

# SERTLİK GİDERME

Sertlik sudaki kalsiyum ve magnezyum iyonlarından ileri gelmektedir.

Demir, mangan, çinko, kurşun gibi iki değerlikli metal iyonları da suya sertlik verirler. Ancak bunlar sularda önemli miktarlarda bulunmazlar.

Sertlik, geçici sertlik (karbonat sertliği) ve kalıcı sertlik (karbonat olmayan sertlik) olmak üzere iki şekilde ortaya çıkmaktadır.

	Katyonlar	Anyonlar	
Sertlik iyonları	Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup> Fe <sup>2+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> Alkalinite OH <sup>-</sup>	Geçici Sertlik,
		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> Cl <sup>-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Kalıcı Sertlik
Sertlik oluşturmeyen iyonlar	Na <sup>+</sup> K <sup>+</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> OH <sup>-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> Cl <sup>-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nötr tuzlar

Suyun sertliği, Alman, Fransız ve İngiliz sertlik dereceleri ile ifade edilebilir.

1 Alman sertlik derecesi = 10 mg CaO/L

1 Fransız sertlik derecesi = 10 mg CaCO<sub>3</sub>/L

1 İngiliz sertlik derecesi = 14,26 mg CaCO<sub>3</sub>/L

Sular sertliğine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

0 - 75 mg CaCO<sub>3</sub>/L yumuşak

75 - 100 mg CaCO<sub>3</sub>/L orta sertlikte

150 - 300 mg CaCO<sub>3</sub>/L sert

>300 mg CaCO<sub>3</sub>/L çok sert

## Su sertliğinin sakıncaları

- Sert sularda sabun sarfiyatı fazladır, sabun geç köpürür. Suyun içinde bulunan kalsiyum ve magnezyumun, sabunların bileşiminde bulunan sodyum veya potasyum ile yer değiştirerek tamamen sarf edildikten sonra sabun köpürür.
- Sert sular, ısıtma tekniği bakımından uygun değildir. Özellikle sıcak su tesisatı, buhar kazanları gibi sistemlerde boruların kısa zamanda kireçtaşı bağlamasıyla kesitlerinin daralmasına sebep olur.
- Sert suların kullanıldığı tekstil sanayisinde boyaaların dokular içerisine tam olarak nüfuz etmesi güçleşir.
- Sert sular, mutfak işleri bakımından da uygun değildir. Baklagiller gibi bazı yemekler sert sularda iyi pişmezler, sert kalırlar. Karbonat sertliği, çay ve kahvenin tadını bozar.
- Sert sular, bitki sulaması bakımından da uygun değildir.

Bir suyun sertliğinin çok düşük olması da istenmez. Çünkü çok yumuşak sular agresif (aşındırıcı) bir etki yapar. Ayrıca sert suları içen bölgelerde kalp - damar hastalıkları ölümlerinin yumuşak suları içen bölgelere kıyasla düşük bulunduğunu gösteren tıbbi istatistikler de vardır.

İçme suyu olarak çok yumuşak suya ihtiyaç yoktur. Ayrıca böyle bir su yavan olduğu için istenmez. İçme suyu için uygun sertlik 75-100 mg CaCO<sub>3</sub>/L dir.

## Kalsiyum Karbonat Eşdeğeri

$$\text{Ca sertliği (CaCO}_3 \text{ cinsinden)} = \frac{\text{Ca}^{+2} \text{ (mg/L)} * \text{EA}_{\text{CaCO}_3}}{\text{EA}_{\text{Ca}}}$$

$$\text{Mg sertliği (CaCO}_3 \text{ cinsinden)} = \frac{\text{Mg}^{+2} \text{ (mg/L)} * \text{EA}_{\text{CaCO}_3}}{\text{EA}_{\text{Mg}}}$$

