به نام خدا

اصول مهندسی تصفیه آب و فاضلاب

هدف کلی: آشنایی دانشجو با مبانی طراحی واحدهای تصفیه آب و فاضلاب

سرفصل

1. مقدمه ای بر تصفیه آب و اهداف آن، منابع تامین آب، کلیاتی راجع به تصفیه آب و استانداردهای مرتبط
2. تصفیه فیزیکی آب (واحدهای پیش تصفیه یا تصفیه مقدماتی) و هوادهی آب
3. تصفیه شیمیایی آب (انعقاد و لخته سازی، سختی گیری)
4. حوضچه های ته نشینی، فیلتراسیون آب و انواع صافی ها، طرز کار و مزایا و معایب هر کدام
5. گندزدایی آب (ازن، اشعه ماورای بنفش، کلر و ترکیبات آن)
6. تاریخچه تصفیه فاضلاب، شناسایی منابع تولید فاضلاب و تقسیم بندی آنها
7. اهداف تصفیه فاضلاب و تعیین خصوصیات فاضلاب، استانداردهای کیفی تخلیه پساب
8. تصفیه مقدماتی فاضلاب
9. فرایندهای تصفیه ثانویه فاضلاب (سیستم لجن فعال، صافی چکنده و ...)
10. ضدعفونی کردن پساب
11. سیستم های غیرمتمرکز تصفیه فاضلاب برای جوامع کوچک
12. کاربرد پساب برای مصارف غیرشرب

مراجع:

1. مهندسی محیط زیست (جلد اول) ترجمه دکتر محمد علی کی نژاد و مهندس سیروس ابراهیمی، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند ۱۳۸۲
2. راهنمای طراحی هیدرولیکی تصفیه خانه های آب، نشریه شماره ۴۳۶، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی وزارت نیرو ۱۳۸۷.
3. راهنمای طراحی هیدرولیکی تصفیه خانه های فاضلاب، نشریه شماره ۴۰۵، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی وزارت نیرو ۱۳۸۶.
4. راهنمای بهره برداری و نگهداری از تصفیه خانه های فاضلاب شهری، بخش دوم: تصفیه ثانویه، نشریه شماره ۲۸۴، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی وزارت نیرو ۱۳۸۳.
5. راهنمای تعیین و انتخاب وسایل و لوازم آزمایشگاه تصفیه خانه های فاضلاب، نشریه شماره ۲۸۵، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور ۱۳۸۳.

روش ارزشیابی:

حل تمرین و پروژه

گزارش بازدید از تصفیه خانه آب و فاضلاب

امتحان پایان ترم

اصول مهندسی تصفیه آب

تصفیه آب:

مجموعه عملیاتی که به منظور آماده کردن آب برای مصارف مورد نظر اجرا می شود را تصفیه آب می نامند

تصفیه خانه:

مجموعه تاسیسات و تجهیزاتی که عملیات تصفیه را در بر می گیرد را تصفیه خانه می نامند.

مهم‌ترین هدف از تصفیه آب شرب:

حذف عوامل بیماریزا (به طوری‌که مصرف آن برای انسان بی‌خطر گردد)، بهبود آب از نظر رنگ، بو، مزه و کدورت و سایر پارامترهای کیفی در حد مورد قبول استانداردهای مربوطه

حفظ سلامت انسان

ارتباط بین کیفیت آب و سلامت انسان

در اواسط قرن نوزدهم اعتقاد بر این بود که بیماری هایی مثل وبا و تب حصبه در اثر تنفس بخارهای متصاعد شده از اجساد به ویژه در شب به انسان منتقل می شود.

در اواخر قرن نوزدهم دکتر جان اسنو به ارتباط بین آلودگی آب و ایجاد بیماری در افراد پی برد. در سال ۱۹۸۰ میلادی دانشمند فرانسوی لوئیس پاستور میکروب را کشف نمود و دانشمند آلمانی رابرت کخ نیز پاتوژن ها را در آب کشف نمود.

نتیجه این تحقیقات در سالهای بعدی منجر به شناخت ارتباط بین بیماری های دستگاه گوارش با آلودگی آب با فاضلاب انسانی شد.

در ابتدای قرن بیستم، کلرزنی به آب شرب برای کنترل میکروارگانیسم های بیماری زا آغاز شد.

در سال ۱۹۷۴ در امریکا و اروپا به اثرات منفی ناشی از ترکیب کلر با مواد آلی موجود در آب پی برده شد و تحقیقات به سمت جایگزینی روش مناسب گندزدایی به جای کلر معطوف شد.

در سال ۱۹۸۰ به ارتباط بین بعضی از بیماری ها با فضولات سایر حیوانات پی برده شد (مثل بیماری های مرتبط با کرم های انگلی)

مراحل مختلف طراحی تصفیه خانه آب:

1. انتخاب دوره طرح و تخمین جمعیت شهر بر اساس دوره طرح

دوره طرح معمولا ۲۰ تا ۲۵ سال در نظر گرفته می شود.

عمر مفید اجزا و تاسیسات مورد استفاده در تصفیه خانه یکی از مهمترین عوامل موثر بر انتخاب دوره طرح می باشد.

در انتخاب دوره طرح باید دقت کافی داشت:
انتخاب دوره طرح طولانی باعث راکد ماندن سرمایه شده و دوره طرح کوتاه مدت مشکلات مربوط به اجرای مجدد پروژه را در بر خواهد داشت.

شروع دوره طرح زمان شروع بهره برداری تصفیه خانه می باشد.

۲. تعیین نیاز آبی منطقه

نیاز آبی منطقه تحت پوشش بر اساس جمعیت در پایان دوره طرح برآورد می شود. حداکثر نیاز آبی روزانه مبنای طراحی تصفیه خانه آب می باشد.

۳. شناسایی منابع تامین آب

منابع آبهای سطحی : دریاها و دریاچه ها، برکه ها، رودخانه ها، جویبارها
منابع آبهای زیرزمینی : چاهها، قنوات و چشمه ها می باشد.

عوامل موثر بر مصرف آب

شرایط اقلیمی

شرایط اقتصادی و فرهنگی

قیمت آب

مدیریت آب

۴. بررسی کیفیت آب خام ورودی به تصفیه خانه (تعیین پارامترهای کیفی آب)

خصوصیات آبهای زیرزمینی:

* دی اکسید کربن ممکن است در این آبها زیاد باشد.
* pH این آبها معمولاً در حدود ۷/۹– ۶/۹ است.
* مواد معلق در این آبها بسیار کم است.
* این آبها ممکن است دارای ذرات شن باشند.
* معمولاً مواد آلی در این آبها کم است.
* این آبها حاوی آهن محلول و گاهی منگنز محلول هستند که در اثر اکسیداسیون ذرات زرد – قهوه ای در آنها ظاهر می شود.
* معمولاً این آبها حاوی املاح زیاد می باشند.
* معمولاً حاوی سختی می باشند (بیشتر سختی موقت)
* در آبهای شور غلظت یون کلر و سدیم بسیار زیاد است.

خصوصیات آبهای سطحی:

- pHاین آبها در حدود ۷– ۸ می باشد.
- مواد آلی موجود در این آبها در نقاط مختلف فرق می کند
- معمولاً آلوده به میکروارگانیسم ها هستند
- مقدار آمونیاک، فنل و نیترات این آبها ممکن است زیاد باشد.
- ممکن است حاوی دترجنت، نفت، روغن و فلزات سنگین باشد.
- معمولاً آبهای سطحی ناشی از کشاورزی حاوی نیترات و فسفات هستند.

۵. کیفیت آب تصفیه شده با توجه به استانداردهای کیفی موجود برای کاربری مورد نظر (شرب، صنعتی و ...)

آشامیدنی استانداردهای ملی، منطقه ای (مانند استاندارد جامعه اروپا) و بین المللی

استاندارد کیفیت آب آشامیدنی نشریه شماره ۳-۱۱۶ سازمان برنامه و بودجه

- استاندارد کیفیت آب آشامیدنی شماره ۱۰۵۳ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

- استاندارد کیفیت آب برای مصارف مختلف سازمان بهداشت جهانی WHO

۶. انتخاب محل تصفیه خانه آب

- محل تصفیه خانه باید تا حد ممکن به منبع آب، محل توزیع و برق نزدیک باشد.

- در محل تصفیه خانه باید زمین کافی برای توسعه احتمالی آینده موجود باشد (معمولاً به ازای هر نفر ۰/۲-۰/۳ متر مربع زمین را در نظر می گیرند)

- محل تصفیه خانه باید به راههای اصلی نزدیک باشد تا انتقال وسایل و کارگران در مرحلهٔ ساخت و انتقال مواد شیمیایی و رفت و آمد پرسنل در مرحلهٔ بهره برداری به راحتی و با هزینهٔ کم انجام گیرد.

- حتی الامکان آب تصفیه شده به مخازن ذخیره با نیروی ثقل انتقال یابد.

- ساختمان اداری و آزمایشگاه کنترل کیفیت آب باید نزدیک محل تصفیه خانه باشد.

۷. انتخاب واحدها و فرایندهای عملیاتی مورد نیاز تصفیه با توجه به کیفیت آب خام ورودی و کیفیت مورد نیاز آب

(واحد ورودی، واحد پیش ته نشینی ، واحد اختلاط سریع، واحد لخته سازی و زلالسازی، ...)

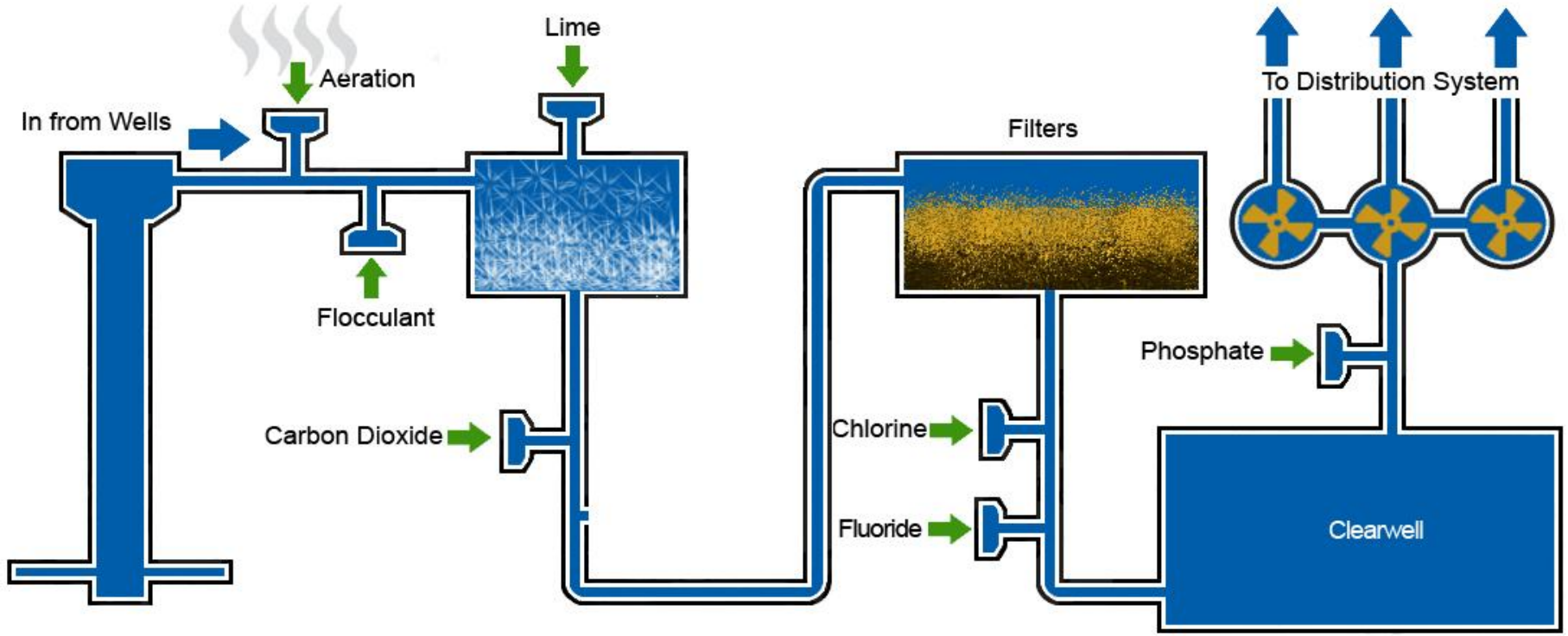
۸. انتخاب ساختمان و تجهیزات جنبی مورد نیاز تصفیه خانه

(ساختمان اداری، ساختمان کنترل مرکزی، انبار، آزمایشگاه، فضا ها و تجهیزات نگهداری و ذخیره مواد شیمیایی، نگهبانی، غذاخوری)

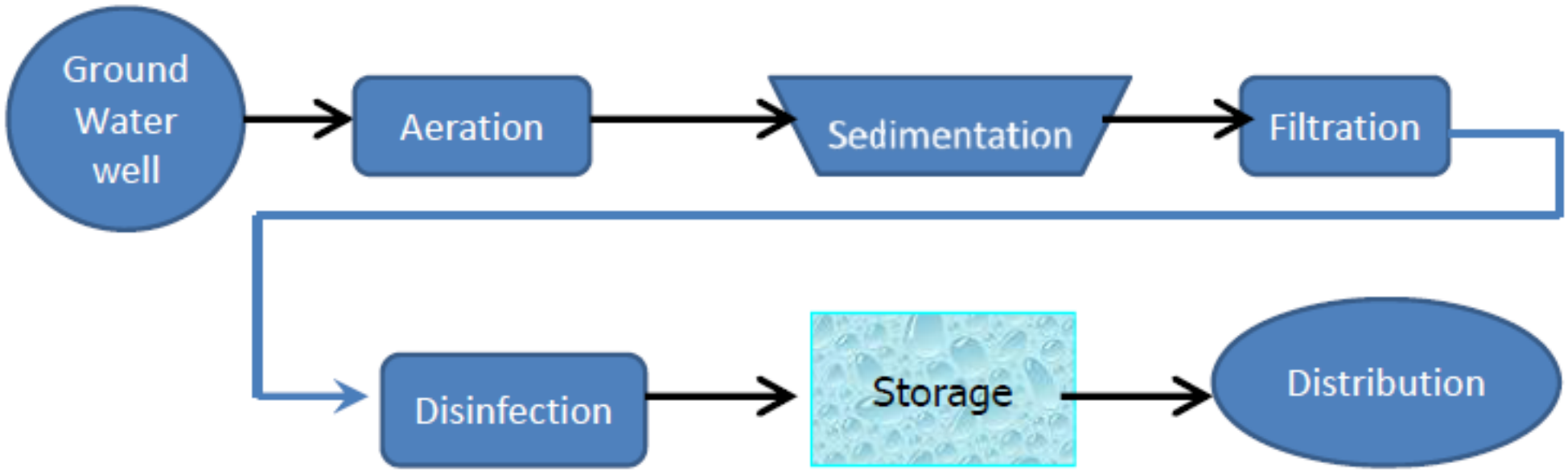
روش‌های تصفیه آب شرب از آبهای زیرزمینی

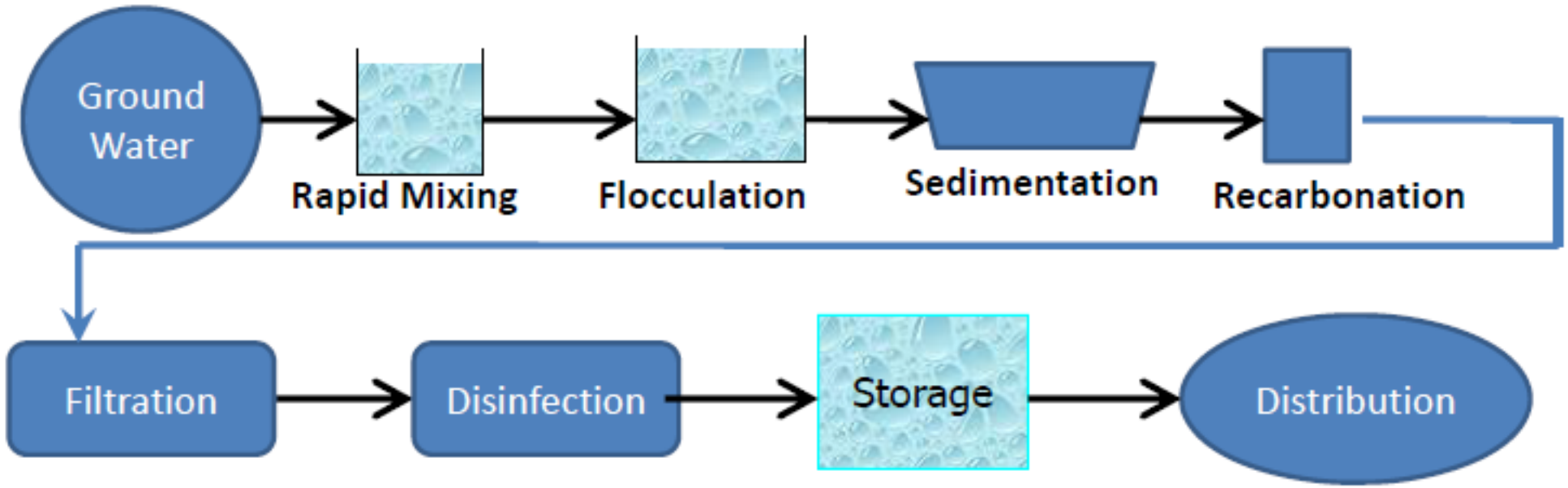
سیستم های تصفیه که معمولا برای تهیهٔ آب آشامیدنی از آبهای زیرزمینی مورد استفاده قرار می گیرند به ترتیب عبارتند از:

هوادهی (Aeration)،
سختی گیری (Softening)،
فیلتراسیون (Filtration)،
گندزدایی (Disinfection)
ذخیره سازی (Storage).



