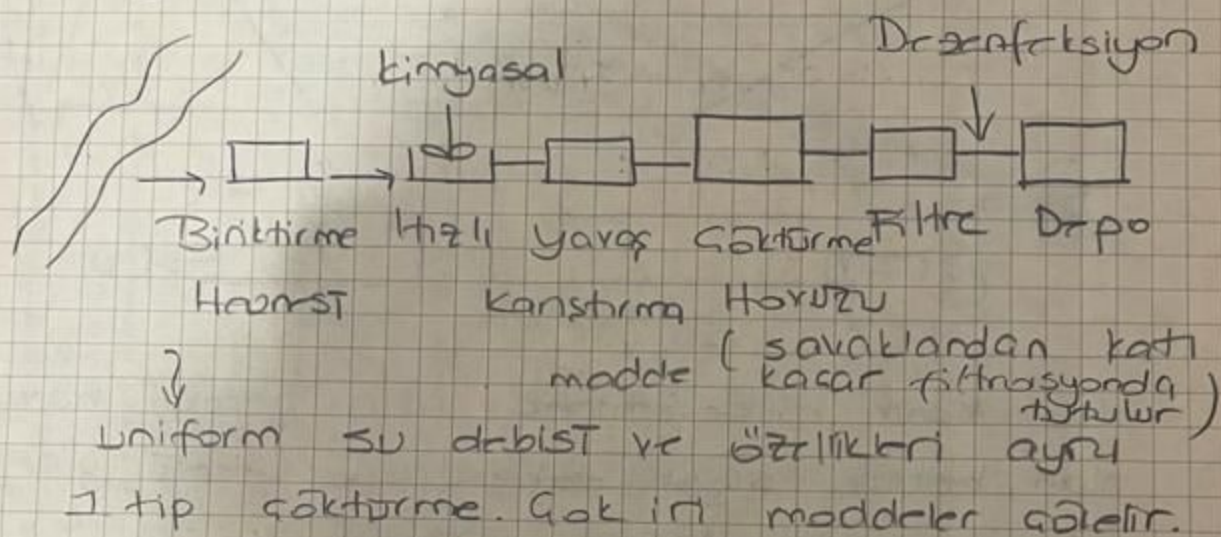


Filtrasyon maksatları =

- 1) Asılı bulunan taneçiklerin giderilmesi (Bulanıklık)
- 2) Organik maddelerin okside olmasını sağlamak



yavaş kum filtrasyonu =

- 3) mikroorganizmaları sudan gidermek
- 4) Demir ve Mangane oksidasyonu
- 5) Amonyumun okside edilmesi

* Hızlarına göre filtreler

- 1) hızlı kum filtre
- 2) düşük hızlı yavaş kum filtre (kati filtre)

* Hidrolik Asıdan

- 1) Yerçekimi ile yukarıdan aşağı geçen filtre
- 2) Aşağıdan yukarı geçen filtre
- 3) Basıncı filtre

* Filtre Malzemesine Göre

- 1) Kum Filtre
- 2) Antrasit filtre
- 3) Kum + antrasit
- 4) Diatomit filtre

* Filtrasyonun mekanizması

- 1) mekanik süzme
- 2) çökelme
- 3) Adsorbsiyon
- 4) Kimyasal reaksiyon
- 5) Biyolojik faaliyet



- 1) kirlenici saptı maddeden büyükse tutulur.

$d = 0,4 \text{ mm}$ kum malzemesi
boşluk büyüklüğü $62 \mu\text{m}$.

$d > 62 \mu\text{m}$ katılar tutulur.
mikroorg.

Al ve Fe yumakları $20-50 \mu\text{m}$

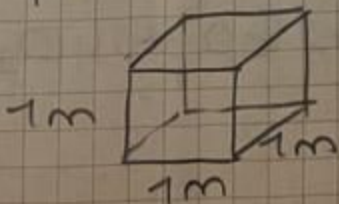
kum çapı $\downarrow$ kum kaybı artar, filtre tıkanır.

