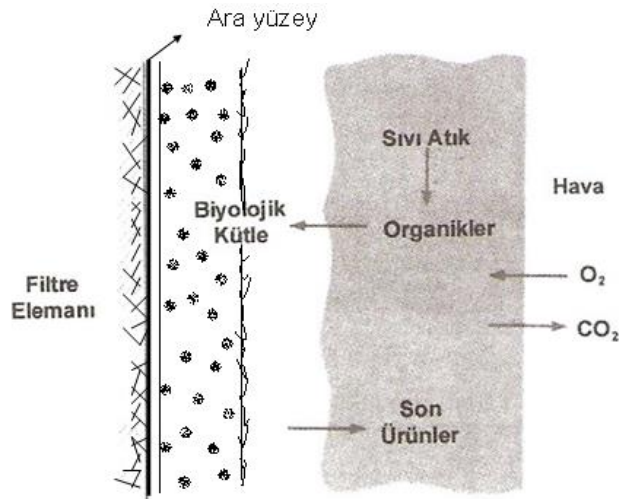


## **DAMLATMALI FİLTRELER**

Damlatmalı filtreler üzerinde mikroorganizmaların biyofilm halinde büyüdüğü katı tanecikler içeren bir dolgulu sistemdir. Bu birim içinde 0,1-10 cm büyüklüğünde dolgu malzemesi (kıрма taş, plastik, sert kömür, özel dolgu maddeleri vs.) bulunan bir tanktan oluşur. Bu tankın üzerine ilk arıtmaya (birinci kademe) tabi tutulmuş atıksu belirli bir debi ile verilir. Bu işlem genellikle tankın merkezi etrafında yavaşça hareket eden delikli bir borudan oluşan bir düzenekle (atıksu dağıtım sistemi) sağlanır.

Temizlenmiş biyofilmden taşın üzerinde kısa bir zaman içinde yeniden biyofilm tabakası oluşmakta ve döngü bu şekilde devam etmektedir. Damlatmalı filtreden çıkan atıksu son çökeltme tankına verilir. Çökeltme tankı çıkışından belli oranda su damlatmalı filtreye, gerekli hidrolik yükü sağlamak üzere geri verilir. Damlatmalı filtreler akış hızlarına göre “yavaş” ve “hızlı” olmak üzere ikiye ayrılırlar. Yavaş filtrelerde  $2.000-4.000 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-gün}$ , hızlı filtrelerde ise  $10.000-30.000 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-gün}$  atıksu verilmektedir.



Damlatmalı filtrelerde biyokimyasal reaksiyonlar

Düşük hızlı filtrelerin işletmeleri daha kolaydır ve küçük nüfuslar için kullanılırlar. Bu tip filtreler, taş ve çakıl gibi doğal malzemelerle kolayca yapılabilirler. Gerekli ekipman, sadece bir dozlama sifonu ve dağıtıcıdır. Filtre ortamı, 2-3 m derinliktedir. Filtre girişi ve çıkışı arasında 2,5-3,5 m'lik bir yük kaybı olur. Genellikle geri devirsiz olarak düzenlenirler. Bu nedenle bu tip filtrelerde pompa gerekmebilir. Arazi ihtiyacı, 0,5-0,7 m<sup>2</sup>/kişi arasında değişir.

Yüksek hızlı filtrelerde BOI giderimi, BOI yüklemesine, geri devir oranına ve kullanılan ortamın tipine bağlı olarak %65-85 arasındadır. Bu tip filtrelerdeki nitrifikasyon da, uygulanan BOI yüküne bağlıdır. Taş dolgulu filtre derinliği, nitrifikasyon yönünden önemlidir. Evsel atıksular için 2 değerinin üzerindeki geri devir oranları ekonomik olmaz.

Damlatmalı filtrelerin en büyük üstünlüğü organik yükün büyük değişimlere uğramasına rağmen verimin olumsuz yönde fazla etkilenmemesidir. Arıtılmış çıkış suyunun belli oranlarda geri devri ile tekrar sisteme verilmesi arıtım verimini artırır.