## Toplam Sertlik (CaCO<sub>3</sub> cinsinden)

$$\begin{array}{l} \text{Toplam Sertlik} \\ \text{mg/L CaCO}_3 \end{array} = \begin{array}{l} \text{Kalsiyum} \\ \text{sertliği} \\ \text{mg/L CaCO}_3 \end{array} + \begin{array}{l} \text{Magnezyum} \\ \text{sertliği} \\ \text{mg/L CaCO}_3 \end{array}$$

$$\text{Eşdeğer Ağırlık} = \frac{\text{Atomik Ağırlık}}{\text{Etki Değ.}}$$

$$\text{Eşdeğer Ağırlık Ca}^{+2} = \frac{40.08}{2} = 20$$

30 mg/L kalsiyum ve 20 mg/L magnezyum içeren bir suyun toplam sertliğini  $\text{CaCO}_3$  cinsinden:

$$\text{Toplam Sertlik} = \begin{array}{ccc} & \text{Kalsiyum} & \text{Magnezyum} \\ & \text{sertliği} & \text{sertliği} \\ \text{mg/L CaCO}_3 & \text{mg/L CaCO}_3 & \text{mg/L CaCO}_3 \end{array} +$$

$$\text{Toplam Sertlik} = (30/20) \times 50 \text{ mg/L} + (20/12) \times 50 \text{ mg/L}$$

$$\text{Toplam Sertlik} = (1.5) \times 50 + (1.65) \times 50$$

$$\text{Toplam Sertlik} = 75 \text{ mg/L} + 82.5 \text{ mg/L} = \mathbf{157.5 \text{ mg/L CaCO}_3}$$

Toplam Sertlik = Karbonat sertliği (Geçici Sertlik) +  
Karbonat olmayan sertlik (Kalıcı Sertlik)

- **Alkalinite < Toplam Sertlik**
  - Alkalinite = Karbonat Sertliği
  - Toplam Sertlik – Alkalinite = Karbonat Olmayan Sertlik
- **Alkalinite ≥ Toplam Sertlik**
  - Toplam Sertlik = Karbonat Sertliği

## Sertlik Giderme

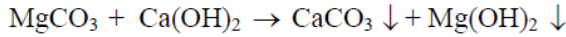
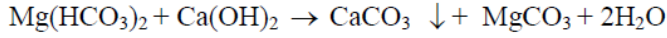
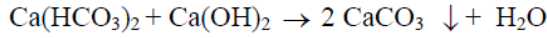
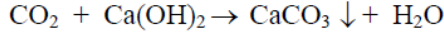
- Kireç - soda yöntemi
- Sodyum Hidroksitle yumuşatma
- Sodyum Fosfat ile yumuşatma
- İyon değiştirme ile sertlik giderme

Bu metotlardan ilk üçünde esas prensip  $Ca^{++}$  ve  $Mg^{++}$  iyonlarının suda çözünmeyen bileşikler haline getirilerek çöktürülmesidir. İyon değiştirme ise, suya sertlik veren iyonların başka bir iyonla değiştirilmesidir.

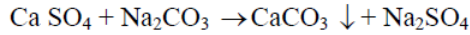
- İyon Değiştirme Yöntemi  
Küçük ölçekli uygulamalarda kullanılır  
Sertlik yaklaşık sıfıra indirilebilir
- Kimyasal Çöktürme  
Ekonomik bir yöntemdir  
Büyük ölçekli uygulamalarda kullanılır  
Sertlik ancak 30 - 40 mg/L değerlerine azaltılabilir

## Kireç-Soda Yöntemi

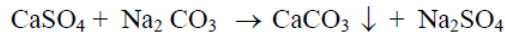
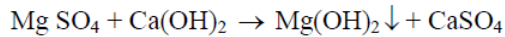
Karbonat (geçici) sertliği, kireç ilavesi ile  $\text{CaCO}_3$  veya  $\text{Mg(OH)}_2$  in çöktürülmesiyle aşağıdaki gibi giderilebilir.



Kalsiyumdan ileri gelen karbonat olmayan (kalıcı) sertlik, soda ilavesi sonucunda ortaya çıkan  $\text{CaCO}_3$ 'ün çöktürülmesi yoluyla giderilebilir.



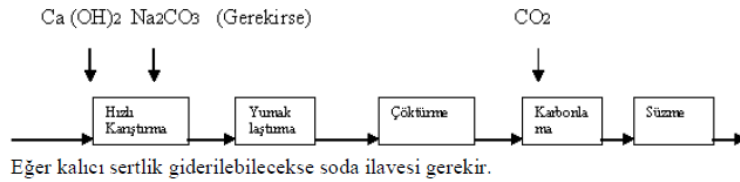
Magnezyumdan ileri gelen kalıcı sertlik, kireç ilavesi ile meydana gelen  $\text{Mg(OH)}_2$  'nin çöktürülmesi, ve soda ilavesi ile ortaya çıkan kalıcı kalsiyum sertliğinin giderilmesi yoluyla aşağıda gösterildiği gibi uzaklaştırılabilir.