- 2) Kum taneleri yüzeyinde çökelme

1 m^3 hacmindeki filtre malzemesi $d = 0,8 \text{ mm}$

$p = \text{boşluk oranı} = 0,40$ $A = 4500 \text{ m}^2$ (kum)

yüzey alan



normalde $1 \times 1 \times 6 = 6 \text{ m}^2$

3) tutulma mekanizması

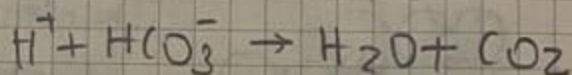
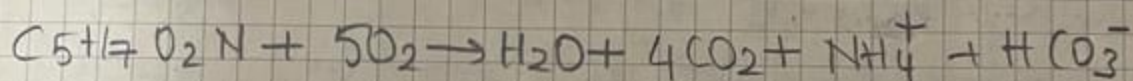
Adsorbsiyon kuvvetleri nedeniyle 1 tane diğer 1 taneyi çeker. Çok yakın olmalı
 $0,01 \sim 1 \mu m$

4)

$10^\circ C$	11,3 mg/lt	S.O
$20^\circ C$	9,7 mg/lt	S.O

amonyum iyonu $\rightarrow$ nitrit $\rightarrow$ nitrat
 NH_4^+

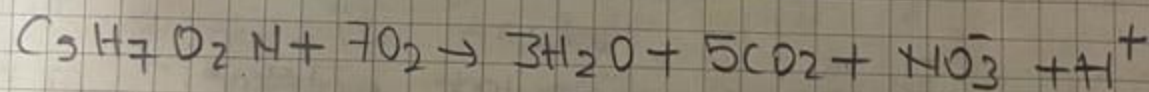
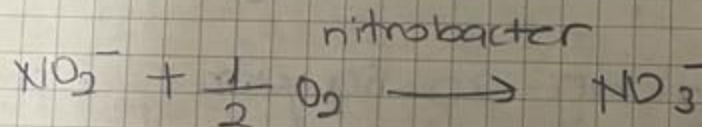
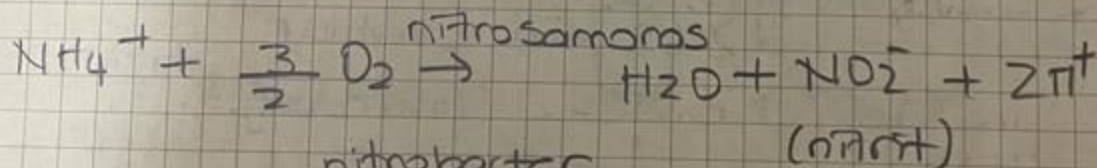
* Suda O_2 mevcut ise organik maddeler:



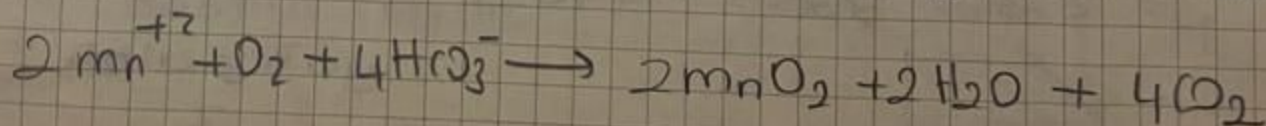
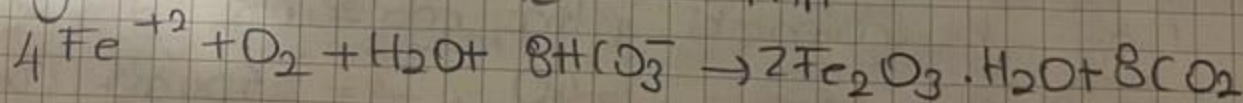
1 gram