### Evsel atıksuların damlatmalı filtrelerle arıtımında tasarım kriterleri

Konu	Düşük hızlı filtreler	Yüksek hızlı filtreler (taş ortamı)	Yüksek hızlı filtreler (plastik ortamı)	Kaba filtreler
Hidrolik yük (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .gün)	1-4	10-30 <sup>a</sup>	40-90 <sup>a</sup>	60-180 <sup>a</sup>
Organik yük (kgBOI/m <sup>2</sup> .gün)	0,1-0,3	0,3-1,2 <sup>b</sup>	1,2-3 <sup>a</sup>	2-6 <sup>b</sup>
Geri devir oranı	-	0,5-3	1-4	1-4
Derinlik(m)	1,8-3	1-3	4-12	4-12
Filtre ortamı	Taş, çakıl	Taş, çakıl	Plastik	Plastik
BOI giderim verimi (%)	80-85	65-85	65-85	40-65
Nitrifikasyon	iyi	Sınırlı	Sınırlı	-

<sup>a</sup> Geri devir dahil

<sup>b</sup> Geri devir dahil değil

### Damlatmalı filtreler ve aktif çamur sistemlerinin karşılaştırması

<i>Parametre</i>	<i>Damlatmalı Filtre</i>	<i>Aktif Çamur</i>
Yatırım maliyeti	Yüksek	Düşük
İşletme maliyeti	Düşük	Yüksek
Alan gereksinimi	Yüksek	Düşük
Havalandırma	Yeterli olmayabilir	Yeterli
Sıcaklık kontrolü	Zor	Kolay
Şok yüklemelere duyarlılık	Az duyarlı	Çok duyarlı
Çıkış akımının berraklığı	İyi	İyi değil
BOI giderimi (%)	80-90	80-90
Hidrolik bekleme süresi		
Düşük hız	6-40 saat	4-10 saat
Yüksek hız	0,5-4 saat	
Koku	Fazla	Az

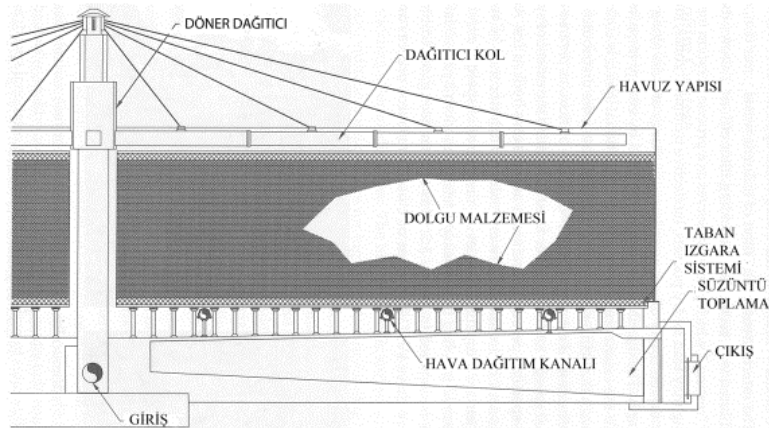
### **Kırma Taş Dolgulu Damlatmalı Filtreler**

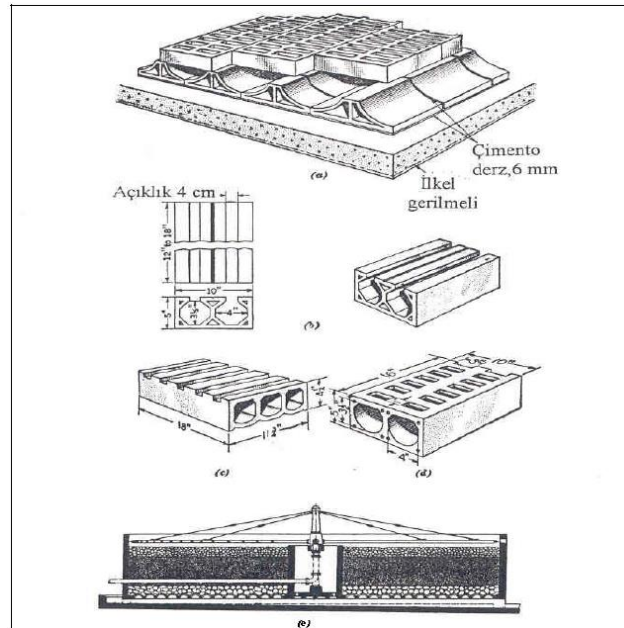
Bir damlatmalı filtrenin başlıca bileşenleri, döner dağıtıcı, drenaj sistemi ve filtre malzemesidir. Atıksu, bir pompa ile dağıtıcının bağlı bulunduğu düşey boruya basılır. Dağıtıcıyı oluşturan borular üzerine açılmış deliklerden fışkıran su jetleri, impuls teoreminden doğan reaksiyon kuvvetleriyle, dağıtıcının dönmesini sağlar.