شکل ۱- شمای کلی از مراحل تصفیه آبهای زیرزمینی

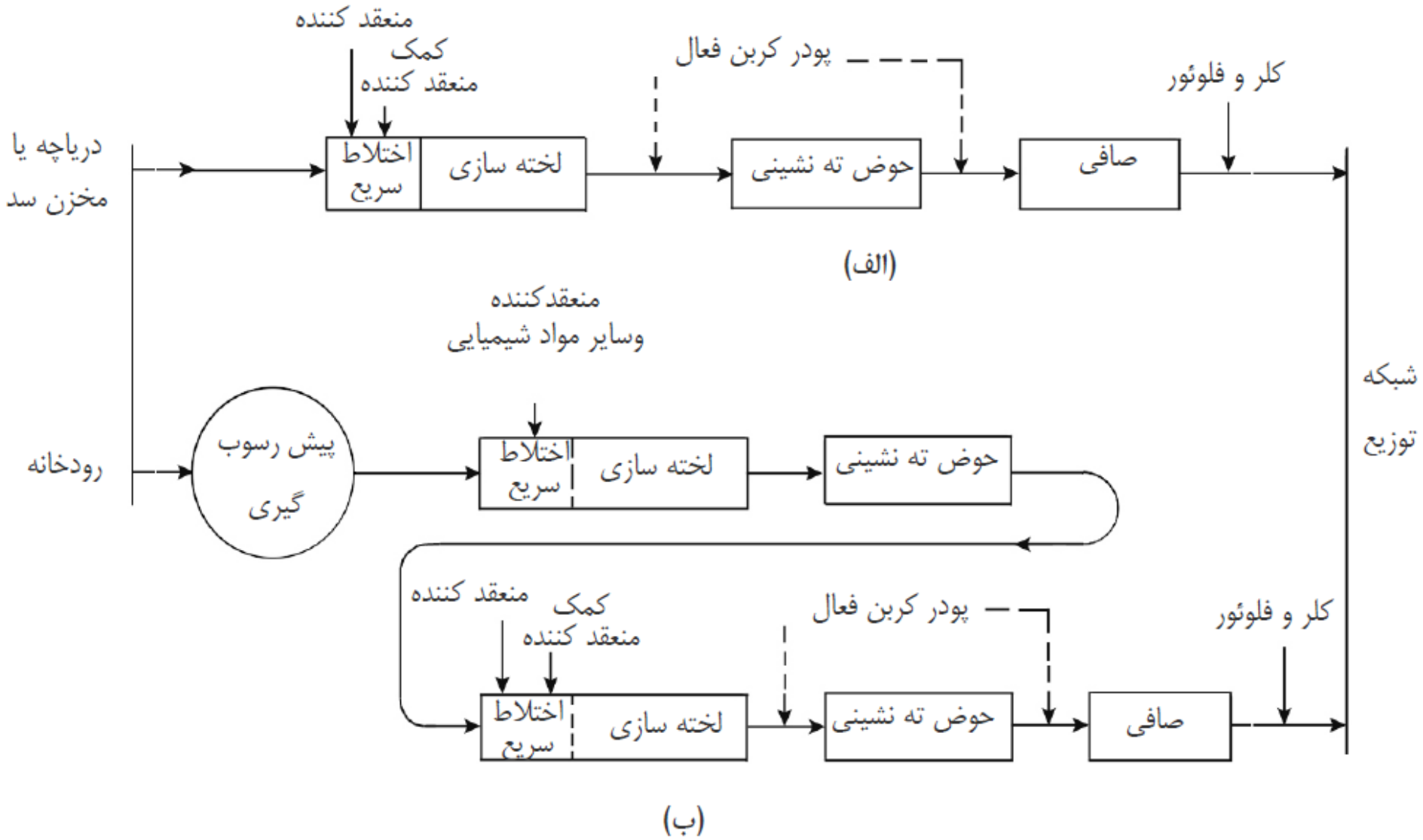

Ground Water well
Aeration
Sedimentation
Filtration
Disinfection
Storage
Distribution


Ground Water
Rapid Mixing
Flocculation
Sedimentation
Recarbonation
Filtration
Disinfection
Storage
Distribution

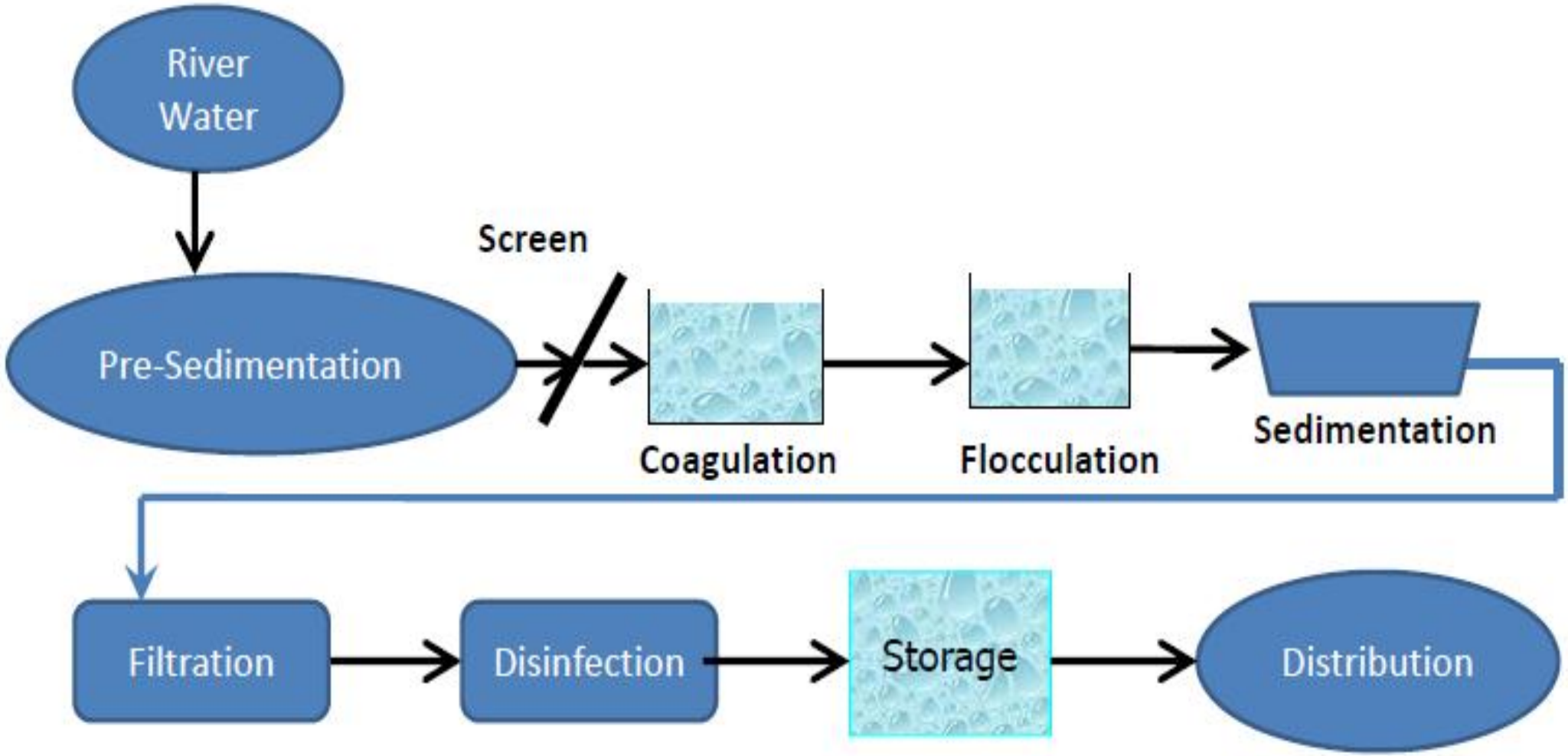
روش‌های تصفیه آب شرب از آبهای سطحی

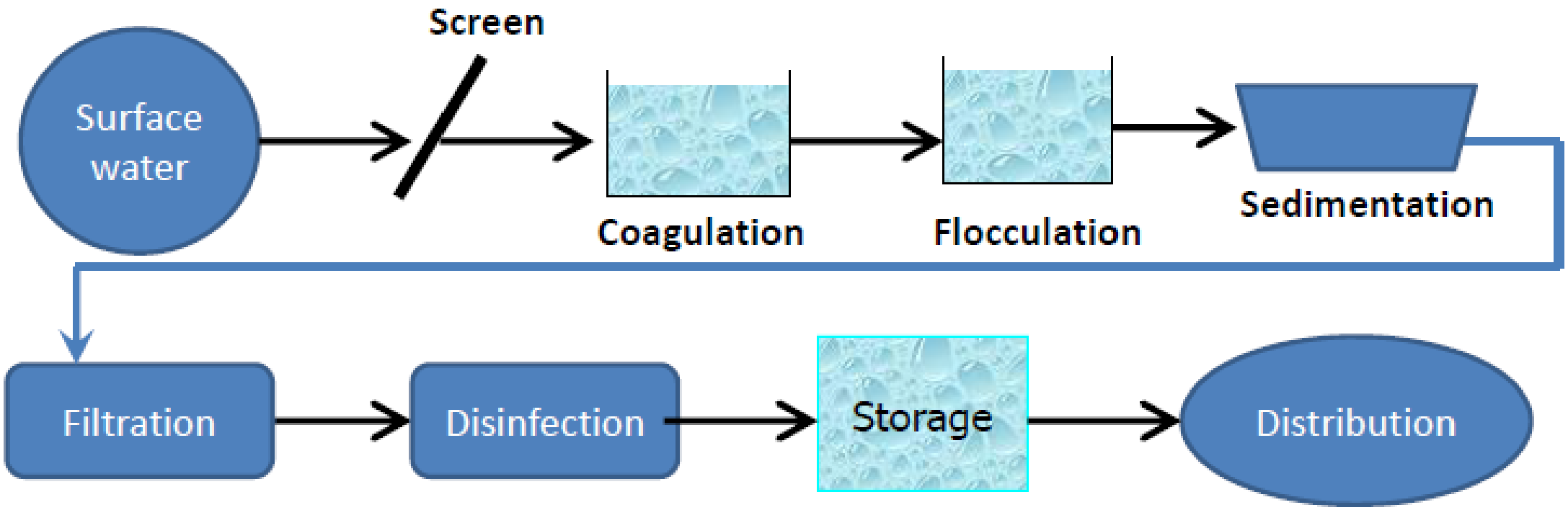
سیستم های تصفیه که معمولا برای تهیهٔ آب آشامیدنی از آبهای سطحی مورد استفاده قرار می گیرند به ترتیب عبارتند از:

(Pre-settlement)پیش ته نشینی
(Coagulation)اختلاط و لخته سازی
(Settlement) ته نشینی
(Filtration) فیلتراسیون
(Disinfection) گندزدایی
(Storage ذخیره سازی



شکل ۲- شمای کلی از مراحل تصفیه آبهای سطحی


River Water
Pre-Sedimentation
Screen
Coagulation
Flocculation
Sedimentation
Filtration
Disinfection
Storage
Distribution


Surface water
Screen
Coagulation
Flocculation
Sedimentation
Filtration
Disinfection
Storage
Distribution

فرایندها و بخش های مختلف تصفیه آب شهری

تاسیسات برداشت آب خام

تاسیسات برداشت آب خام به منظور کنترل استحصال آب از منابع سطحی کاربرد دارند .

هدف ساخت آبگیر:

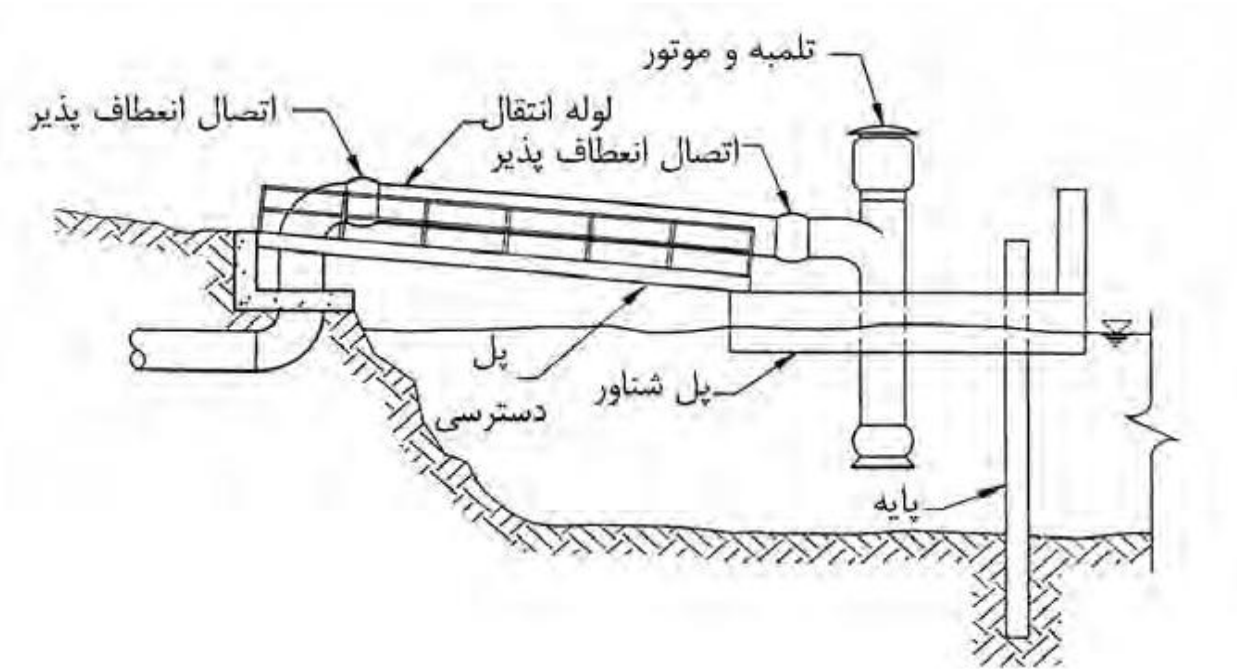
برداشت آب مطلوب از لحاظ کیفی به نحوی که فاقد آبزیان، ذرات شناور، رسوبات و دیگر ذرات باشد.

این تاسیسات ممکن است یک لوله ساده مستغرق و یا تاسیساتی شبیه یک برج، متشکل از دریچه های ورودی، آشغال گیر، شیرهای کنترلی، تلمبه، شیپور ه های تزریق مواد شیمیایی، دستگاه های دبی سنجی و غیره باشند.

