenfektanlar ile yok edilemeyeceğini öğrendik, farklı yöntemler denemeye başladık. Uzun yıllardır soğutma sistemlerinde kireçlenmeye karşı kullanılan ve radyo frekansı üreten bir cihazın soğutma kulelerinde yosun üremesini engellediğini fark ediyorduk, fakat yosunun neden üremediğini anlayamıyorduk. Bu cihazın ürettiği frekans “canlı” olan yosunu önlediği gibi mikroskobik biyofilmin oluşmasını da önleyebilir, ancak henüz böyle bir araştırma yapma fırsatını bulamadık.

Bu yazımızda Biyofilmin yalnızca işletmelerde yarattığı sorunlar üzerinde duracağız.

Biyofilm işletmelerin birçoğunda, sulu bölgelerde üreten bir “olay”dır. “Olay” diyoruz, çünkü biyofilm mikrobiyolojik canlıların “koloni” şeklinde kendi aralarındaki iletişim sayesinde oluşan bir olaydır. Bu biyolojik “olay” jelimsi bir tabaka gibidir ve uzun süre kendi haline bırakıldığında, Resim 2’de görüldüğü gibi, işletmedeki filtreleri, boruları dahi tıkayarak basınç kaybını yükseltir, buna ek olarak, su sisteminde bakteri yükünü artırır.



Biyofilm ile kaplanmış bir filtre

Biyofilm ile suda bulunan bakteri arasındaki fark: Su içinde “yüzer halde” bulunan bakteriler bireysel canlılar olup bazı dezenfektanlar ve biyositler ile giderilebilir.

Ancak, sulu ortamdaki bir cidara tutunan mikrobiyolojik canlılar (bakteri, maya, küf gibi) tutundukları yüzeyde, aralarındaki harika iletişim sonucu şekil değiştirip Biyofilm oluşturur; ortak çalışma sonucu bu canlılar yapışkan (kaygan) bir madde üreterek kendilerini çevreden koruyan bir “katman” meydana getirir. Böylece artık bu canlılar bireysel değil, aralarında harika iletişimi olan Biyofilm organizasyonudur ve bakteriden çok farklı davranır: Tüm dezenfeksiyon ve biyosit kimyasallarına karşı kendini korur, koruma katmanı içinde başka bakterilerin yerleşmesine ve üremesine de müsaade eder, fakat biyofilm içine ihtiyacı olan gıdanın girmesini de sağlar.

Biyofilm su sistemine ne tür zararlar verir?

Jelimsi tabaka ile korunaklı olan biyofilm zaman içinde bu tabakayı kalınlaştırır ve bunun sonucunda işletmeler aşağıdaki sorunlar ile karşılaşır:

- Yeterli dezenfekte edilmeyen su depolarında su az hareketli olduğundan, depo cidarlarında Biyofilm üreme olasılığı yüksektir. Zaman içinde kalınlığı yükselen biyofilmden parçalar kopar ve böylece biyofilm su sisteminin başka bölgelerine de taşınmış olur.
- **Borularda:** Özellikle su hızının düşük olduğu su borularında biyofilm üremeye ve kalınlaşmaya başlar, bunun sonucunda borularda basınç kaybı yükselir ve su debisi azalır. Karbon – çelik gibi bazı metal borularda biyofilm korozyon oluşturur ve borular delinebilir. Ayrıca, biyofilm, noktasal olarak boruda elektro-korozyona da sebep olur ve böylece paslanmaz çelik boru dahi delinir.



Su borusu içinde oluşmuş biyofilm tabakası

- **Mekanik Filtreler içinde üreme:** Resim 1’de filtrenin durgun bölgesinde biyofilm görünüyor. Su hızının düşük olduğu filtrelerin her yerinde biyofilm üreyebilir ve bunun sonucunda filtrede basınç kaybı yükselir. İyi dezenfekte edilmemiş su sistemlerinde, su içinde fazla

kirlilik olmamasına rağmen, kartuş filtrelerin üzerinde biyofilm ürettiği için, kartuşların çok sık değişmesi gerektiğine şahit oluyoruz.

- Kum Filtrelerinde su hızı düşüktür, filtreye gelen su dezenfekte edilmediyse, filtre kumu içinde gelişen biyofilm kumları birbirine yapıştırır ve sonuç olarak, filtreden geçen su bireysel kum içinden değil, iri kum bloklarından geçtiği için hiç filtrelenmez.