Böylece atıksu, kırma taş üzerine eşit olarak dağılmış olur. Çıkış kanalı ve havalandırma bacaları, filtre içinde iyi bir hava akımı meydana getirecek şekilde oluşturulur. Filtreden çıkan sular biyolojik verimi arttırmak için geri döndürülerek tekrar filtreden geçirilebilir.

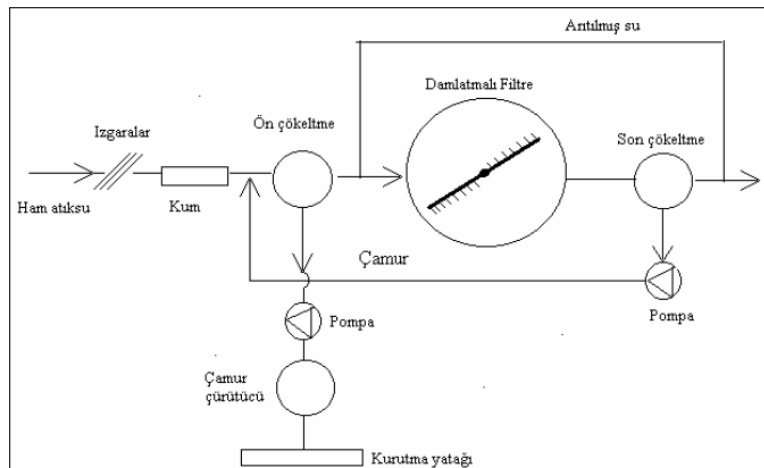


Filtre malzemesi, sağlam dayanıklı, suda erimez ve ufalanmaz cinsten olmalıdır. Bu, sebeple en çok kırma taş ve benzeri malzemeler kullanılır. Tercih edilen tane çapı 10 cm'dir. Her ne kadar daha küçük çaplı taşlar, biyofilm oluşumu için daha büyük bir yüzey alanı sağlasa da, taneler arasındaki boşluklar tıkanma eğilimi gösterirler ve hava ve su geçişini sınırlandırır. Filtre yüksekliği 1,5 m ile 2,1 m arasında değişir. Filtrenin daha yüksek yapılması BOI giderme verimini çok fazla arttırmaz.





Bir damlatmalı filtrenin kesiti ve tabandaki drenaj sisteminin detayları



Damlatmalı filtre sisteminin akım diyagramı

### **Sentetik Dolgulu Damlatmalı Filtreler (Biyolojik Kuleler)**

Son yıllarda damlatmalı filtreler için birkaç çeşit sentetik dolgu malzemesi üretilmiştir. Kırma taşa kıyasla bu malzemelerin esas üstünlüğü, özgül yüzeylerinin fazla olmasıdır. Bu sayede oksijen sağlayan hava boşlukları tıkanmadan, daha fazla miktarda biyofilm üreyebilmektedir.

Diğer üstünlüğü, sıvının daha iyi dağılmasını sağlayan üniform bir filtre ortamı oluşturmaları, hafif olmaları nedeniyle daha büyük bir kimyasal dirence sahip olmaları ve çok fazla organik madde içeren ve çökelmemiş olan atıksuları arıtabilmeleridir.