انواع سازه های آبگیر

۱- آبگیرهای شناور
۲- آبگیرهای مستغرق
۳- آبگیرهای برجی
۴- آبگیر ساحلی
۵- آبگیر اسکله ای

آبگیرهای شناور



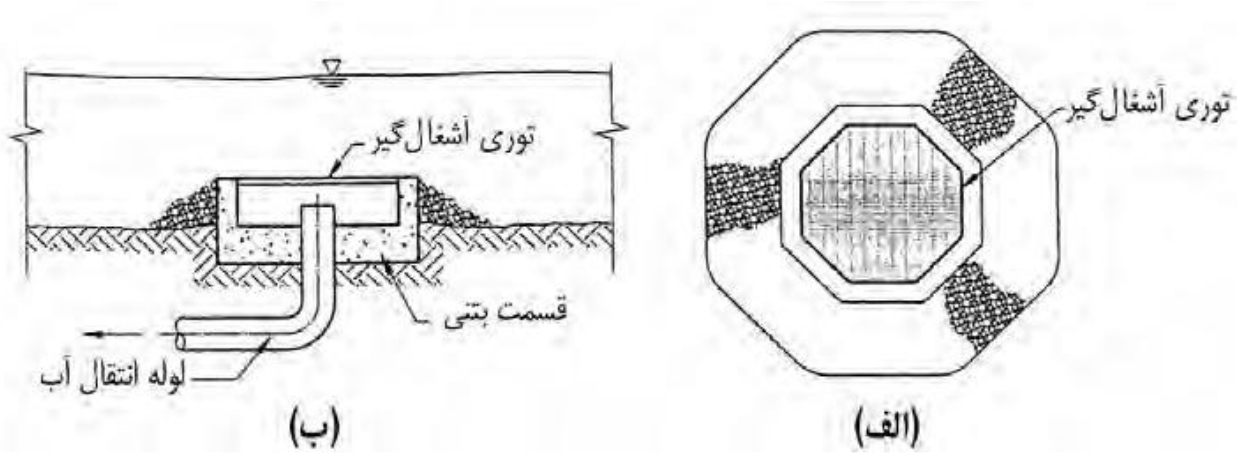
مزایای آبگیر شناور:

قیمت نسبتا کم،
ساخت در کارخانه و نصب در محل،
امکان بهره برداری آب از عمق کم

معایب آبگیر شناور:

این آبگیرها باید محکم مهار شود تا بر اثر باد صدمه نبیند.
تنها از عمق خاصی آب برداشت می کند.

آبگیرهای مستغرق

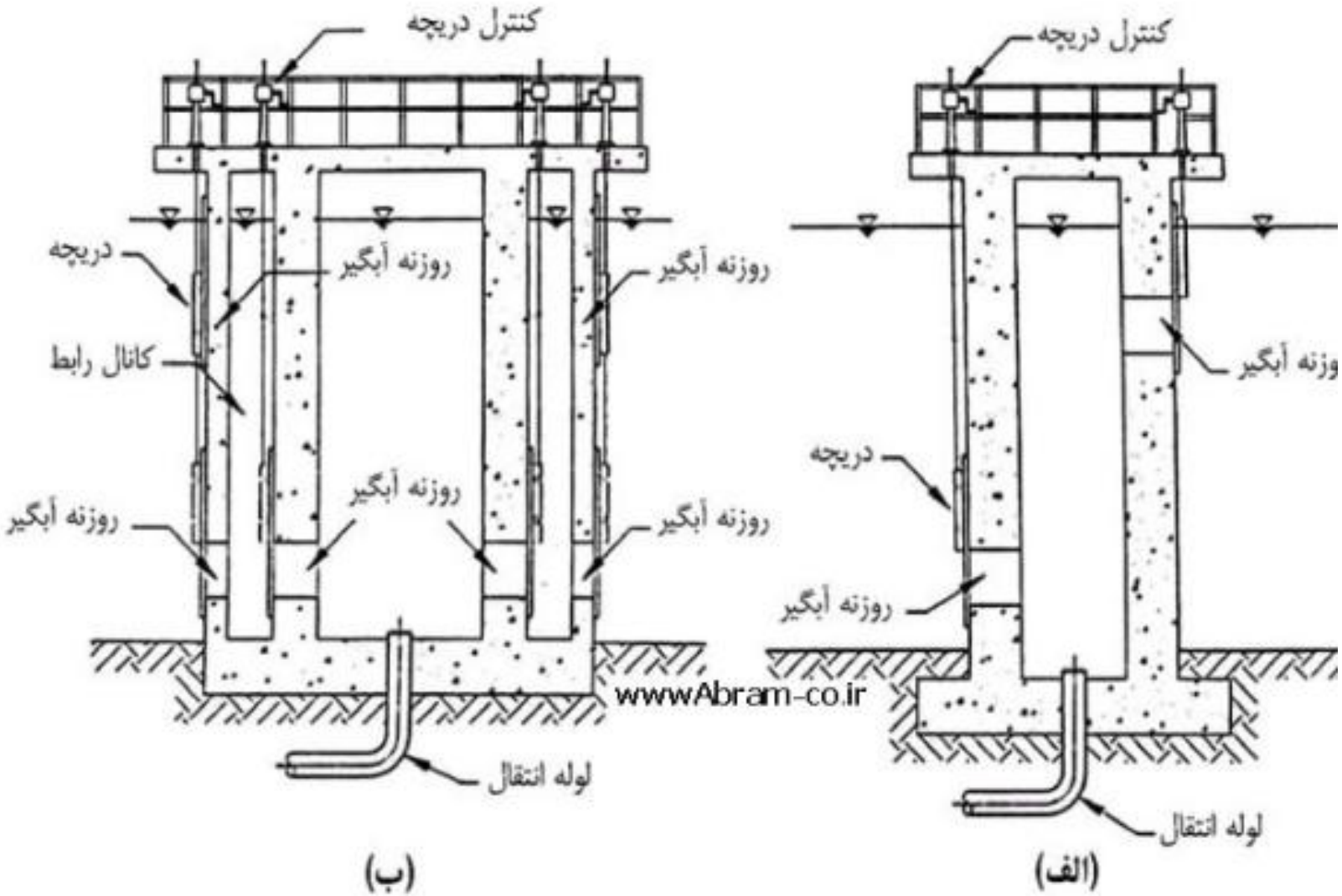


از مزایای آبگیر مستغرق ، بهره برداری ساده، آسان و هزینه ساخت نسبتا کم است.

عیب آبگیر مستغرق این است که تنها از ارتفاع خاصی آب برداشت میکند که نزدیک کف است و کیفیت خوبی ندارد.

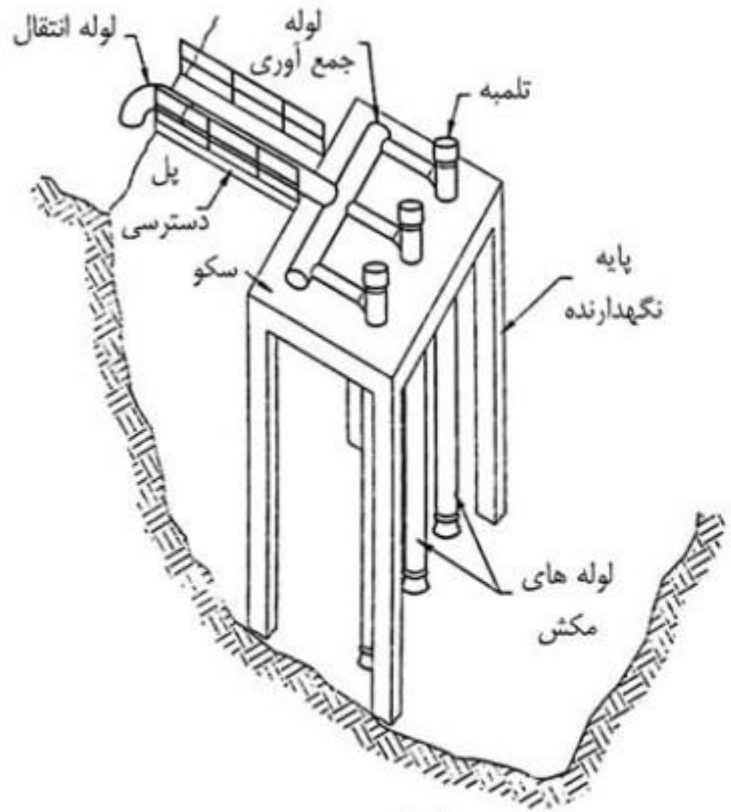
تمیز کردن رسوبات و آشغالها و تعمیرات این نوع آبگیر نیز مشکل است.

آبگیرهای برجی

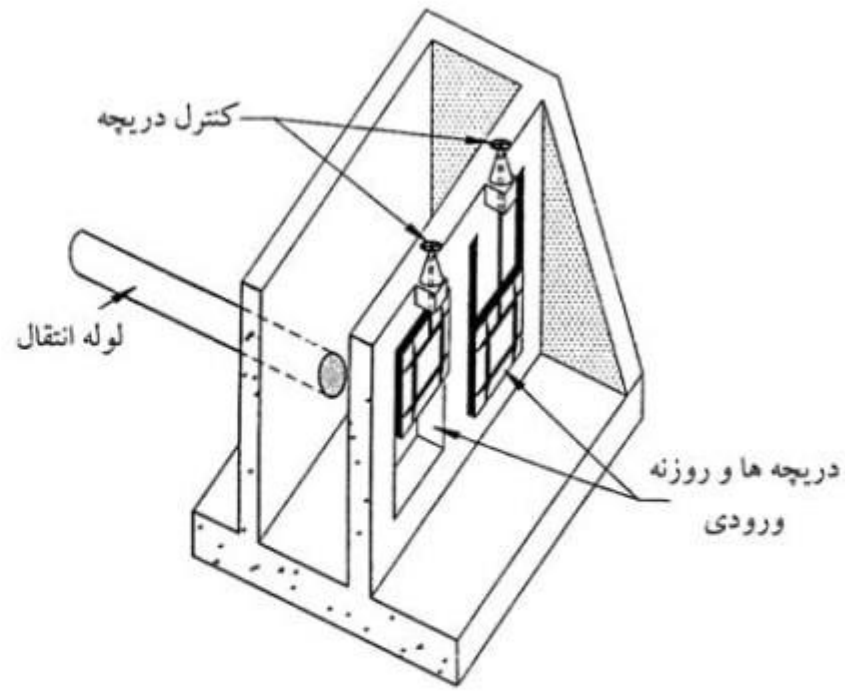


آبگیرهای برجی

- در طرح های بزرگ آبرسانی و بر روی رودخانه ها یا مخازن با نوسانات شدید سطح آب ساخته می شود.
- برای برداشت آب با کیفیت مناسب دریچه های متعددی در آبگیر پیش بینی شده است.
- مشکل: پرهزینه- دور از ساحل قرار دارد و نسبت به سایر آبگیرها دسترسی مشکل تر است



(ب)



(الف)

(الف) آبگیر ساحلی، (ب) آبگیر ستونی

www.Abram-co.ir

آبگیر ستونی

آبگیر ساحلی

ته نشینی مقدماتی (Pre-sedimentation)

هدف: جداسازی فیزیکی مواد جامد از آب (مختص آبهای سطحی)

ذراتی مانند سنگ ریزه، شن، ماسه و سایر مواد ریگ دار آب خام طی فرایند ته نشینی از آب جدا می شوند.

زمان ماند Detention Time (مدت زمان توقف آب در استخر) در این استخرها بین ۱/۵ تا ۴ ساعت متغیر است.

عمق این استخرها معمولاً بین ۳ تا ۵ متر و نسبت طول به عرض بین ۳ تا ۶ متغیر است.

سرعت ته نشینی مواد به عوامل مختلفی مانند وزن مخصوص، قطر ذرات و درجه حرارت آب بستگی دارد.

معیارهای طراحی حوضچه ته نشینی مقدماتی

۱- زمان ماند هیدرولیکی

۲- نرخ بار سطحی

۳- نرخ سرریز

زمان ماند از تقسیم حجم حوضچه بر دبی متوسط روزانه دست می آید.

نرخ بارسطحی برابر است با دبی متوسط روزانه تقسیم بر کل سطح موثر حوضچه ته نشینی

نرخ سرریز با تقسیم دبی متوسط روزانه بر طول کل سرریز جریان خروجی به دست می آید.

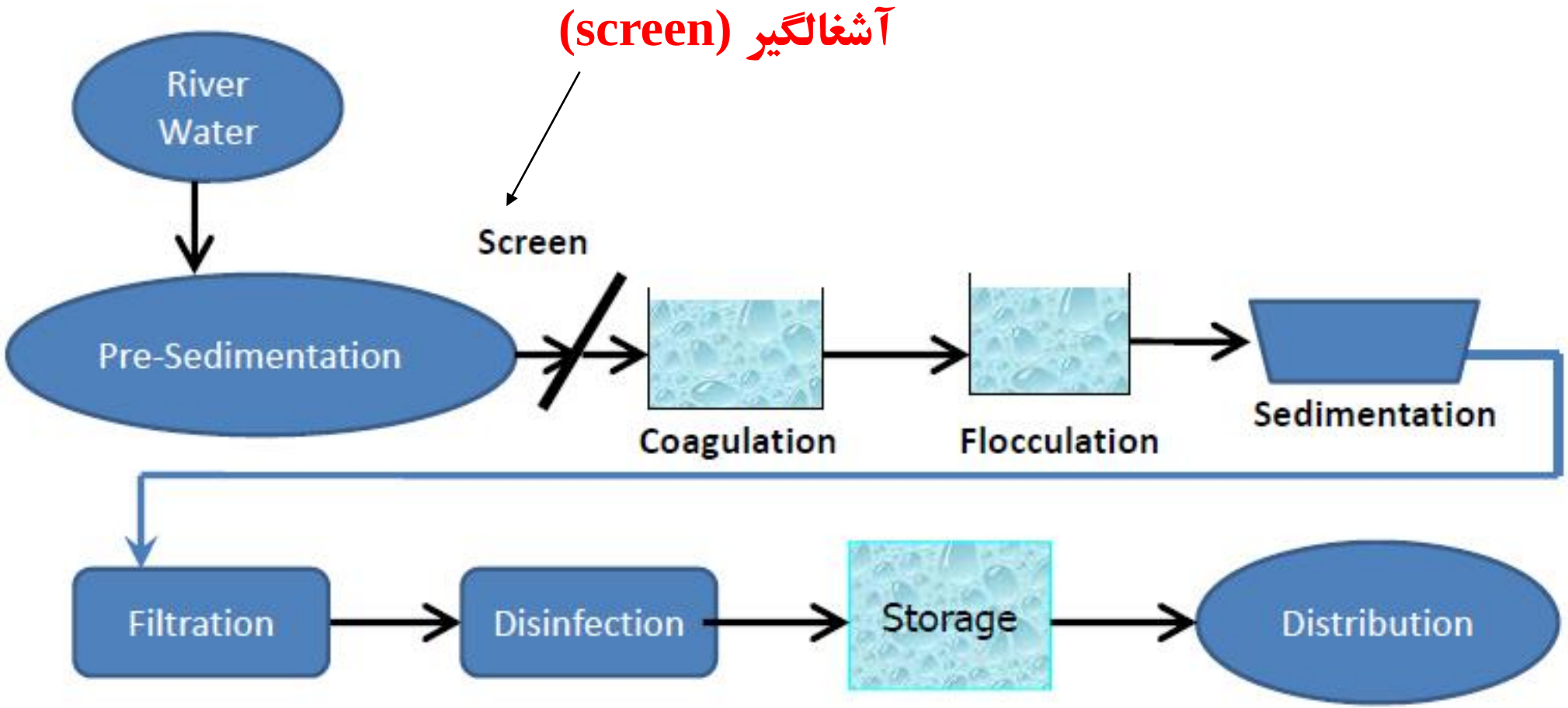
آشغالگیر (screen) ⟵ معمولاً بعد از حوضچه پیش ته نشینی در آبگیری از آبهای سطحی