Biyofilm ile bloklanmış kum filtresi kumu

- Aktif Karbon Filtrelerde Biyofilm her bir aktif karbon tanesinin gözeneklerinde oluşur ve bunun sonucunda Aktif Karbon filtre dolgusu işe yaramaz. Bu üremenin oluşmaması için, Aktif Karbon dolgusu periyodik olarak buhar ile veya 80° – 90° C su ile işlem yapılması gerekir.
- Ters ozmoz membranları içinde biyofilm üremesi: Ters ozmoz membranı içinde su hızı çok düşüktür, bu sebeple, membran içine mikrobiyolojik canlı girdiğinde burada üyeyerek biyofilm oluşturur. Bunun sonucunda membranlarda basınç kaybı yükselir, üretim debisi azalır.



İçinde biyofilm oluşmuş ters ozmoz membranı

- Soğutma Kulelerinde ve Soğutma Sistemlerinde Biyofilm: Soğutma kuleleri, görevi gereği her gün milyonlarca metreküp ortam havasını soğutma suyu içinden geçirir, dolayısı ile, ortam havası içinde bulunan her tür bakteri soğutma suyu içine girer. Soğutma suyu sistemi başarılı bir şekilde sürekli olarak (kesintisiz) dezenfekte ediliyorsa, soğutma suyunda bakteri üreme ve biyofilm oluşum riski çok düşük olur. Ancak, su dezenfeksiyonu ihmal edildiğinde soğutma suyunda bakteriler geometrik hız ile çoğalır ve önce soğutma kulesi dolgusunda, daha sonra soğutma suyu borularında, hatta ısı eşanjörlerinde dahi biyofilm üreyebilir. Bunun sonucunda soğutma suyu debisi azalır ve ısı değiştiricilerde tasarımdaki istenen ısı alışverişi elde edilemez.



Soğutma kulesi dolgusu içinde oluşmuş biyofilm

- Isı Eşanjörlerinde biyofilm üreyebilir. Aşağıdaki resimde görüldüğü gibi, su geçiş hızı az olan ısı eşanjörlerinde de biyofilm üreyebilir ve oluşan tabaka eşanjörün ısı geçişini azalttığı gibi, eşanjör içindeki su hızını da düşürür.



İçinde biyofilm üremiş ısı eşanjörü

BIYOFİLM ile nasıl mücadele edilir?

Biyofilm mücadelesi için en başarılı çözüm biyofilm oluşmasına müsaade etmemek ve bunun için mikroskobik canlıların su sisteminde yaşamasını engellemektir. Bu mücadelenin en basiti işletmeye gelen ham suyun sodyum hipoklorit (klor) veya bakteri giderici biyositler ile dezenfekte edilmesi veya suyun Ultra Filtre'den geçirilerek canlılardan arındırılmasıdır.

Dolayısı ile bir tesis yeni kurulurken “kesintisiz” dezenfeksiyon yöntemi ile mikroskobik üreme engellenmeli, biyofilme karşı gerekli önlemler alınmalı ve biyofilm oluşumuna müsaade edilmemelidir.

Gerek kendi tecrübelerimiz ve gerekse internet araştırmamız biyofilmi tam olarak gideren basit bir yöntemin olmadığını gösteriyor. Biyofilm oluşumunun türüne ve yerine göre aşağıdaki Biyofilm mücadelesi yöntemleri denenebilir.

1. 80-90 °C gibi yüksek sıcaklığa dayanıklı cihazlarda sıcak su sirkülasyonu ile biyofilm giderilebilir.
2. Mekanik yöntemlerin kullanılabileceği yüzeylerde, biyofilm sıyrılarak yüzeylerden çıkarılabilir.
3. Kostik (NaOH) solüsyonu ile elde edilecek pH = 12 civarında 40°-50° C derecelerde su ile ve uzun süreli sirkülasyon ile biyofilm giderilebilir.
4. Ozona dayanıklı yüzeylerde yüksek miktarda ozonlu su kullanılarak biyofilm giderilebilir.
5. Bazı radyo frekansları da biyofilm oluşumunu engelleyebilir ve var olan biyofilmin giderilmesini sağlayabilir.

Özet olarak: Biyofilm birçok yerde kolayca oluşabilen tabii ve biyolojik bir varlıktır. Daha önce oluşmuş biyofilm ile mücadele zor olduğundan, bir işletme kurulurken biyofilmin hiç oluşmaması için gerekli dezenfeksiyon sistemleri kurulmalı ve etkili şekilde kontrol altında tutulmalıdır. [suçevre](#)