**Plastik dolgulu damlatmalı filtre**



Plastik filtre blokları, Flocor gibi bazı ticari isimler altında piyasada satılmaktadır. Bunlar 0,6m genişlik ve kalınlıkta, 1,2 m uzunlukta modüller halinde olup oluklu levhaların yanyana getirilmesinden meydana gelir. Özgöl yüzey alanı  $29 \text{ m}^2/\text{m}^3$ 'dür.

Çürümeye karşı dayanıklı kızılcımdan yapılmış filtre malzemeleri de bulunmaktadır. Kalın testere ile kesilmiş kızılcım çıtaların yatay olarak  $1,2 \times 1,2 \text{ m}^2$ 'lik çerçeveler haline getirilmesinden meydana gelmiştir. Kızılcımdan yapılmış bu filtre malzemesinin özgöl yüzey alanı  $14 \text{ m}^2/\text{m}^3$ 'dür.

Plastik paketlerin oluklu yüzeyleri ve kızılcımın testere ile kesilmiş pürüzlü yüzeyleri, biyolojik filmin tutunmasını kolaylaştırır.

Sentetik malzemeli filtrelerin yapılmasıyla, endüstrilerden ve evlerden gelen atıksuların arıtılmasında biyolojik filtrasyonun uygulama alanı genişlemiştir. Genel olarak kırma taş filtreler, gıda endüstrisinden gelen çok konsantre atıksuların arıtımına uygun olmadığı halde, çok kademeli biyolojik kuleler, bu suları arıtabilmektedirler. Mevcut sistemlerde işletme kolaylığı sağlamak veya arıtım verimini arttırmak için kırma taş malzemeyi sentetik malzeme ile değiştirmek mümkündür.

Ancak döner dağıtıcısı olan bu sistemler, 1,5m ile 2m gibi küçük bir yatak derinliğine sahipse, be şekilde optimum sonuç alınamaz. Yükseklik 6m ve daha fazla ise daha iyi sonuç elde edilir. Bu kuleler, daha fazla bir temas süresine olanak verir ve atıksular döner dağıtıcılar yerine sabit dağıtıcılar yardımıyla sürekli olarak sisteme beslenir.

Özel durumlarda, mevcut arıtma sistemlerinde, ilk çökeltmeden önce biyolojik bir kule inşa edilebilir. Organik yük aralığı 400-2,400 g/m<sup>3</sup>/gün'dür. Hidrolik yük 10m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/gün değerine kadar çıkar. Sentetik malzemeli biyolojik filtreler, işletme güçlükleri ve koku problemine karşı kırma taş filtrelerle göre daha az sorun çıkarırlar.

### Taş Dolgulu Filtreler İçin Tasarım Formülleri

Filtrenin ilk kademesi:

$$E_1 = \frac{100}{1 + 0.4432 \sqrt{\frac{W_1}{V.F}}}$$

Geri devir faktörü:

$$F = \frac{1 + R}{(1 + R/10)^2}$$

İkinci kademe:

$$E_1 = \frac{100}{1 + \frac{0.4432}{1 - E_{1f}} \sqrt{\frac{W_2}{V.F}}}$$

$E_1$  = geri devir ve çöktürme içeren proses için

20°C' de BOİ giderim verimi, %

$W_1$  = filtredeki BOİ yükü, kg/gün

$V$  = filtre ortamının hacmi, m<sup>3</sup>

$F$  = geri devir faktörü

$R$  = geri devir oranı  $Q_r/Q$

$Q_r$  = geri devir debisi

$Q$  = atıksu debisi

$E_2$  = geri devir ve çökelme içeren iki kademeli filtre için

20°C' de BOİ giderim verimi, %

$E_{1f}$  = tek kademeli filtrede giderilen BOİ

fraksiyonu

$W_2$  = iki kademeli filtreye uygulanan BOİ yükü

### Plastik Ortam Filtreler İçin Formüller

$$\frac{dS}{dt} = -k.S$$

$$\frac{S_e}{S_o} = e^{-k.D/Q^n}$$

$$\ln \frac{S_e}{S_o} = -\frac{k.D}{Q^n}$$

S: Giriş BOI konsantrasyonu, mg/L

Se:Çıkış BOI konsantrasyonu, mg/L

D: Filtrenin dolgu derinliği, m

Q: Hidrolik yük (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.gün)