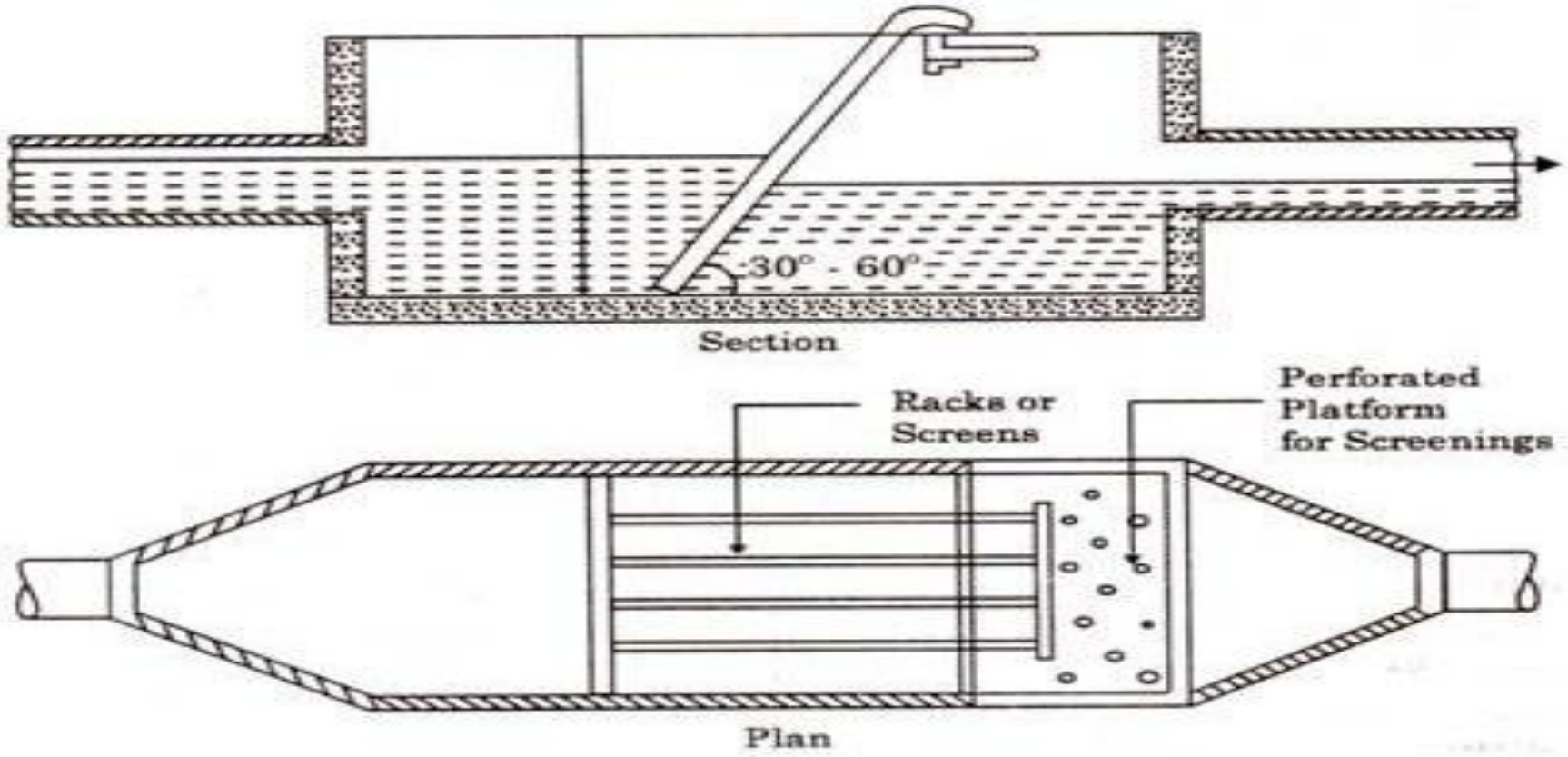
۱- جداسازی و حذف مواد بزرگ حمل شده با آب خام که می توانند راندمان فرآیندهای بعدی تصفیه را تحت تاثیر قرار دهند و در عملکرد آنها مشکل ایجاد نمایند.
۲- حفاظت از واحدهای بعدی تصفیه خانه در مقابل اشیای بزرگ که می توانند سبب انسداد و صدماتی در برخی تجهیزات (پمپها و سایر وسایل مکانیکی و شیرها) شوند.

آشغال گیرها معمولاً در تصفیه خانه های فاضلاب استفاده می شود.

انواع آشغالگیر

آشغالگیر ریز: فضای باز بین میله ها کمتر از ۱۰ میلی متر است.
آشغالگیر متوسط: فضای باز بین میله ها بین ۱۰ تا ۴۰ میلی متر است.
آشغالگیر درشت: فضای باز بین میله ها بیشتر از ۴۰ میلی متر است.


آشغالگیر (screen)
River Water
Screen
Pre-Sedimentation
Coagulation
Flocculation
Sedimentation
Filtration
Disinfection
Storage
Distribution



سرعت قابل قبول بین میله های آشغال گیر ۰/۶ تا ۱ متر بر ثانیه است.

روشهای پاکسازی عبارتند از:

الف- آشغالگیرهای میله ای با پاکسازی دستی (دبی کمتر از ۱۰۰۰ مترمکعب در روز)

ب- آشغالگیرهای میله ای با پاکسازی اتوماتیک

آشغال گیرها معمولاً در تصفیه خانه های فاضلاب استفاده می شود.

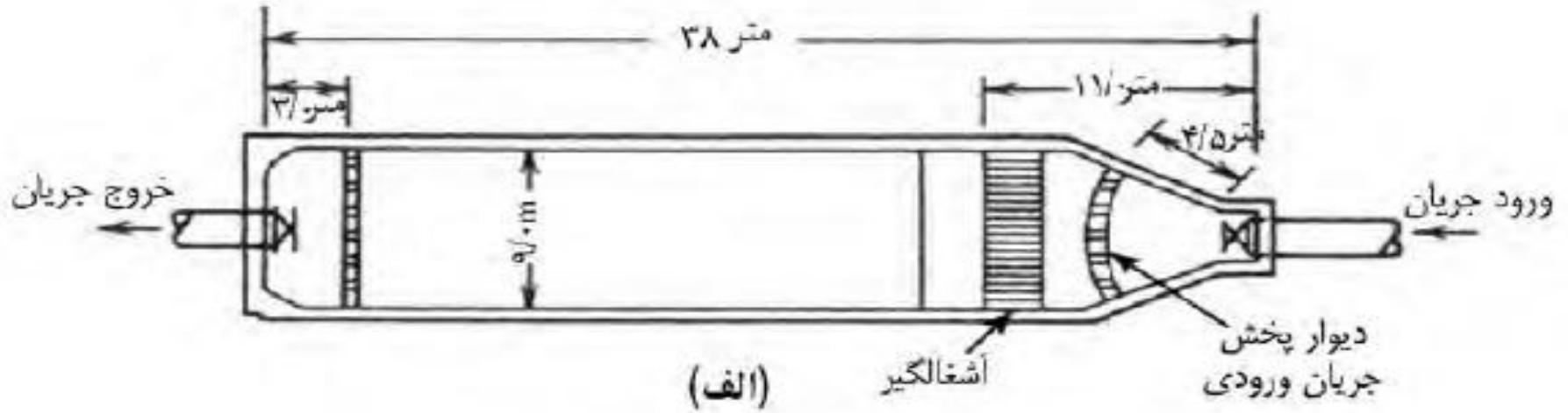
کانال دانه گیر

هدف: ته نشینی و حذف ذرات شن و ماسه از آب ورودی (آب رودخانه) به تصفیه خانه

کانال دانه گیر معمولاً در تصفیه خانه های فاضلاب استفاده می شود.

دلیل استفاده از کانال دانه گیری :

- جلوگیری از آسیب رسیدن به پمپ ، شیرالات و سایر اجزای موجود در تصفیه خانه
- جلو گیری از افزایش حجم لجن در حوضچه های ته نشینی و زلال ساز ها


متر ۳۸
متر/۳
متر/۱۱
متر/۴/۵
خروج جریان
ورود جریان
۹/۰m
آشغالگیر
دیوار پخش
جریان ورودی
(الف)
۷۰
صفحه مانع
(ب)

هوادهی (Aeration):

هدف: خارج ساختن گازهای نامطبوع در آب (گاز زدائی) یا افزودن اکسیژن به آب برای تبدیل مواد نامطلوب به شکلی مناسبتر (اکسیداسیون)

مهمترین گازهای موجود در آبهای زیرزمینی عبارتند از **سولفید هیدروژن، دی اکسید کربن و متان**.

دی اکسید کربن می تواند باعث خاصیت خورندگی در آب شده و همچنین به دلیل تغییر pH آب، در سایر فرایندهای تصفیه آب می تواند تاثیر گذار باشد (مصرف بیشتر مواد منعقدکننده در فرایند انعقاد).

(غلظت دی اکسیدکربن بیشتر از ۱۰ میلی گرم در لیتر نیاز به هوادهی دارد)

سولفید هیدرژن و متان نیز می توانند تولید بو و مزه در آب شوند.

آهن و منگنز عناصری هستند که معمولا در آبهای زیرزمینی عمیق وجود دارند. این عناصر باعث ایجاد رنگ در آب می شوند.

H_2S poisoning is one of the lauding causes of accidents in the field.

Hazardous levels
- 5ppm: Moderate odor.
- 10ppm: Eye irritation begins
- 30ppm: Strong , unpleasant odor of rotten egg
- 100ppm: Loss of smell
- >300ppm: Unconsciousness, death

مشکلات ناشی از گازهای موجود در آب

الف -ایجاد بو و طعم

- بو و مزه در آبها معمولاً همراه یکدیگرند و عمدتاً از تجزیه و فساد مواد آلی حاصل می شوند.
- وجود سولفید هیدروژن، کلر، فنل و آمونیاک به آب بوی ناخوشایند می دهند. سولفید هیدروژن بوی تخم مرغ گندیده ایجاد می کند که در غلظتهای کم هم مشخص است.
- کلر علاوه بر آنکه بوی خاص خودش را دارد، با بعضی از ناخالصیهای آب مانند فنل ترکیب شده و ایجاد کلرو فنل می کند که بوزاست.

ب -خوردگی

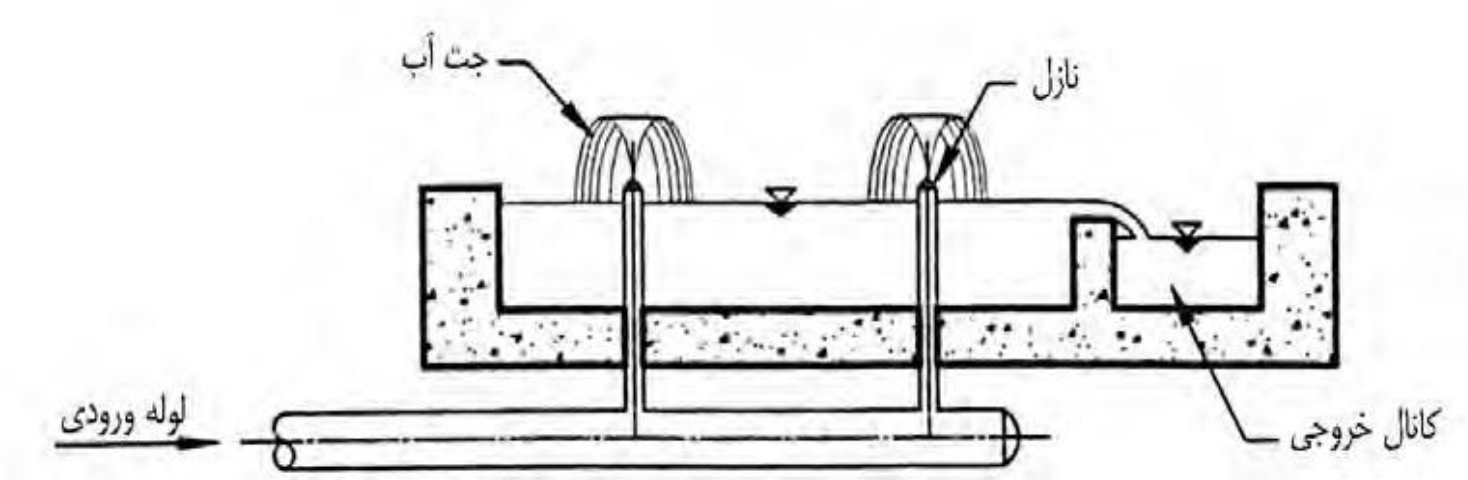
- تعداد زیادی از گازهای محلول از طرق مختلف (اکسیداسیون، ترکیب و ...) اثر خورندگی در آب ایجاد می کنند و در تاسیسات مختلف تصفیه خانه های آب، فاضلاب و لوله های جمع آوری فاضلاب و توزیع آب موثر واقع شده و ایجاد اشکال می کنند.
- نقش اکسیژن و گاز کربنیک در خوردگی فلز آهن اهمیت زیادی دارد.
- سولفید هیدروژن برای بتن اهمیت بیشتری دارد و منجر به تخریب بتن می شود.
- آمونیاک در pH بالاتر از 9 باعث خوردگی وسایل مسی و برنجی می شود.
-

ج -ایجاد رسوب

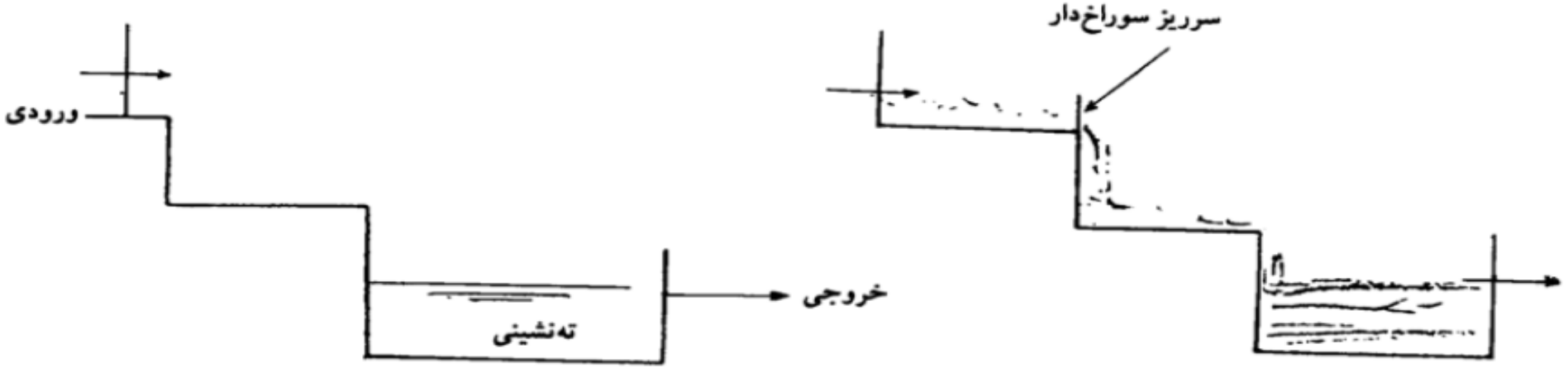
- واکنش بعضی از گازهای محلول با فلز آهن رسوبی تولید می شود که به نوبه خود مشکل ایجاد می کند.
- اکسید آهن (Fe2O3) ضمن اینکه غیر محلول است و پیشرفت خوردگی را باعث می گردد، رنگ آب را نیز تغییر می دهد .
- رسوب سولفور آهن که بر اثر ترکیب سولفیدهیدروژن با آهن حاصل می گردد باعث ضایع شدن رزینهای تعویض یونی می شود.