1,4 gram O_2

0,16 gr NH_4^+



* yeraltı sularında Fe^{+2} ve Mn^{+2}



1 gram $Fe^{+2} \rightarrow 0,14$ gram O_2
okside olması için

1 gram $Mn^{+2} \rightarrow 0,79$ gram O_2

5) mikroborg. asimilasyon = oksidasyon
disimilasyon = sentez

- Hızlı - Yavaş Kum Filtre -

Mukayese Kriter	Hızlı Kum Filtre	Yavaş Kum Filtre
Filtre Hızı (m^3/m^2 saat)	5 - 15	0,1 - 0,5
Kumun Danc Gepi (mm)	0,5 - 2	0,15 - 0,35
Uniformluk Katsayısı = $\frac{d_{60}}{d_{10}}$	< 1,5	2 - 3
Yatak kalınlığı (m)	0,5 - 2	0,6 - 1,2
Su yüksekliği (m)	0,25 - 2	1 - 1,5
Temizleme Şekli	Geni yıkama	Üstten Sıyırma
Temizleme oranlığı (gün)	1 - 3	90 - 120 gün

	Hızlı Kum Filtre	Yavaş Kum Filtre
1 filtrenin en düşük alanı (m ²)	10-20	100-200
1 filtrenin en fazla yüzey alanı (m ²)	100-200	2000-5000
Filtre sayısı (n)	4-20	—
Filtrenin etki kısmı	Bütün hacmi	Üst yüzey
İnşaat maliyeti	Düşük	Yüksek
İşletme masrafı	Yüksek	Düşük
Tesis ömrü	Kısa	Uzun
Yerleşmiş eleman	Fazla	Az

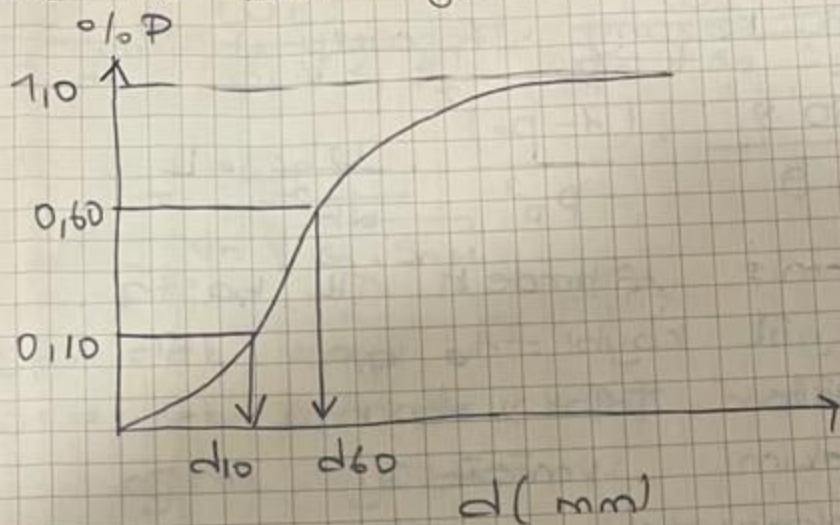
30-50 kat fazla yüzey alanı (YKF)
150 kat

$\frac{5}{0,1}$, $\frac{15}{0,5}$, $\frac{15}{0,1}$ kat

+KF in kum debi fazla

YKF tutulma fazla. Çok az debi, tıkanma fazla

1'e ne kadar yakın o kadar uniform



d_{60} = danelerin %60'ünün geçtiği etek sapı
 d_{10} = danelerin %10'unun geçtiği etek sapı

Filtrasyon Hidroliği =

Sözenekli ortamda suyun süzülmesi işlemi

- Darcy kanunu -

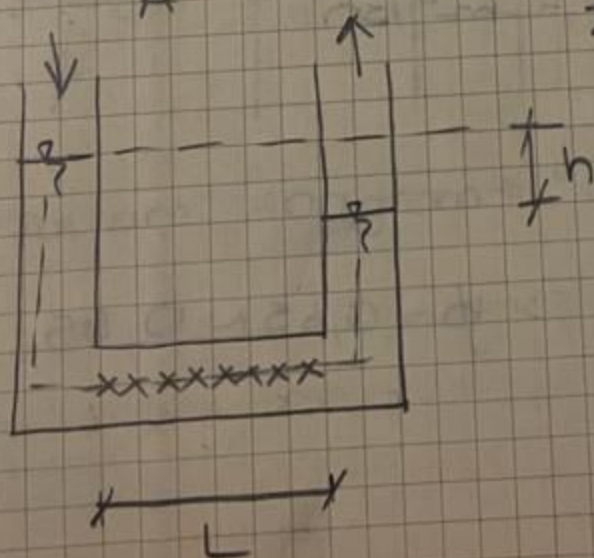
$$v = k \cdot I \text{ hidrolik eğim} = k \cdot \frac{h}{L} \text{ yük kaybı (m)}$$