n: kullanılan dolgu malzemesi için karakteristik sabit

Mart 20

21

### Geri Döngülü Sistem İçin

$$S_o = \frac{F.S + \alpha.F.S_e}{F(1 + \alpha)} \quad \text{Pay ve payda 1/F ile çarpılırsa}$$

$$S_o = \frac{S + \alpha.S_e}{1 + \alpha}$$

$$\frac{S_e(1 + \alpha)}{S + \alpha.S_e} = e^{-\frac{K.D}{Q^n}}$$

$\alpha$  : Geri devir oranı

Pay ve payda 1/S ile çarpılırsa

Mart 20

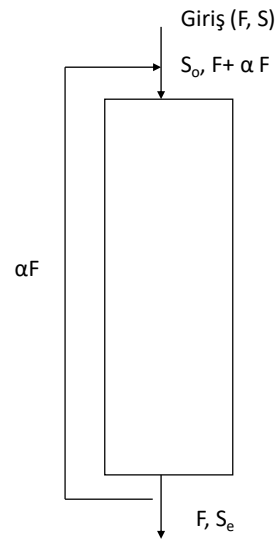
22

$$\frac{S_e / S(1+\alpha)}{1+\alpha(S_e / S)} = e^{-\frac{K.D}{Q^n}}$$

$$\ln \frac{S_e / S(1+\alpha)}{1+\alpha(S_e / S)} = -\frac{K.D}{Q^n}$$

$$Q = - \left( \frac{K.D}{\ln \frac{S_e / S(1+\alpha)}{1+\alpha(S_e / S)}} \right)^{1/n}$$

$$A = \frac{F}{Q} \quad A = \frac{1+\alpha.F}{Q}$$



23

Mart 20

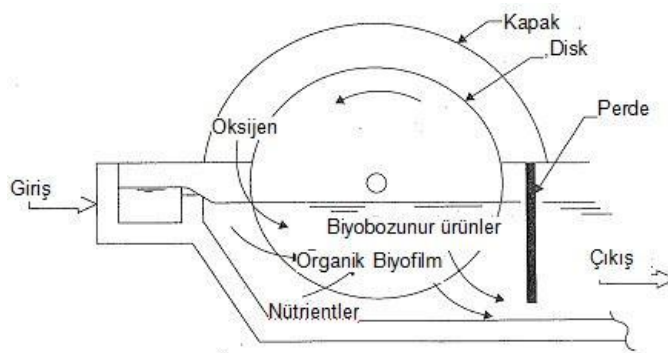
23

## RBC (Döner Biyodiskler)

Döner biyodisk proseslerde, çok sayıda dairesel plastik disk, merkezi bir şaft üzerine bağlıdır. Diskler suya batıktır (%40-80 oranında) ve tank içinde dönerek atıksuyun arıtılmasını sağlarlar.

Disklere bağlı olan mikroorganizmalar arıtmadan sorumludurlar. Sıvıdan disk üzerine alınan organik maddenin dönüşümü için gereken oksijen, diskin atıksu dışında dönen kısmı vasıtasıyla atmosferden adsorbe edilerek sağlanır.

Bazı dizaynlarda disklerin döndürülmesi ve oksijen sağlanması için, diskler hava tutucu hücreler ile teçhiz edilir. Bazı durumlarda hava, tankın tabanından da verilir. Görüş ve işletme şekli bakımından, biyodisk prosesleri yüksek geri devir oranlarıyla damlatmalı filtreye benzerdir.



Tipik Biyodisk



Döner biyodisk üniteleri daha çok küçük yerleşim merkezlerinin evsel atıksularının arıtımında kullanılmakla beraber, bazı durumlarda düşük devirli endüstriyel atıksulardan BOI gideriminde de kullanılabilir. Bu sistemler plastikten yapılan 2-3 m çapında, 2-3 cm kalınlığında disklerden oluşur. Diskler bir şaft üzerine birbirine paralel olarak yerleştirilir ve şaft bir motor yardımı ile döndürülür.