ایجاد رسوب روی لوله مکش پمپ آب از چاه

هوادهی افشانه ای یا فواره ای (Spray Aeration):

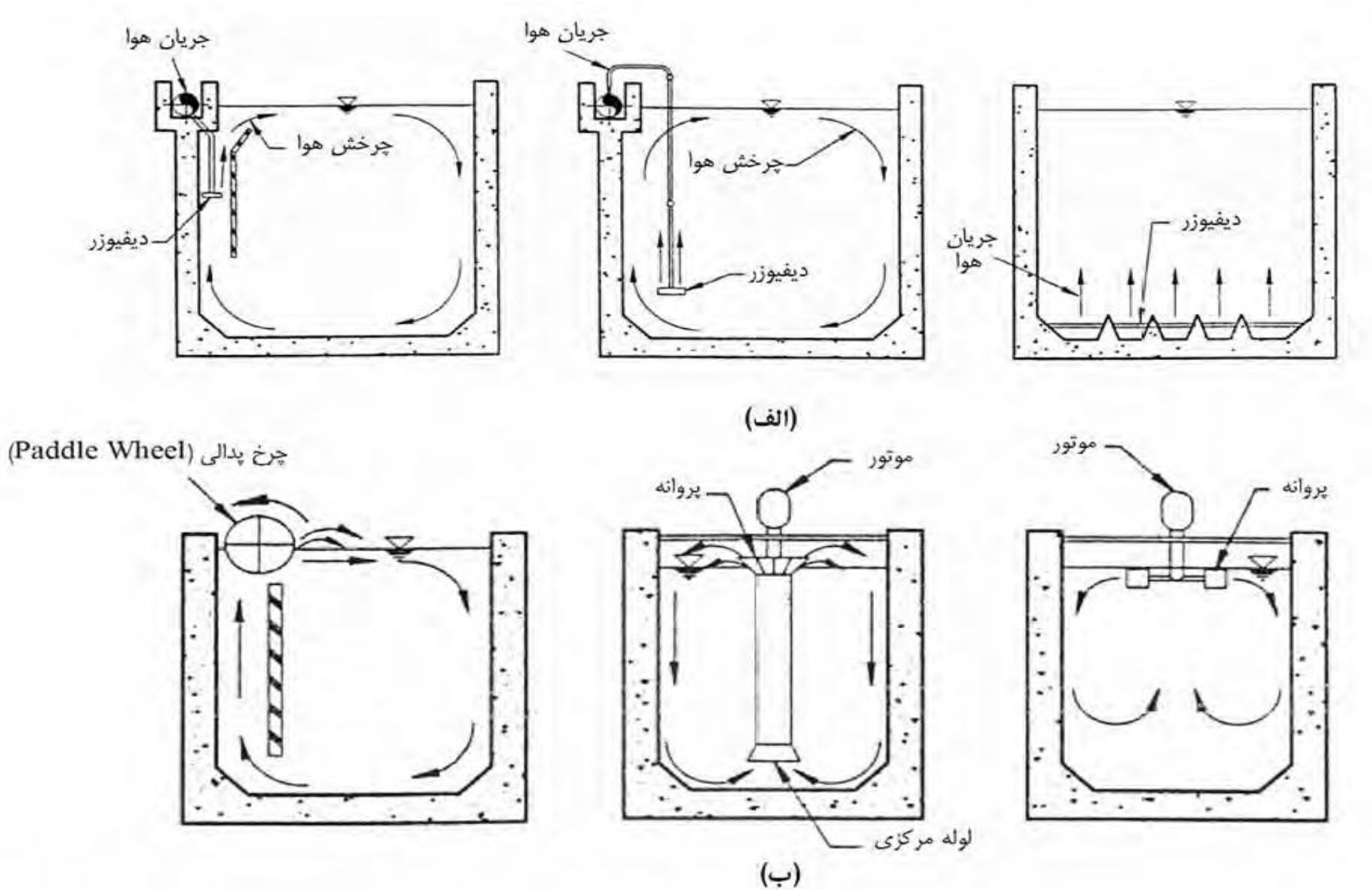


هوادهی با برج های آبشاری یا پلکانی (Cascade Aeration)



هوادهی با برج های سینی دار (Multiple Tray Aeration Waterfall)

سیستم هوا در آب: معمولا در تصفیه فاضلاب مورد استفاده قرار می گیرد.



کلرزنی آب خام

هدف:

- سالم سازی آب ورودی به تاسیسات به منظور اکسیداسیون فلزاتی مثل آهن و منگنز و ته نشینی آنها در حوضچه ته نشینی
- حذف نسبی آلاینده های آلی مولد بو و طعم نامطلوب
- جلوگیری از رشد بعدی میکرو ارگانیسمها و گیاهان آبی در تاسیسات تصفیه خانه

انعقاد و لخته سازی (Flocculation & Coagulation)

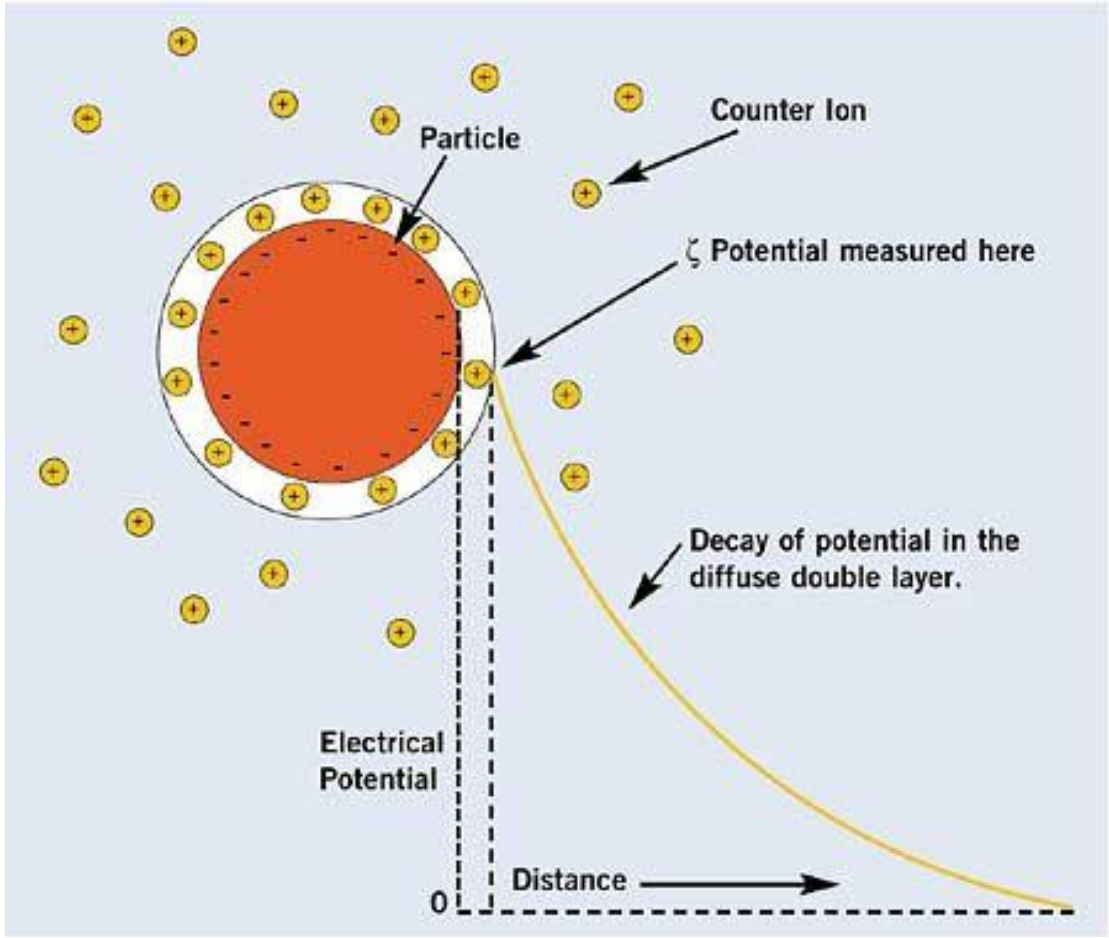
استفاده از مواد منعقد کننده به مقادیر لازم و کافی به آب و تبدیل ذرات کوچک، سبک و غیر قابل ته نشین، به ذرات بزرگتر و سنگین تر

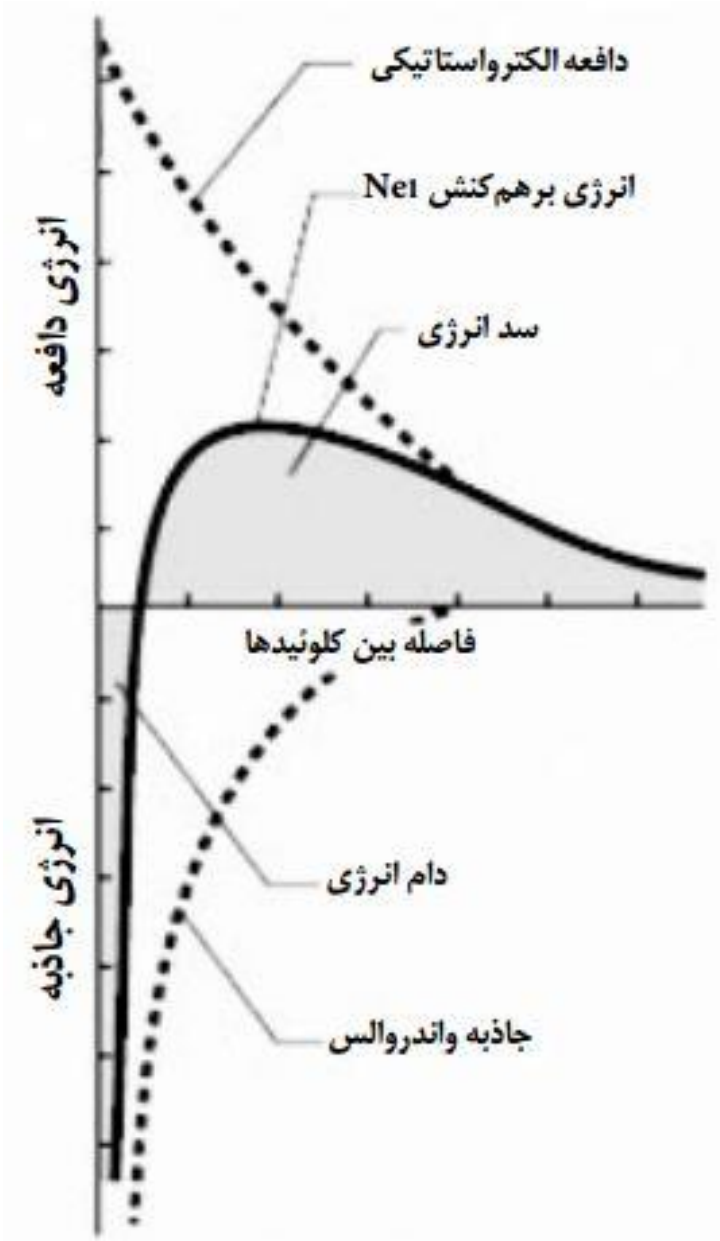
عوامل موثر بر ته نشیتی ذرات:

الف) اندازه ذرات
ب) نیروی طبیعی میان ذرات (نیروی الکتریکی دافع پتانسیل زتا)

Particle diameter mm	Size typical of	Settling velocity
10	Pebble	0.73 m/s
1	Coarse sand	0.23 m/s
0.1	Fine sand	1.0×10^{-2} m/s (0.6 m/min)
0.01	Silt	1.0×10^{-4} m/s (8.6 m/d)
0.0001	Large colloid	1.0×10^{-8} m/s (0.3 m/yr)
0.000001	Small colloid	1.0×10^{-13} m/s (3 m/million yr)

* Spheres with specific gravity of 2.65 in water at 20°C.


Counter Ion
Particle
ζ Potential measured here
Decay of potential in the diffuse double layer.
Electrical Potential
0
Distance


دافعه الکترواستاتیکی
انرژی برهم‌کنش Ne1
سد انرژی
انرژی دافعه
فاصله بین کلوئیدها
انرژی جاذبه
دام انرژی
جاذبه واندروالس

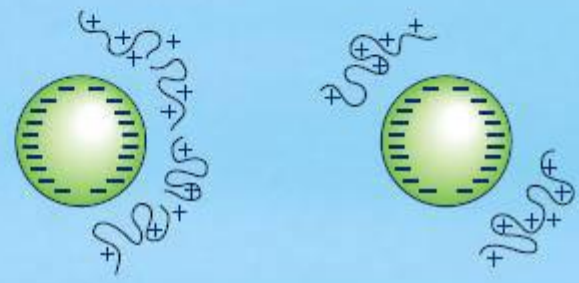
انواع مواد شیمیایی مورد استفاده به عنوان منعقدکننده

ماده شیمیایی	فرمول
آلوم	$Al_2(SO_4)_3.18H_2O$
کلرید آلومینیوم	$AlCl_3$
هیدروکسید کلسیم (آهک)	$Ca(OH)_2$
کلرید فریک	$FeCl_3$
سولفات فریک	$Fe_2(SO_4)_3$
سولفات فرو	$FeSO_4.7H_2O$
آلومینات سدیم	$Na_2Al_2O_4$

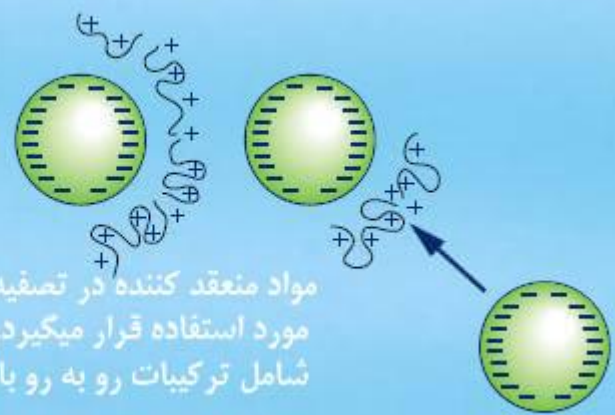
دایاگرام انعقاد و تشکیل لخته

کلوئید های پایدار

کلوئید های ناپایدار



تشکیل فلوک های ریز



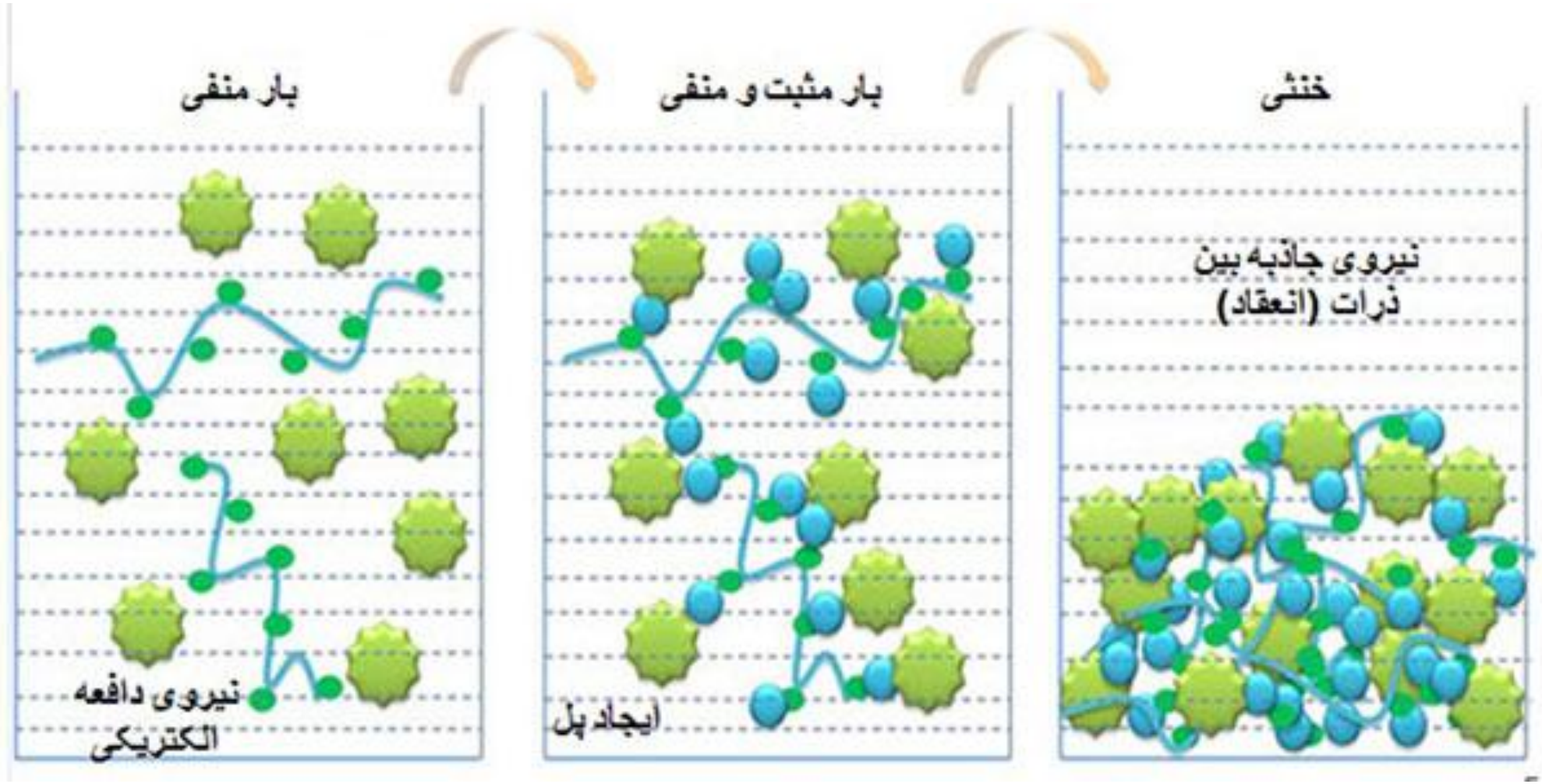
مواد منعقد کننده در تصفیه فاضلاب مورد استفاده قرار میگیرد، شامل ترکیبات رو به رو باشد:

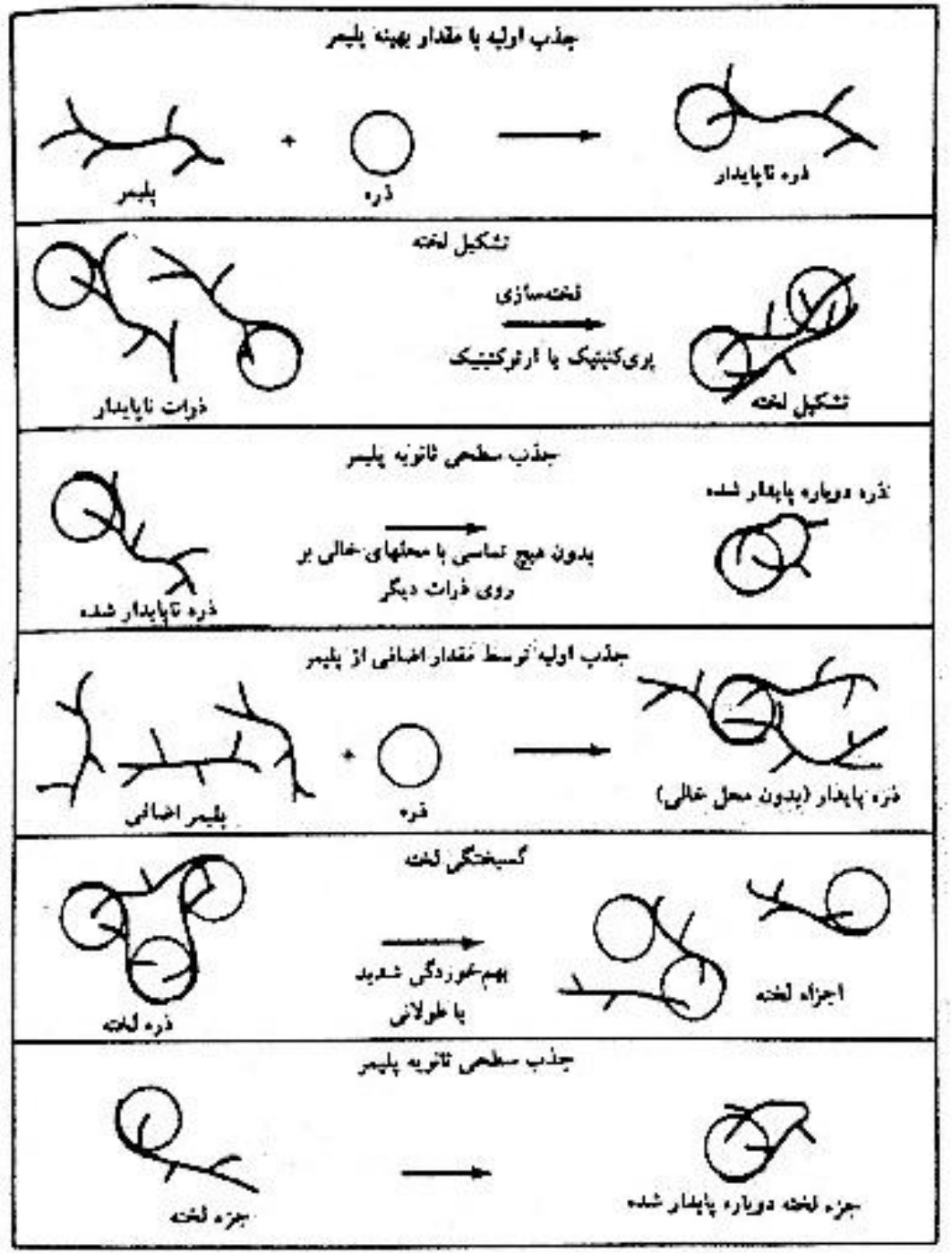
۱.ترکیبات فلزاتی مانند آلومینیوم (سولفات آلومینیوم ,...)

۲. آهن (سولفات فرو $FeSO_4$، یا سولفات فریک یا کلرور فریک)

۳. ترکیبات الکترولیت

آزمایشگاه آب و فاضلاب


خنثی
نیروی جاذبه بین ذرات (انعقاد)
بار مثبت و منفی
ایجاد پل
بار منفی
نیروی دافعه الکتریکی


جذب اولیه با مقدار بهینه پلیمر
پلیمر
ذره
ذره ناپایدار
تشکیل لخته
لخته‌سازی
پری‌کنیتیک یا ارتوکینتیک
ذرات ناپایدار
تشکیل لخته
جذب سطحی ثانویه پلیمر
ذره دوباره پایدار شده
بدون هیچ تماسی با محلهای خالی بر
روی ذرات دیگر
ذره ناپایدار شده
جذب اولیه توسط مقدار اضافی از پلیمر
پلیمر اضافی
ذره
ذره پایدار (بدون محل خالی)
گسیختگی لخته
بهم‌خوردگی شدید
یا طولانی
ذره لخته
اجزاء لخته
جذب سطحی ثانویه پلیمر
جزء لخته
جزء لخته دوباره پایدار شده

عوامل مؤثر در انعقاد

۱- pH و قلیائیت:

به علت حذف H^+از محیط، برای ایجاد هیدروکسیدهای فلزی باید pH قلیایی باشد. برای تنظیم pH، اغلب از آب آهک استفاده می شود، ولی نباید در حدی باشد که باعث افزایش بی رویه سختی آب شود.

۲- مقدار ذرات معلق:

هرچه ذرات معلق بیشتر باشد، مصرف منعقدها هم بالا می رود.

۳- اثر عوامل فیزیکی:

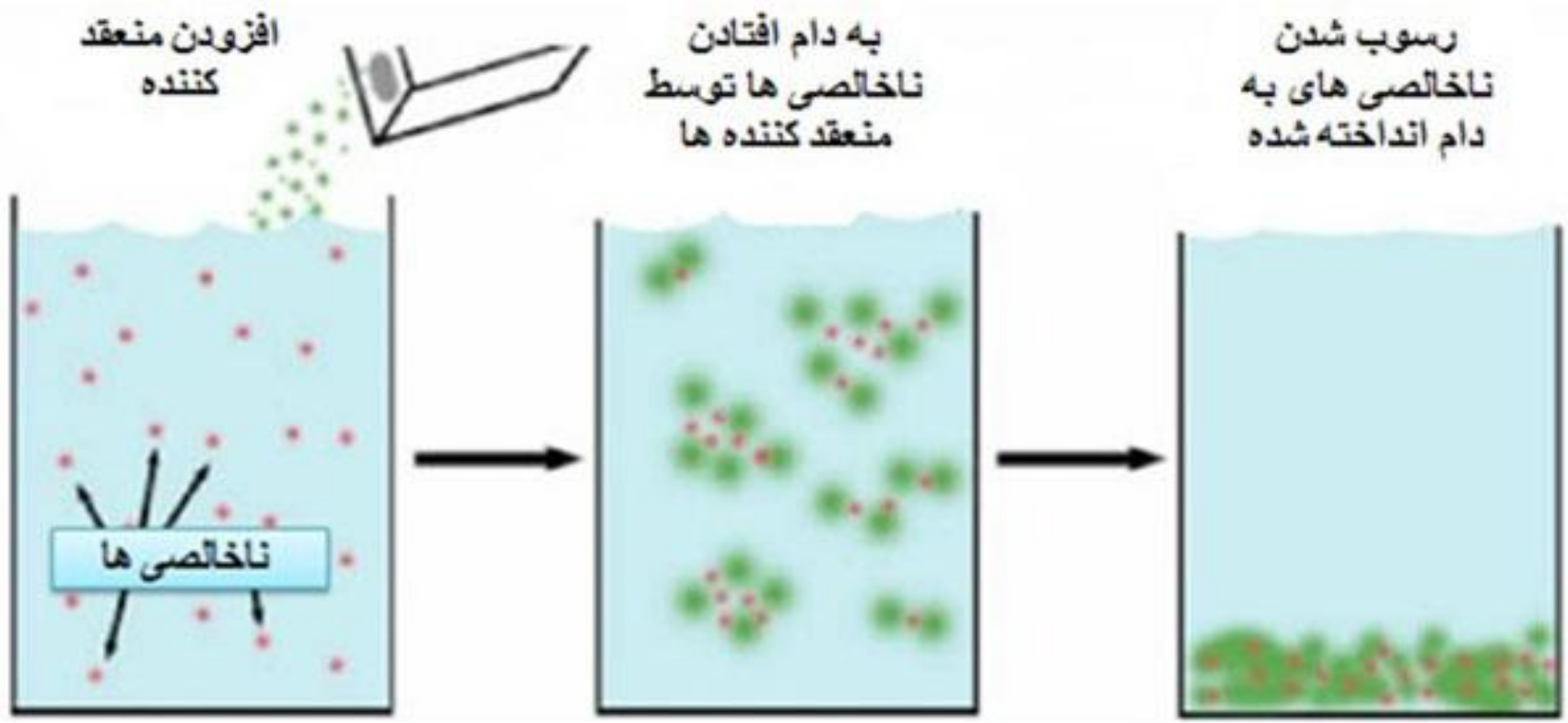
با کاهش دما و نزدیک شدن به صفر، مشکلات جدی در امر انعقاد بوجود می آید و لخته شدن کاهش می یابد. به همین دلیل، مقدار مصرف منعقد کننده ها در تصفیه خانه ها در زمستان بیشتر از تابستان است.

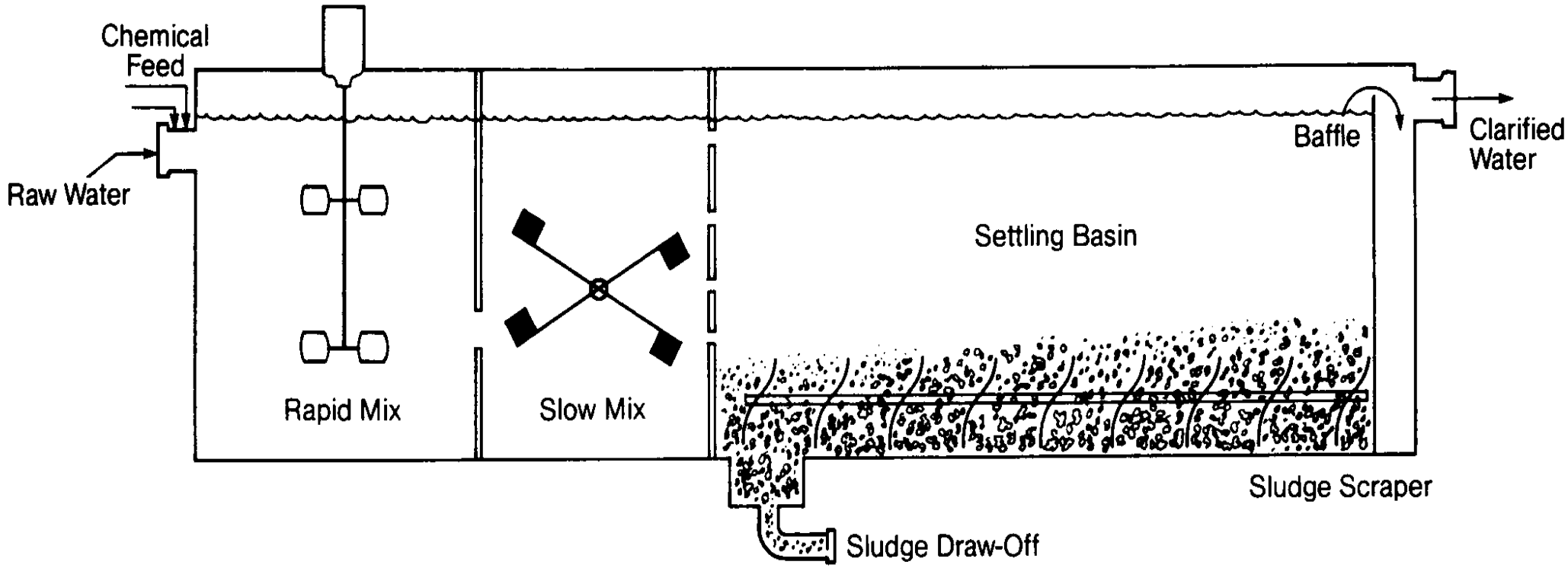
آزمایش جار

مراحل انعقاد:

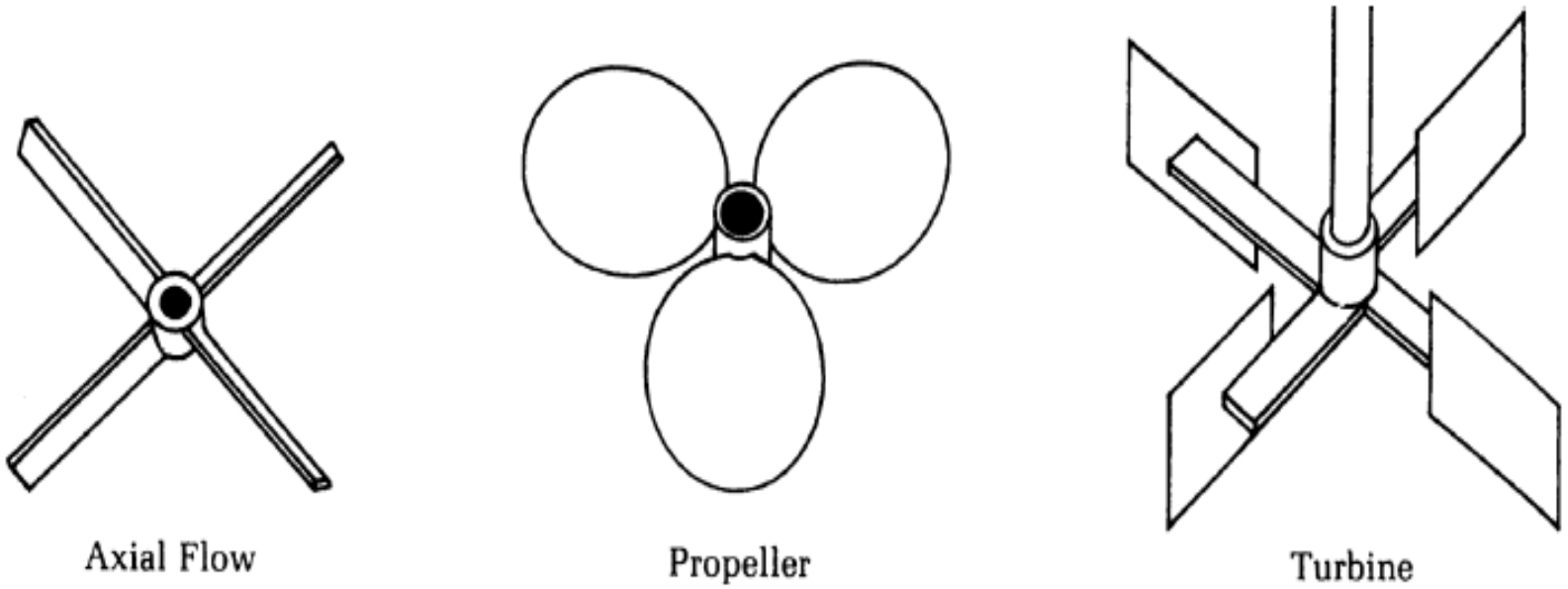
فرایند انعقاد شامل مراحل زیر است:

- **اختلاط سریع (Rapid mixing)**
- **انعقاد (Coagulation) و لخته سازی(Flocculation)**
- **ته نشینی (Sedimentation)**


افزودن منعقد
کننده
به دام افتادن
ناخالصی ها توسط
منعقد کننده ها
رسوب شدن
ناخالصی های به
دام انداخته شده
ناخالصی ها


Chemical
Feed
Raw Water
Rapid Mix
Slow Mix
Settling Basin
Baffle
Clarified
Water
Sludge Scraper
Sludge Draw-Off

واحد اختلاط سريع



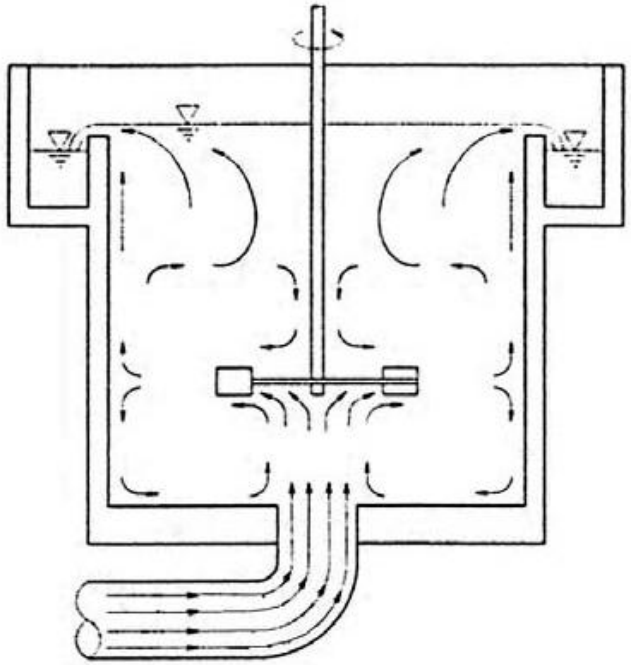
انواع مختلف همزن در واحد اختلاط سریع و لخته سازی

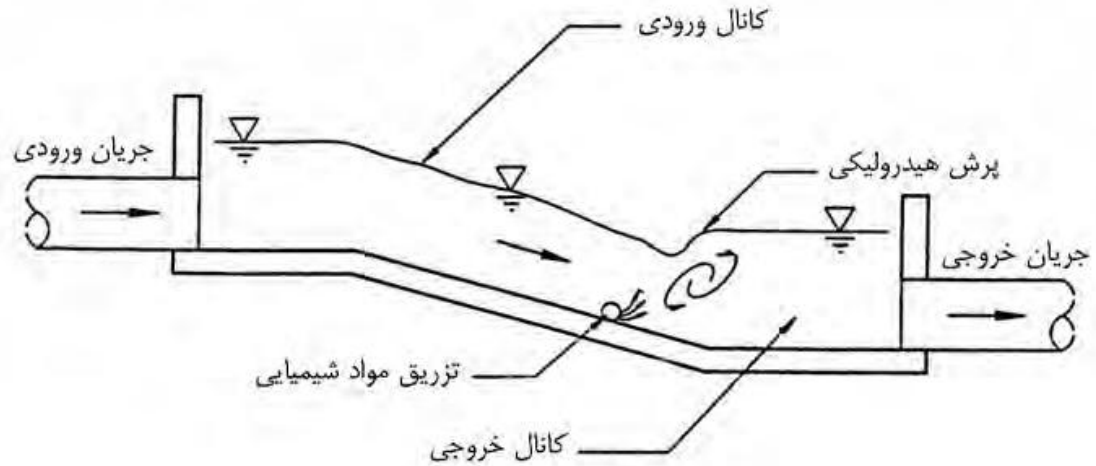
استفاده از همزن های پارویی در حوضچه انعقاد و لخته سازی

هندسه حوضچه اختلاط سریع

یکنواخت بودن جریان در کل فضای حوض اختلاط و حداقت شدن فضاهای مرده و جریان های کوتاه چرخشی

معمولا از هندسه مربع با نسبت عمق به عرض حدودا ۲ استفاده می شود.





طول کافی برای تامین زمان ماند مناسب برای اختلاط باید داشته باشد.

گرادیان سرعت در واحد اختلاط سریع

$$G = \sqrt{\frac{P}{V\,\mu}}$$

P توان هیدرولیکی داده شده به آب (نیوتن متر بر ثانیه)
V حجم حوضچه (متر مکعب)
μ لزجت آب (نیوتن بر ثانیه بر متر مربع)
G گرادیان سرعت (یک بر ثانیه)

گرادیان هیدرولیکی در واحد اختلاط سریع بین s^{-1} ۱۰۰ تا s^{-1} ۱۰۰۰ متغیر است.

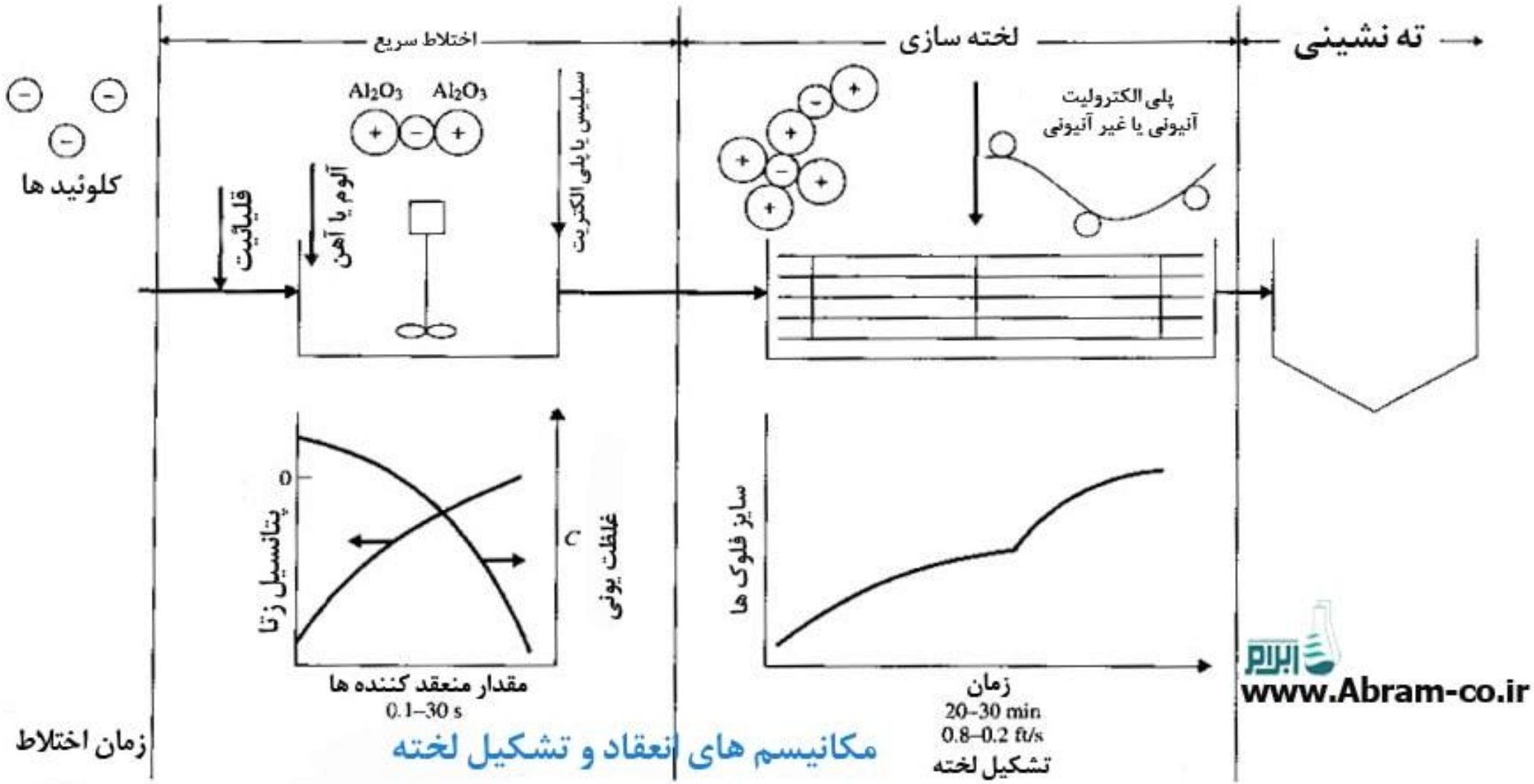
G تابعی است از:
زمان ماند هیدرولیکی
هندسه حوضچه
مقدار ماده شیمیایی مورد نیاز

ماند زمان هیدرولیکی

$$t = \frac{V}{Q}$$

t زمان ماند متوسط (ثانیه)
Q دبی آب (متر مکعب بر ثانیه)
V حجم حوضچه (مترمکعب)

زمان ماند برای اختلاط سریع بین 10 ثانیه تا 5 دقیقه تغییر می کند (دامنه 10 تا 30 ثانیه متداول تر است.)



مکانیسم های انعقاد و تشکیل لخته

ابرام
www.Abram-co.ir

حوضچه ته نشینی

اصول ته نشینی برای حوضچه های تصفیه آب یا فاضلاب مشابه بوده و تجهیزات و روش های راهبری آنها نیز مشابه است.

به طور کلی ته نشینی یعنی حذف ذرات وارد شده به حوضچه از جریان آب قبل از خروج جریان از قسمت سرریز خروجی.

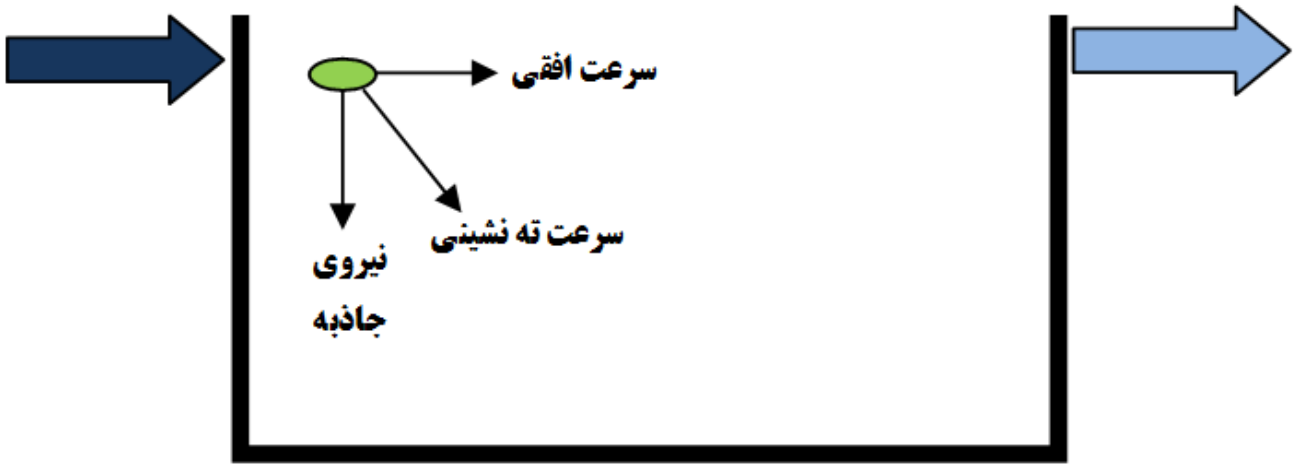
ته نشینی نوع اول:

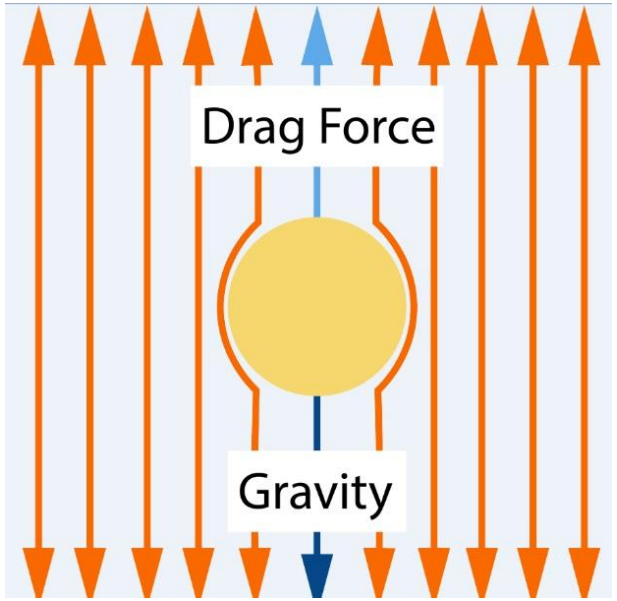
در این نوع از ته‌نشینی ذرات هرکدام به‌طور مستقل و مجزا با سرعت منحصربه‌فردی ته‌نشین می‌شوند.

ذرات به‌صورت شن و ماسه در این دسته قرار می‌گیرد.

ته‌نشینی در این حالت از قانون استوکس پیروی می‌کند.

مطابق با این قانون سرعت ته‌نشینی ذره متشکل از دو بردار سرعت عمودی و افقی می‌باشد.





$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} \times \frac{d_s g}{C_D} \times \frac{(\rho_s - \rho)}{\rho}}$$

$$C_D = \frac{24}{N_{Re}}$$

$$C_D = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0.34$$

$$N_{Re} = \frac{V_s d_s}{\nu} = \frac{V_s \rho d_s}{\mu}$$

در این رابطه V_s سرعت ته‌نشینی (متر بر ثانیه)، d_s قطر ذرات (متر)، g شتاب ثقل (متر بر مجذور ثانیه)، C_D ضریب دراگ، S_g جرم مخصوص ذرات، ρ_s جرم مخصوص ذرات (کیلوگرم بر مترمکعب)، ρ جرم مخصوص آب (کیلوگرم بر مترمکعب) را نشان می‌دهند.

سرعت ته نشینی ذرات کروی در کانال دانه گیری با رابطه زیر به دست می آید:

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} g \frac{(\rho_s - \rho_w)d}{C_D . \rho_w}}$$

ضریب درگ تابع عدد رینولدر جریان می‌باشد. عدد رینولدز مشخص کننده نوع جریان است. (جریان آرام، گذرا، آشفته)

$C_D = \frac{24}{\mathrm{Re}}$ جریان آرام

$C_D = \frac{24}{\mathrm{Re}} + \frac{3}{\sqrt{\mathrm{Re}}} + 0.34$ جریان انتقالی(گذرا)

$C_D = 0.4$ جریان آشفته

$\mathrm{Re} < 1$ جریان آرام

$\mathrm{Re} > 10^4$ جریان آشفته

$1 \le \mathrm{Re} \le 10^4$ جریان گذرا

جریان آرام:

$$C_D = \frac{24}{\mathrm{Re}} = \frac{24\vartheta}{V_s d}$$

$$V_s^{\,2} = \frac{4}{3} g \frac{(\rho_s - \rho_w) d}{\frac{24\vartheta}{V_s d}\rho_w} = \frac{g d^2 (\rho_s - \rho_w)}{18\vartheta\rho_w}$$

مثال: سرعت ته‌نشینی یک ذره کروی به قطر ۰/۵ میلیمتر و وزن مخصوص ۲/۶۵ را در آب با دمای ۲۰ درجه سانتی گراد به‌دست آورید.