## Tek Kademeli Yumuşatma

Tek kademeli yumuşatma sadece kalsiyumdan ileri gelen sertliğin giderilmesi için uygundur. Bu durumda magnezyumun kabul edilebilecek konsantrasyonlarda olması gerekir. Eğer karbonat olmayan (kalıcı) sertliğin de giderilmesi istenirse bu durumda soda ilave edilir.

Tek kademeli yumuşatma işleminde hızlı karıştırma, yumaklaştırma, çöktürme ve karbonlama kısımları bulunur. Karbonlama kısmından sonra su filtre edilir.





### Hızlı Karıştırma ve Yumaklaştırma

Hızlı karıştırma işleminin amacı, ilave edilen kimyasal maddelerin su ile homojen bir şekilde karışmalarını ve reaksiyonların başlamasını sağlamaktır. Kalsiyum hidroksit tamamen çözününceye kadar su hızlı karıştırma odasında kalmalıdır. CaO ve Ca(OH)<sub>2</sub> yavaş çözünürler. Bu yüzden bulanıklık giderilmesinde kullanılan yumaklaştırma işleminde uygulanan 30 ila 60 sn gibi bekleme süreleri yeterli değildir. Kireç kullanılması durumunda hızlı karıştırma odasındaki bekleme süresinin 5-10 dk alınması uygundur. Yumaklaştırma havuzundaki bekleme süresi ise 40 ila 60 dk arasında seçilmelidir.

Mekanik teçhizatlı yumaklaştırma havuzları, dalgıç perdeli havuzlara göre daha iyidir. Hava ile karıştırma uygun değildir. Yumaklaştırma havuzlarında çoğunlukla pedal tipteki karıştırma teçhizatı kullanılır. Bunlar yatay veya düşey akslı olabilir. Suyun akış yönüne doğru pedal yüzey alanlarını azaltarak veya pedal hızlarını kademeli düşürerek azalan hız gradyanı uygulanabilir. Pedalların çevre hızları 0.15 - 0.6 m/sn arasında değişir. Oluşan yumakların parçalanmaması için boru, giriş ve çıkış yapıları gibi yerlerde su hızı 0.15 - 0.50 m/sn arasında alınarak boyutlandırma yapılmalıdır.

### Çöktürme

Kireç-soda yöntemi ile yumuşatma tesislerinde, çöktürme havuzundaki bekleme süresi, bulanıklık giderme işlemlerinde Al<sup>3+</sup>, Fe<sup>3+</sup> gibi yumaklaştırıcı maddelerin kullanılmasına göre daha azdır. Dikdörtgen veya daire şeklindeki havuzlarda 2 ila 3 saatlik bekleme süreleri yeterli gelmektedir. Al(OH)<sub>3</sub> yumaklarının çöktürülmesinde bu sürenin 4 saat alınması tavsiye edilmektedir. Yatay hız yaklaşık 3 cm/dk alınır. Yüzey yükü için,  $S_o = Q/A = 0.9$  ila  $2.7$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.saat arasındaki değerler uygundur. Bazı durumlarda bu değerlerin üzerine de çıkılmaktadır. Yaz ayları için yüzey yükü 3.4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.saat ve suyun akış hızı 30 cm/dk ya kadar büyük değerler alınabilir.

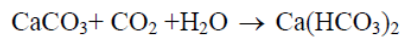
Kireç-soda ile yumuşatmada fazla miktarda çamur oluştuğu için, çoğunlukla çamurun sürekli olarak alındığı mekanik çamur sıyrıcılar kullanılmaktadır. Sertlikle 100 mg/L azalmaya karşılık yaklaşık 200 mg/L kuru çamur oluşmaktadır. 440 L/sn debi ile çalışan bir tesiste, suyun sertliğini 100 mg/L düşürmek için günde 7.6 ton kuru çamur oluşmakta ve katı madde içeriği %10 olan çamurdan hergün 76 m<sup>3</sup> çamurun tesisden uzaklaştırılması gerekmektedir.