permeabilite katsayısı

yük kaybının
oluşturduğu uzunluk
(m)

$$v = \frac{Q}{A}$$

$\frac{m}{\text{zaman}}$



Carmen - Kozeny formülü $\Rightarrow$

$$h_b = \frac{180 \gamma}{g} \cdot \frac{(1 - p_o)^2}{p_o^3} \cdot \frac{v}{dh^2} \cdot L$$

Kirlenmemiş filtredeki TL başta
olupson yük kaybı = h_b

γ = viskozite $T \uparrow \Rightarrow \gamma \downarrow$

g = yerçekimi ivmesi

p_o = Başlangıçtaki porozite

1 lt kumla doldur. Su 1lt'e kadar
su kaydır. 1 lt'ye kadar su doldur.

400 ml su $\rightarrow$ %40 porozite

v = filtrasyon hızı

dh = hidrolik yarıçap

$$dh = \phi \cdot ds \quad (m) \quad L (m)$$

$v \text{ m/sn}$

ds = spesifik dene gapı

$$g = m/sn^2 \quad \gamma = m^2/sn$$

ϕ = şekil faktörü

küre $\Rightarrow \phi = 1$

köşeli malzeme

$$\phi = 0,65 \sim 0,95$$

$$\frac{w}{\phi \cdot ds} = \frac{w_1}{\phi_1 \sqrt{s_1 \cdot s_2}} + \frac{w_2}{\phi_2 \sqrt{s_2 \cdot s_3}} + \dots$$

$$+ \frac{w_n}{\phi_n \sqrt{s_n \cdot s_{n+1}}}$$

s_i = elek çapı

w_i = elek üzerinde kalan malzemenin
ağırlık yüzdesi

Elek Çapı (mm) (s)	0,75	0,80	0,90	1,0	1,12	1,25	1,40
malzeme yüzdesi (w) %si	1,5	6,5	34	45	10	3	
Sevki Katsayısı ϕ	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,84	

toplam 100 gram $\rightarrow$ %100

$$\frac{100}{\phi \cdot ds} = \frac{1,5}{0,20 \cdot \sqrt{0,71 \times 0,80}} + \frac{6,5}{0,89 \sqrt{0,80 \times 0,30}} +$$

$$+ \frac{34}{0,88 \sqrt{0,90 \times 1,00}} + \dots + \frac{3}{0,84 \sqrt{1,25 \times 1,40}}$$

$$= 113,99$$

$$\phi \cdot ds = \frac{100}{113,99}$$

$$\phi \cdot ds = dh \approx 0,9 \text{ mm}$$

$$= 0,9 \times 10^{-3} \text{ m}$$

• Geçerlilik analizi $\Rightarrow$

kumun dane çapı 0,5 mm dmalı

Normal filtrasyon hızlarında HZF 5-15 ml/h
laminer akış

Sabri Engin Denklemi $\Rightarrow$

$$\frac{H}{L} = 150 \cdot \frac{\mu}{\rho \cdot g} \cdot \frac{(1 - p_0)}{p_0^3} \left(\frac{S_v}{G} \right)^2 +$$

$$+ 11,75 \frac{(1 - p_0)}{p_0^3} \frac{S_v}{G} \frac{G^2}{g}$$

H = Yatak boyunca değişen yük kaybı

S_v = Spesifik yüzey (Birim hacme düşen yüzey alanı)

μ = dinamik viskozite

$$\frac{\mu}{\rho} = \nu$$

Yıkama Suyu Olukları =

Ahşap, dökme demir malzemeden yapılabilir.

Yıkamadan akan kirlili suyun oluğa girmek için kattığı yolun $0,75 \times 1$ m'den fazla olmaması engellenir.



(a)



(b)



(c)



(d)

4 tip de karşımıza çıkabilir.