Atıksu, uzun ve sığ tankların içine konur ve diskler atıksu içinde %40-50 oranında batık şekilde döndürülür (2-10 devir/dakika). Mikroorganizmalar disk üzerinde biyofilm oluşturacak şekilde büyürler ve atıksudaki organik bileşikler biyofilm içine damlatmalı filtrelerde olduğu gibi adsorplanır ve biyolojik reaksiyon meydana gelir.

Mikroorganizmalar oksijen gereksinimini diskin dönüşü sırasında hava ile temas ederek sağlarlar. Kalın biyofilmler substrat difüzyon limitlerine yol açtığı için; çok ince biyofilmler de daha az etkin oldukları tercih edilmezler. Sistem için önerilen optimum biyofilm kalınlığı 2-3 mm'dir.

Dönen biyodisk ünitelerinin enerji gereksinimi 3m'lik diskler için 75 W/m (30 adet x 3m), 2 m'lik diskler için 50 W/m (35 adet x 2m) dir. Çıkış suyu BOI'si istenen seviyede değil ise geri devir uygulanabilir. Arıtma sonucu yaklaşık olarak 0,8-1,2 kg çamur/kg BOI oluşur.

Disk ünitelerinin projelendirilmesinde ilk adım, istenen derecede biyofilm çoğalması için gerekli yüzey alanının tahmin edilmesidir. Biyofilm gelişmesi oranı, istenen BOI giderimine bağlıdır.

### Proses Analizi

Kornegay, madde dengesi yaklaşımı kullanarak, aşağıdaki denklikleri geliştirmiştir. Tek kademeli sistemler için

$$Q(S_o - S) = 2PN\pi \frac{S}{K_s + S}$$

denkliği N kademeli sistemler için;

$$Q(S_o - S) = 2PN\pi \left( r_0^2 - r_u^2 \right)_{i=1,n} \frac{S_i}{K_s + S_i}$$

denkliği kullanılmaktadır.

Bu denkliliklerde;

Q: atıksu debisi

$S_0$ : giriş boyu BOİ konsantrasyonu ve

$K_s$  ve P: laboratuvar ve pilot-tesis çalışmalarından elde edilen kinetik parametreler

$r_o$  ve  $r_u$ : toplam ve suya batık olmayan disk yarıçapları

N: her kademedeki disk sayısı

P: Birim yüzey alanı başına maksimum substrat giderme hızı

$S_i$ : i'inci kademedeki BOİ konsantrasyonu

$S_n$ : n'inci kademedeki çıkış suyu konsantrasyonu

Mart 20

31

### Döner biyodisk için tipik tasarım kriterleri

Parametreler	Arıtım Seviyesi		
	İkinci Kademe	Birlikte Nitrifikasyon	Ayrı Nitrifikasyon
Hidrolik yük, $m^3/m^2 \cdot g$	0,08-0,16	0,03-0,08	0,04-0,1
Organik yükler			
kgÇBOİ <sub>5</sub> /m <sup>2</sup> ·g <sup>a</sup>	0,004-0,01	0,002-0,007	0,0005-0,0015
kgTBOİ <sub>5</sub> / m <sup>2</sup> ·g <sup>b</sup>	0,01-0,017	0,007-0,015	0,001-0,003
Birinci adımda max.yüklenme			
kgÇBOİ <sub>5</sub> /m <sup>2</sup> ·g <sup>a</sup>	0,02-0,03	0,02-0,03	-
kgTBOİ <sub>5</sub> / m <sup>2</sup> ·g <sup>b</sup>	0,04-0,06	0,04-0,06	-
NH <sub>3</sub> yükü, kg/m <sup>2</sup> ·g	-	0,0007-0,0015	0,001-0,002
Hidrolik kalış süresi,Θ,saat	0,7-1,5	1,5-4	1,2-2,9
Çıkış BOİ <sub>5</sub> , mg/l	15-30	7-15	7-15
Çıkış NH <sub>3</sub> ,mg/l	-	<2	1-2

<sup>a</sup> ÇBOİ<sub>5</sub> = Çözünmüş BOİ<sub>5</sub>

<sup>b</sup> T BOİ<sub>5</sub> = Toplam BOİ<sub>5</sub>