### Karbonlama

Sudaki serbest karbon dioksiti gidermek için başlangıçta suya kireç ilave edilir. Yumuşatma işleminin sonunda suya CO<sub>2</sub> verilir. Bu işleme karbonlama denilmektedir. Kireçle yumuşatılmış sular CaCO<sub>3</sub> ile aşırı doymuş halde olduğundan CaCO<sub>3</sub> yönünden dengeli halde değildir. Bu yüzden CaCO<sub>3</sub>, filtreler, boru hatları, su saatleri gibi yerlerde çökerek tıkanmalara sebep olur. Buna engel olmak için çökeltme havuzlarında çökelmeyen fazla CaCO<sub>3</sub> 'ün Kalsiyum bikarbonat haline getirilmesi gerekir. Kalsiyum bikarbonat, Ca(HCO<sub>3</sub>), kalsiyum karbonata kıyasla suda çok iyi çözünür, bu sebeple filtre ve borularda çökelmez.

Karbonatların bikarbonat haline dönüşmesi için suyun pH değerinin yaklaşık olarak 8,3 'e düşürülmesi gerekir. Fazla CO<sub>2</sub> verilmesi durumunda pH düşeceği için karbonlama işleminde dikkatli olunmalı, fazla CO<sub>2</sub> vererek suyun pH 'sını düşürüp bütün CaCO<sub>3</sub>'ü Ca(HCO<sub>3</sub>) haline getirmemeli, su, CO<sub>3</sub> ve HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> iyonları yönünden dengeli tutulmalıdır.

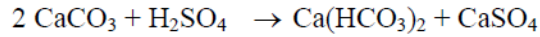
Reaksiyon aşağıdaki gibidir:



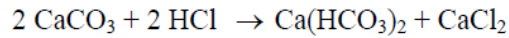
Karbonlama havuzlarının derinliği 3-5 m. arasında olup, bekleme süresi her birinde 7 ila 15 dakika arasında seçilir. Aradaki reaksiyon ve çökeltme kısmında ise bekleme süresi 45 dakika alınabilir. Bu havuzun yüzey yükü ise 4 m/saat civarında seçilebilir.

Karbonlama havuzuna borularla iletilen CO<sub>2</sub>, suya havuz tabanından gözenekli veya delikli borular vasıtasıyla verilebilir.

Asit ilavesi halinde ise:



veya

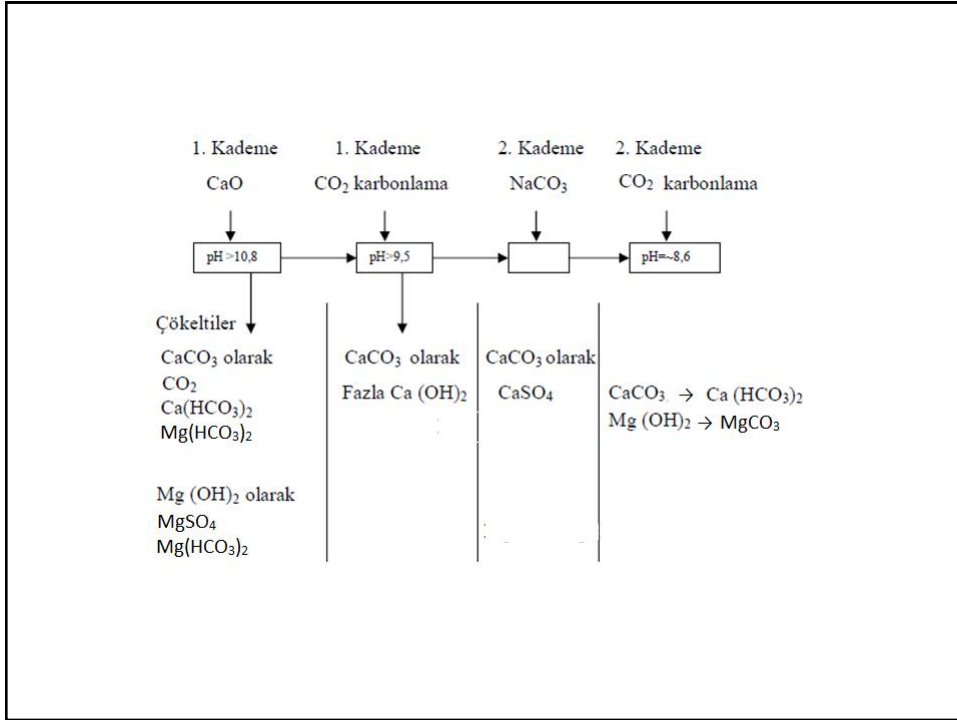


reaksiyonları olur.