Bu sebeple iki oluğun kenarları arasındaki A mesafesi 1,5 - 2,2 m'yi geçmemelidir. Ancak bu sayede filtre tabanının her yerindeki su basıncı ve debisi eşitliği sağlanabilir.

* a) Te gösterilen sistem genişliği 1,8 m geçmeyen küçük havuzlar için uygundur.

* b) $\Rightarrow$ 1,8 m'den biraz daha büyük havuzlar için

* c) $\Rightarrow$ b'nin değişik bir şekli olup olukların bir kısmı duvarlara yerleştirilmiştir. Oluğun diğer kenarı duvarda olduğu için iyi bir usul değildir.

* d) büyük havuzlar

Oluk üst kenarının kum yatağı yüzüne mesafesi bu yatağın yıkama sırasında genişleme oranına bağlıdır. Oluk tabanının alt seviyesi genişmiş kum yatağının üst seviyesinden biraz daha yukarıda olmalıdır.

Bu yükseklik farkı oluklar arasında dolaşmış olan su geniş sahasında artan su hızının kumları sürüklenmesine imkân vermayacak kadar fazla olmalıdır. Oluklar kum tabanından üstünden fazla yapılırsa yıkama sonunda olukların altında onlara girmeyen kirlî su tabakası kalır ve buradaki çamurlar yine filtre tabanından tutulur, bu istenmediğinden oluklar kum yüzeyine yakın olmalıdır. Oluk kendine düşen yıkama suyunun hepsini taşıyacak kadar büyük olmalı, oluk içinden akan su yüzü ile oluk üst kenarı arasında en az 7,5 cm kuru mesafe bulunmalıdır. Aksi takdirde oluk su içine gâvür ve yıkamanın verimi düşer.

Oluk uzunluğu boyunca eşit kesitli yapılabileceği gibi su çıkışına doğru kesit oranlığı büyüyerek şekilde de yapılabilir.



Yıkama suyu oluk kesitlerinin hesabında Tince kenarlı sıvı formüllerini kullanılır.

Çok hassas bir hesap yapılmasına gerek

olmadığından $Q = 1050 B \cdot z^{1.5}$ formülü kullanılabilir.

$Q \Rightarrow$ oluğun çıkış ucundaki maximum debi (L/s)

$B \Rightarrow$ Kullanılan oluğun dikey kesitine eşit dikdörtgen kesitin genişliği (m)

$z \Rightarrow$ oluğun çıkış ucundaki su derinliği (m)

Olukun üst başındaki su kalınlığı y ise;

$$y = z - L \cdot s$$

$L =$ oluk boyu (m)

$s =$ Dikdörtgen kesitli eşdeğer oluğun taban eğimi

Örnek = Genisiği 30 cm olan dikdörtgen kesitli bir oluğun diğer ölçüleri bulunacaktır. Bu oluk $1900 \text{ m}^3/\text{gün}$ su arıtan bir filtre geçiren yansıma yıkama suyunu taşıyacaktır. Oluğun boyu = 5 m, taban eğimi = $\frac{2}{100}$. Geni yıkama suyu debisi = $0,6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ dak}$ 'da.

Buna göre üst ve alt başta yükseklik ne olacaktır?

Filtrasyon hızı = $5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ saat}$ (kabul)

$$Q = Q \cdot A$$

$$A_{\text{olan}} = \frac{1900 \text{ m}^3/\text{gün}}{5 \times 24 \text{ saat}} = 16 \text{ m}^2$$

Oluktan geçecek max. debi filtre alanının yarısından geçecek su taşınacağına göre;

$$\frac{16 \text{ m}^2}{2} \cdot 0,60 = 4,8 \text{ m}^3/\text{dk} = 80 \text{ l/s}$$

$$A \cdot v = Q$$

$$Q = 1050 \cdot B \cdot z$$

$$z = \left(\frac{Q}{1050 \cdot B} \right)^{1/1,15} = \left(\frac{80}{1050 \times 0,30} \right)^{1/1,15}$$

$$= 0,752^{0,67} = 0,40 \text{ m (alt uçtaki yükseklik)}$$

$$y = z - L \cdot s$$

$$y = 0,40 - 5 \times 0,02 = 0,30 \text{ m}$$

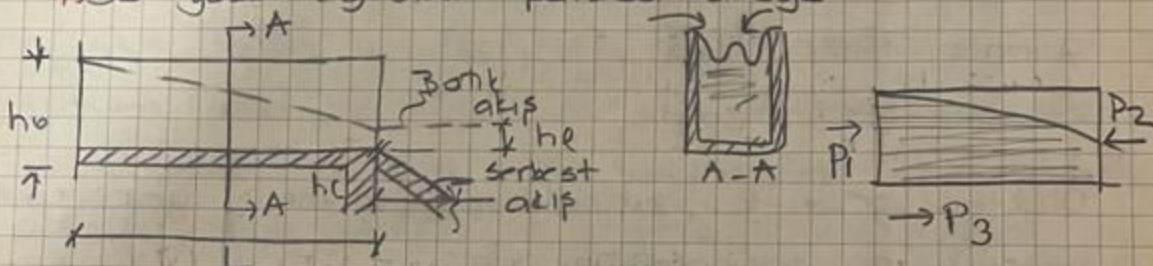
Serbest kenar oluklarda 8 cm'lik pay alınırsa

$$\text{oluğun üst başındaki yükseklik} = 0,30 + 0,08 = 0,38$$

$$\text{alt başındaki yükseklik} = 0,40 + 0,08 = 0,48$$

Oluklar içinde akan su yüzü için momentum teoremi kullanılarak genel bir bağıntı kurularak olukların su kabulleri yapılarak

- 1) Olukla dökülen suyun kinetik enerjisinin oluk uzunluğundaki akış hızını etkilemediği
- 2) Sürtünmelerin ihmal edildiği
- 3) Akış doğrultusunun yatay olduğu
- 4) Su yüzü eğrisinin parabol olduğu



h_0 = soluk üstünde gıktıdaki su yüksekliği

h_1 = Batık akış sınırındaki su yüksekliği

Dinamik olmayan bir tür statik basınç kuvvetleri momentumu değiştirmeye gelir. Bu kuvvetler:

$$P_1 = \frac{1}{2} \cdot w \cdot b \cdot h_0^2$$

$$P_2 = \frac{1}{2} \cdot w \cdot b \cdot h_1^2$$

$$P_3 = w \cdot b \cdot l \cdot \left(\frac{2}{3} h_0 + \frac{1}{6} i \cdot l + \frac{1}{3} h_1 \right)$$

Olukun tzensindeki su hacmi $\Rightarrow$

$$b \cdot l \left[h_0 + i \cdot l - \frac{1}{2} i \cdot l - \frac{1}{3} (h_0 + i \cdot l - h_1) \right]$$

w = suyun birim ağırlığı b = oluk genişliği
 l = oluk boyu i = oluk eğimi

h_0 ve h_1 = olukta biriken suyun başlangıç ve
son yüksekliği

$$\Theta = b \cdot h_c \cdot V_c$$

$$V_c = \sqrt{g \cdot h_c}$$

$$V_1 = \frac{h_c \cdot V_c}{h_1}$$

h_1 = Batık durumdaki yük

h_c = Kritik yükseklik

V_1 = Batık durumdaki hız

V_c = Kritik hız

$$h_0 = \sqrt{\left(\frac{2h_c^3}{h_1}\right) + \left(h_1 - \frac{1}{3}\right)^2} - \frac{2}{3} \cdot 1 \cdot l$$

$$T=0 \text{ ve } h_c^3 = \frac{\Theta}{g \cdot b^2}$$

$$h_0 = \sqrt{h_1^2 + \frac{2\Theta^2}{g \cdot b^2 \cdot h_1}}$$

(kritik yükseklik)

$$= h_1^2 + \frac{2h_c^3}{h_1}$$

Örnek: Dakikada 75 cm hızla yakan bir
filtrede 72 m uzunluğunda, 45 cm genişliğinde
ve 2,1 eksenel aralıklı oluklar kullanılmaktadır

a) Oluk eğimi = 0 ve oluk ucunda su serbest
akışına göre oluk derinliği?

b) Kum yatağı 75 cm derin olduğuna ve %50
genişliğine göre oluk üst ağız 1 m yüzeyinden
ne kadar yukarıda olmalıdır?