İşletme maliyetinin düşük olması açısından bu işlem için çoğunlukla Karbon dioksit kullanılır. Bu sebeple bu işleme “Karbonlama işlemi” denilmektedir.

## İki Kademeli Yumuşatma

İki kademeli yumuşatma, kalsiyum ve magnezyum sertliklerinin birlikte giderilmesi için uygun bir arıtma sistemidir. Bu sistemin yatırım masrafı fazla, fakat işletme masrafı diğerlerinden daha azdır. Bunun faydası, magnezyum sertliğinde büyük bir giderme verimi sağlar. Ayrıca bu şekilde pratik olarak en düşük sertlik seviyesi elde edilebilir.



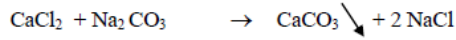
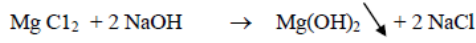
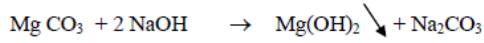
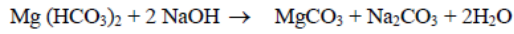
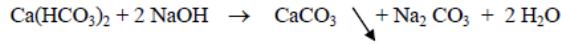
İki kademeli yumuşatma sisteminde kalıcı sertliği gidermek isteniyorsa, soda ilavesinin 2. kademede yapılması uygundur. Bazı durumlarda suyun çok fazla yumuşatılmasına ihtiyaç duyulmaz. Bu durumda suyun bir kısmı yumuşatılma işlemine sokulmayarak bölünür. Bu sisteme bölünmeli yumuşatma denilmektedir.

Kireç ile yumuşatmada 2. derecede bazı faydalar da vardır:

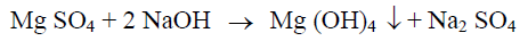
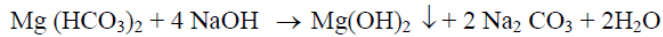
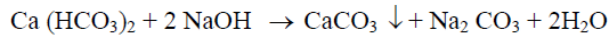
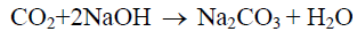
- Yüksek pH sebebiyle bakteriyolojik etki sağlanır.
- Demir giderimi; özellikle kuyu sularındaki 2 değerlikli demir giderilir.
- Yumaklar çökelirken bazı organik maddeleri de sudan uzaklaştırırlar.
- Bazı eser elementlerin konsantrasyonlarında (Hg, Pb, Zn gibi) azalma olur.

## Sodyum Hidroksit ile Yumuşatma

Sodyum hidroksitin (kostik soda) suya uygulanması çok kolaydır. Ancak sodyum hidroksitin fiyatı kirece göre daha pahalıdır. Bu durumda reaksiyonlar aşağıdaki gibidir.



Geçici ve kalıcı sertlik, aşağıda gösterildiği gibi suya sadece Sodyum hidroksit (kostik soda) ilavesi ile de giderilebilir.



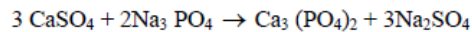
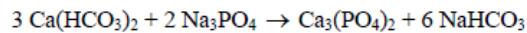
Ancak burada  $\text{CaSO}_4$  ün  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ile reaksiyona gireceği ve oluşan eden  $\text{CaCO}_3$ 'ün çöktürülerek giderilebileceği göz önünde tutulmalıdır.

Sodyum hidroksit (NaOH) ile karbonat ve karbonat olmayan sertliklerin her ikisi de giderilebilir. Ayrıca NaOH kullanılması durumunda ortaya çıkan çamur miktarı, kireç kullanılmasına göre daha azdır. Sodyum hidroksitin kirece nazaran bir diğer üstünlüğü de su sıcaklığının 1 ila 22°C arasındaki değerleri için NaOH ile olan reaksiyonların hızı üzerine, sıcaklığın bir etkisi olmamasıdır. Oysa kireç kullanılması durumunda ve su sıcaklığı 6°C den daha düşük olması durumunda reaksiyon hızları hızla azalmaktadır.