$$a) \Theta = \frac{72 \text{ m} \times 2,1 \text{ m} \times 0,75 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dak}}{60 \text{ sn/dak}} = 0,19 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$h_0 = \left(\frac{0,19}{2,49 \times 0,45} \right)^{2,3} = 0,456 \text{ m}$$

$$\theta = 2,49 \text{ b } h_0^{2,3}$$

b) Oluk ağız kum yüzeyinden min yüksekliği
 $0,75 \times 0,50 + 0,456 = 0,831 \text{ m}$

Hakiki yükseklik tespit için buna oluk
 içindeki su yükü üzerindeki oluk yüksekliği ile
 oluk et kalınlığı eklememiz gerekir.

Geni yıkama sırasında filtre yatağı akışkan
 yataklı haline getirilir. Yataklı akışkan hâliyle
 yukarı doğru olan kuvvet ile aşağı doğru olan
 kuvvetler dengelenir. Matematiksel olarak yazarak
 olursak;

$$p \cdot g \cdot z \cdot A = (1-p) \cdot L \cdot (\rho_s - \rho) \cdot g \cdot A$$

$\rho = \text{kg/m}^3$ su yoğunluğu

$\rho_s = \text{malzemenin yoğunluğu kg/m}^3$

$L = \text{yataklı kalınlığı (m)}$ $p = \text{porozite}$

$z = \text{geni yıkama sırasında filtre yatağı yük kaybı}$

$A = \text{filtre yüzey alanı (m}^2\text{)}$

$$\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3 \quad \rho = 1000 \text{ kg/m}^3 \quad p = 0,4$$

$$z = (1-0,4) \cdot L \cdot \left(\frac{2650-1000}{1000} \right) = 0,99 L \approx L$$

$$\text{Geniştirme yüzdesi} = E = 100 \cdot \frac{L_e - L}{L} = 100 \cdot \frac{P_e - p}{1 - p_e}$$

$L_e = \text{Geniştirilmiş yataklı}$

$P_e = \text{Geniştirilmiş yataklı kalınlığı porozitesi}$

Filtre Kumunun Dane Büyüklüğü =

Kumun efektif çapı $d_{45} \approx 0,55$ mm olmalı.

Uniformluk katsayısı 1,75'ten büyük, 1,35'ten küçük olmamalı. Kum tabakası uniform olması gerekir.

Çiftli büyüklükteki kum daneleri geri yıkama sonunda kendi aralarında

tabakalaşarak çiftli tabakalar teşkil eder ve

ince kumların teşkil ettiği tabaka en yukarıda

kalır. Kalın kum tabakası üzerindeki ince

kum filtresinin kısa zamanda tıkanmasına

sebep olabilir.

Filtre kum yatağının sağminde sular gözönünde tutulmalıdır.

1) Efektif çapı 0,3 - 0,5 mm. Bunlar filtre hızı 25 m/saat'e kadarki bütün hızlı

filtrasyonlarda kullanılabilir. Bulanıklığı 200 ppm siliğe'ya kadarki sularda çöktürme yapmadan

sadece filtre girişinde kimyasal koagülantlara bağlamak suretiyle kullanılabilir. Bulanıklığı çok az

olan suların direkt filtrasyonda kullanılır (Koagülant vermeden)

2) Efektif çapı 0,6 - 0,88 mm. Bunlar bulanıklığı

50 ppm siliğe ve filtrasyon hızı 15 m/saat

olacak şekilde suların çöktürmesi veya

çöktürmesiz koagülasyonlu veya koagülasyonsuz

filtrasyonunda kullanılabilir. Filtre kumunun
altında 20 cm kalınlıkta 4 ila 6 mm çapında
iri malzemeden oluşan bir tabaka konularak
gri yıkama suyu $60 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-saat'le}$ akarılır.

3) Efektif çapı 0,9 - 1,00 mm. Bunlar iyi
çalışan çöktürme sistemi ortasında kullanılarak
filtrelerde standart çaptır.

4) Efektif çapı 1,3 - 1,5 mm. Ham suyun
kaba filtrasyonuna yarar. Koagülasyonlu
çöktürme havuzlarından gelen berrak suların
süzülmesinde kullanılabilecekse yük kaybının 1,5 m'yi
aşmaması gerekir. Sarı suyun filtrasyonunda
yük kaybı 2 m'yi bulunca filtre iyice
tikanmış sayılır. ve filtre yıkanmalıdır.

5) Efektif çapı 2 - 2,5 mm. Endüstri sularının
kaba filtrasyonunda kullanılır. (mekanik süzme)

6) Efektif çapı 3,5 - 10 mm. Taşyıcı alt
tabaka olarak kullanılır.

* Efektif Çap: (E): Kumülatif %60'a tekabül
(P₁₀) eden elik açıklığı

* Uniformluk Katsayısı: (U): Kumülatif %60'ın
kumülatif %10'a oranı

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

* **Etkatif Boy** = Ağırlık olarak toplam miktarın % 90'dan daha küçük % 10'dan büyük dan tane boyutu. Kumun sadece % 10'unu geçiren çok azlığı

* **Kimyasal Dayanıklılık** = Kumun % 20 kons. hidroklorik asit solüsyonunda 24 saat kalması sonucundaki ağırlık kaybı. Başlangıçtaki ağırlığının % 2'sinden fazla olmamalıdır.

* **Hakiki Yoğunluk** = Tıccce kurutulmuş kumdan 100 gram tartılır. Taldede 100 ml su bulunan ölçektir cam kaba boşaltılır. Suyun işgal ettiği son hacim V ise hakiki yoğunluk $\frac{100}{V-100}$ miktarıdır.

* **Zahiri Yoğunluk** = 100 gram kum tartılır ölçektir cam kaba konulur ve kaba hafif vurularak (kumun oturması) sağlandıktan sonra işgal ettiği hacim okunur. Bu hacim V ise $\frac{100}{V}$ değeri zahiri yoğunluğu verir.

* **Şekli Faktörü** = Çapı d olan bir dane için d gibi bir yüzey alan kılın faktörü seçilirse $d \cdot d^2$ tanmin yüzey alanı A 'ya eşit olur $d \cdot d^2 = A$

Diğer taraftan β hacim basın faktörü
sağlanarak $\beta \cdot d^3 = V$ tanenin V hacmine
eşit olur.

$$\frac{A}{V} = \frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{1}{d} \text{ olur.}$$

Literatürlerde α ve β yerine ϕ küresellik
faktörü yer alır. Bu faktör tanenin hacmine
eşit hacimdeki çapı d_0 olan kürenin alanı
 A_0 'ın, alanı A 'ya oranı olarak tanımlanır

$$\phi = \frac{A_0}{A} = \frac{\pi d_0^2}{\alpha \cdot d^2} = 4.84 \frac{\beta^{2/3}}{\alpha}$$

Düzenli şekilli olmayan danelerde bu
parametreler V , β ve A_0 istatistik
ortalama olarak bulunur. Bunun için yeterli
sayıda N adet tanenin ağırlığı w , özgül
ağırlığı δ_s ve çapları d ölçülür.

$$V = \frac{w}{\delta_s \cdot N} = \beta \cdot d^3 = \frac{1}{6} \pi d_0^3 = \frac{1}{6} A_0 \cdot d_0$$

Kum tipi	β	α/β	ϕ
köşeli	0,64	6,9	0,81
keskin	0,77	6,2	0,85
Aşınmış	0,86	5,7	0,89
Yuvarlaklaşmış	0,91	5,5	0,91
Yumuşak	0,92	6,0	1,00

$$E = 3 \times 10^{-2} \text{ cm} = d_{10}$$

$$d_{60} = 8,5 \times 10^{-2} \text{ cm}$$

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{8,5 \times 10^{-2}}{3 \times 10^{-2}} = 2,8 \quad (\text{< 2 olması})$$

istiyoruz

Ellel açıklığı
($\text{cm} \times 10^2$)

kümülatif ağırlık (%)

1,05

0,2

1,49

0,9

2,10

4,0

2,97

9,9

4,2

21,8

5,9

39,4

8,4

59,8