Sodyum hidroksit kullanılmasının faydaları yanında fiyatının yüksek olması gibi sakıncası vardır. Bu durumda maliyet de dikkate alınmalıdır.

### Sodyum Fosfat İle Yumuşatma

Sodyum fosfat, Ca<sup>++</sup> ve Mg<sup>++</sup> iyonları ile reaksiyona girdiği zaman suda çözünmeyen fosfatlar meydana gelir:



Sodyum fosfat, fiyatının yüksek olması sebebiyle içme suyu arıtımında kullanılmaz. Ancak çok düşük bakiye sertlik elde edilmesi dolayısıyla çok yumuşak suya ihtiyaç gösteren sanayilere su temin eden tesislerde uygulanabilir.

## İYON DEĞİŞTİRME

İyon değiştirme, bir iyonun diğer bir iyonla yer değiştirilmesidir.

· Katyon değiştirme veya Baz Değiştirme

Pozitif bir iyonun veya katyonun, diğer bir pozitif iyonla yer değiştirmesi olup, doğal sularda katyonlar,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $H^+$ ,  $Fe^{++}$  ve  $Mn^{++}$  gibi maddelerdir.

· Anyon Değiştirme veya Asit Değiştirme

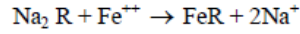
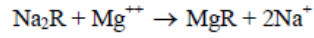
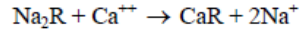
Negatif bir iyonun yani anyonun, diğer bir negatif iyonla yer değiştirmesi olup, doğal sularda anyonlar genel olarak  $Cl^-$ ,  $SO_4^{=}$ ,  $NO_3^-$  gibi maddelerdir.

### Reçineli Katyon Değiştiriciler

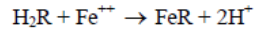
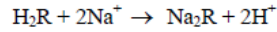
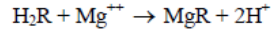
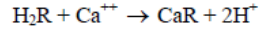
Reçineli katyon değiştiriciler, sülfonatlara çevrilmiş polistrenlerin sentetik organik polimerleridir. Bunlar taneli ve boncuğa benzer şekilde imal edilirler. Bunların kimyasal formülleri  $Na_2R$  ve  $H_2R$  ile gösterilir.  $Na_2R$ , sodyum devresindeki işletmeye göre bir iyon değiştiricidir.  $H_2R$  ise hidrojen devresindeki işletmeye göre bir iyon değiştiricidir. Sodyum devresinde rejenerasyon (yani reçinenin yenilenmesi)  $NaCl$  ile, hidrojen devresinde iyon değiştiricilerin  $H_2R$  'nin yenilenmesi ise  $H_2SO_4$  ile yapılmaktadır.

Katyon değiştiricilerde yenilemede kullanılan maddenin veya iyon değiştiricinin tipine bağlı olarak ya sodyum veya hidrojen iyonları ile sıvı içindeki katyonların (+), bir kısmı veya tamamı yer değiştirir.

Sodyum devresindeki reçineli katyon değiştiriciler için reaksiyonlar:



Hidrojen devresinde reçineli katyon değiştiriciler için ise:



şeklinde verilebilir.

Yumuşatmada, sodyum formundaki katyon iyon değiştiriciler kullanılmaktadır.

Bunun için yatak kalınlığı 0,80-2,0 m olan reçine yatağı, kum filtrelele benzer şekilde teşkil edilir. Reçineden teşkil edilen filtre yatağı kalınlığı 0,75 ila 2,0 m. arasında seçilir.

Filtrelele basınçlı veya serbest yüzeyli olarak inşa edilebilir. Filtre hızı  $S_0$ , 6-15 m/saat arasında alınabilir. Ortalama bir değer olarak 10 m/saat alınması uygundur.

Bazı durumlarda  $S_0 = 20 \sim 40$  m/saat alınabilirse de yüzey yükünün 40 m/saat den daha az olması şarttır.