حل: در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد:

$$\mu = 1.002 * 10^{3}\ pa.s$$

$$\rho_w = 998.2\ {kg}/{m^3}$$

با فرض جریان آرام

$$V_s = \frac{9.81*(0.5*10^{-3})^2*(2650-998.2)}{18*1.002*10^{-3}} = 0.22$$

$$\mathrm{Re} = \frac{0.22*0.5*10^{-3}*998.2}{1.002*10^{-3}} = 112 < 10^4$$

پس جریان از نوع گذرا است.

$$C_D = \frac{24}{112} + \frac{3}{\sqrt{112}} + 0.34 = 0.84$$

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{9.81*(2650-998.2)}{0.84*998.2} * 0.5*10^{-3}} = 0.11 \, m/s$$

تکرار:

$$\mathrm{Re} = 55 \rightarrow C_D = 1.18 \rightarrow V_s = 0.11 \, m/s$$

ته نشینی نوع دوم:

زمانی که غلظت مواد کم باشد و ذرات قابلیت اتصال به یکدیگر را داشته باشند و به‌صورت لخته ته‌نشین شوند.

در طی این اتصال وزن ذرات افزایش می‌یابد و درنتیجه سریع‌تر ته‌نشین می‌شوند.

این نوع از ته‌نشینی در تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب معمولا بعد از واحدهای انعقاد و لخته سازی که ذراتی با غلظت کم و قابلیت لخته شدن تولید می‌کنند، مورداستفاده قرار می‌گیرد.

ته نشینی نوع سوم:

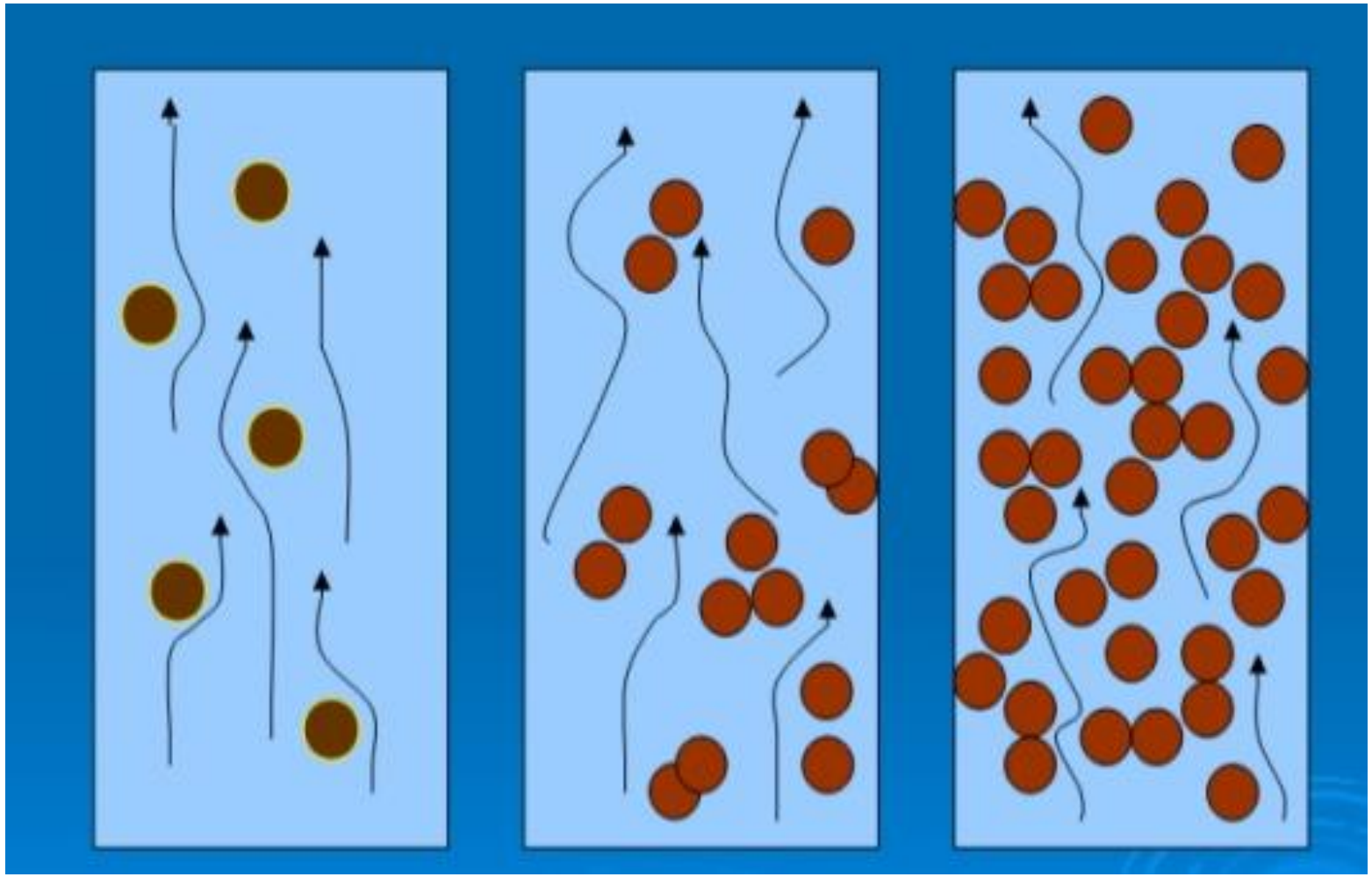
ته نشینی غلظت متوسطی از ذرات که در آن ذرات به حدی به هم نزدیک هستند که نیروهای بین ذره ای، ته نشینی ذرات همجوار را مانع می شوند. ذرات در وضعیت ثابتی نسبت به هم باقی می مانند و همگی با سرعت ثابتی ته نشین می شوند.

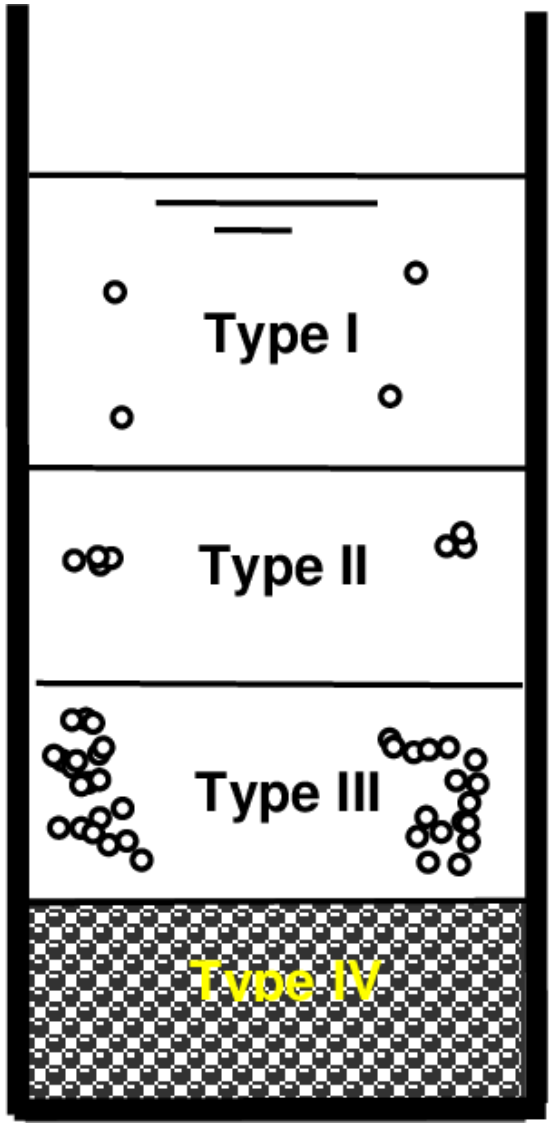
ته نشینی که در اعماق متوسط زلال ساز نهایی فرایند لجن فعال به نمونه ای از ته نشینی نوع ۳ می باشد.

ته نشینی نوع چهار:

ته نشینی ذراتی که به علت غلظت زیاد با هم در تماس بوده و ته نشینی آنها از طریق تراکم توده های فشرده صورت می گیرد.

نمونه ای از ته نشینی نوع ۴ ته نشینی متراکمی است که در اعماق پایین تر از زلال ساز نهایی فرایند لجن فعال روی می دهد.




Type I
Type II
Type III
Type IV

نوع ته نشینی	شرح
ذرات مجزا (نوع اول)	مربوط به ته نشینی ذرات در حالتی است که غلظت مواد جامد معلق کم باشد .ذرات به طور جداگانه ته نشین شده و هیچ واکنش داخلی مهمی بین ذرات مجاور صورت نمی پذیرد .
لخته ها (نوع دوم)	مربوط به ته نشینی ذراتی با غلظت کم می باشد، که در طول عمل ته نشینی به یکدیگر متصل شده ویا به صورت لخته در می آیند .در اثر اتصال ، وزن ذرات افزوده شده و سریع تر ته نشین می گردند.
تعویقی یا ناحیه ی (نوع سوم)	مربوط به تعلیق ذرات با غلظت متوسط است، که در آن نیروهای بین ذرات برای جلوگیری از ته نشینی ذرات مجاور کافی می باشد ، ذرات تمایل دارند تا نسبت به یکدیگر در موقعیت ثابتی باقی بمانند و در نتیجه ذرات به صورت واحد ته نشین می گردند . یک لایه مایع – جامد در بالای توده ته نشین شده ایجاد خواهد شد.
متراکم (نوع چهارم)	مربوط به نوعی ته نشینی می شود که در آن ذرات دارای چنان غلظتی بوده که به صورت یک مجموعه در آمده باشند ، و عمل ته نشینی فقط با تراکم مجموعه صورت پذیرد . عمل تراکم در اثر وزن ذراتی که به طور ثابت توسط عمل ته نشینی از مایع شناور به جسم متراکم افزوده می شوند ، صورت می پذیرد .

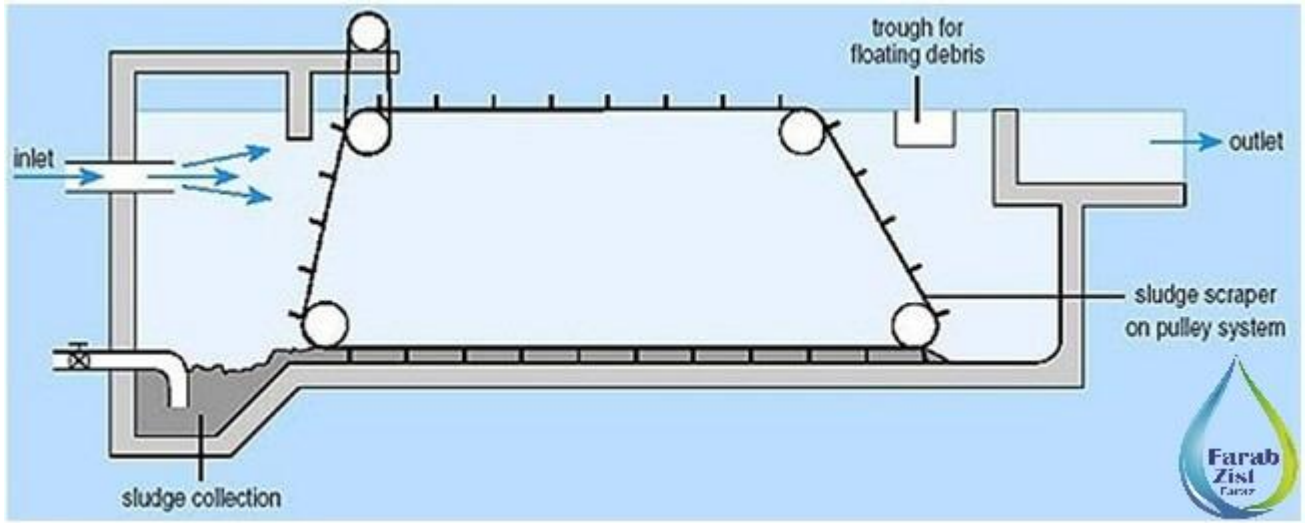
حوضچه ته نشینی مستطیلی

نسبت طول به عرض ۲ به ۱ تا ۴ به ۱

حوض مستطیلی با نسبت طول به عرض ۶ به ۱ تا ۷ به ۱ به دلیل ایجاد جریان ایده آل در ورودی و خروجی حوض برای کنترل جریانات مدار کوتاه، موثرتر می باشد.

نسبت عرض به عمق در محدوده ۳ به ۱ و حداکثر ۶ به ۱ باشد

ارتفاع آزاد برای کاهش اثرات باد در حدود ۰/۶ متر در نظر گرفته شود.



تانک ته نشینی دایره ای

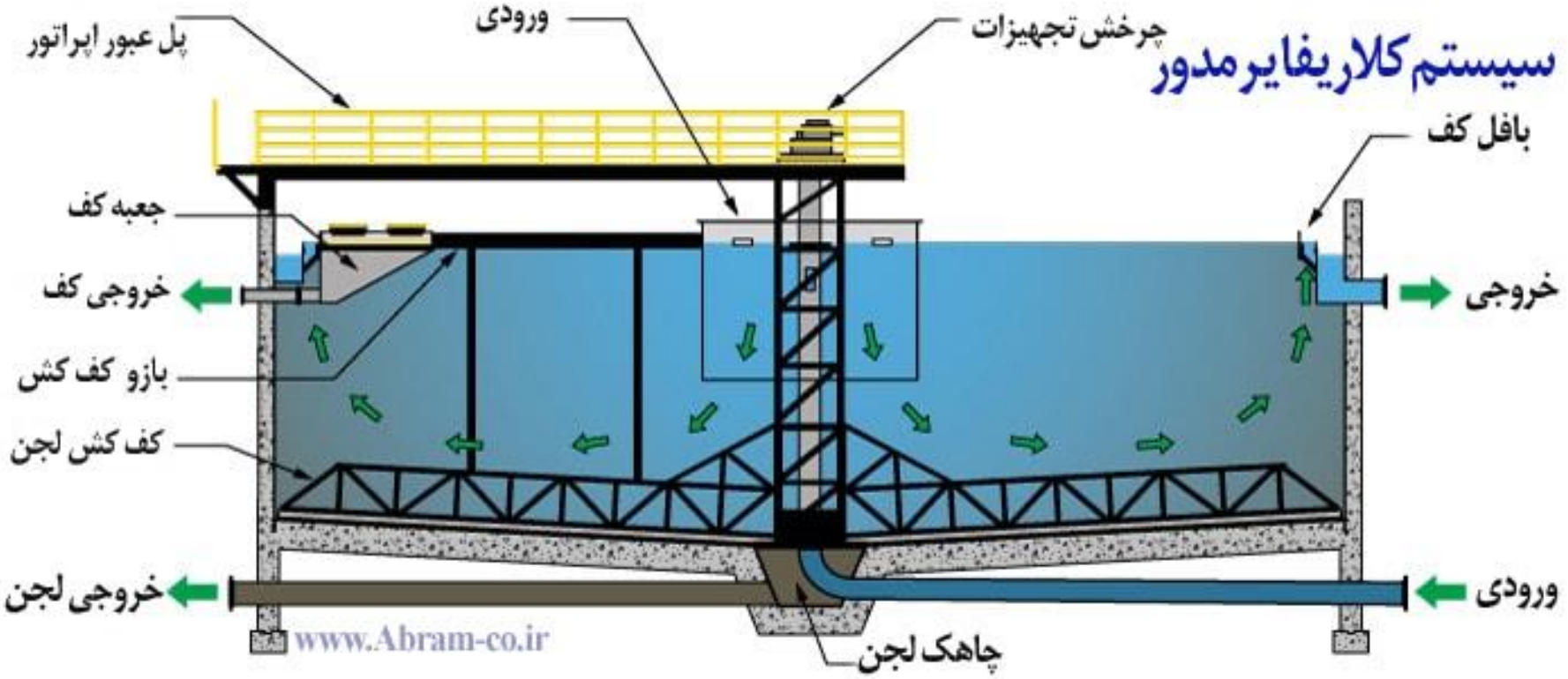
تانکهای دایره ای حوضچه ته نشینی ثانویه با قطر حدود ۳۰ تا ۶۰ متر ساخته می شوند

متداولترین محدوده از ۱۰-۴۰ متر می باشد.

شعاع تانک ترجیحاً نباید بیشتر از ۵ برابر عمق حوضچه باشد.

کلاریفایر: اختلاط، انعقاد و لخته سازی توام

که معمولا به عنوان واحد سختی گیری استفاده می شود.



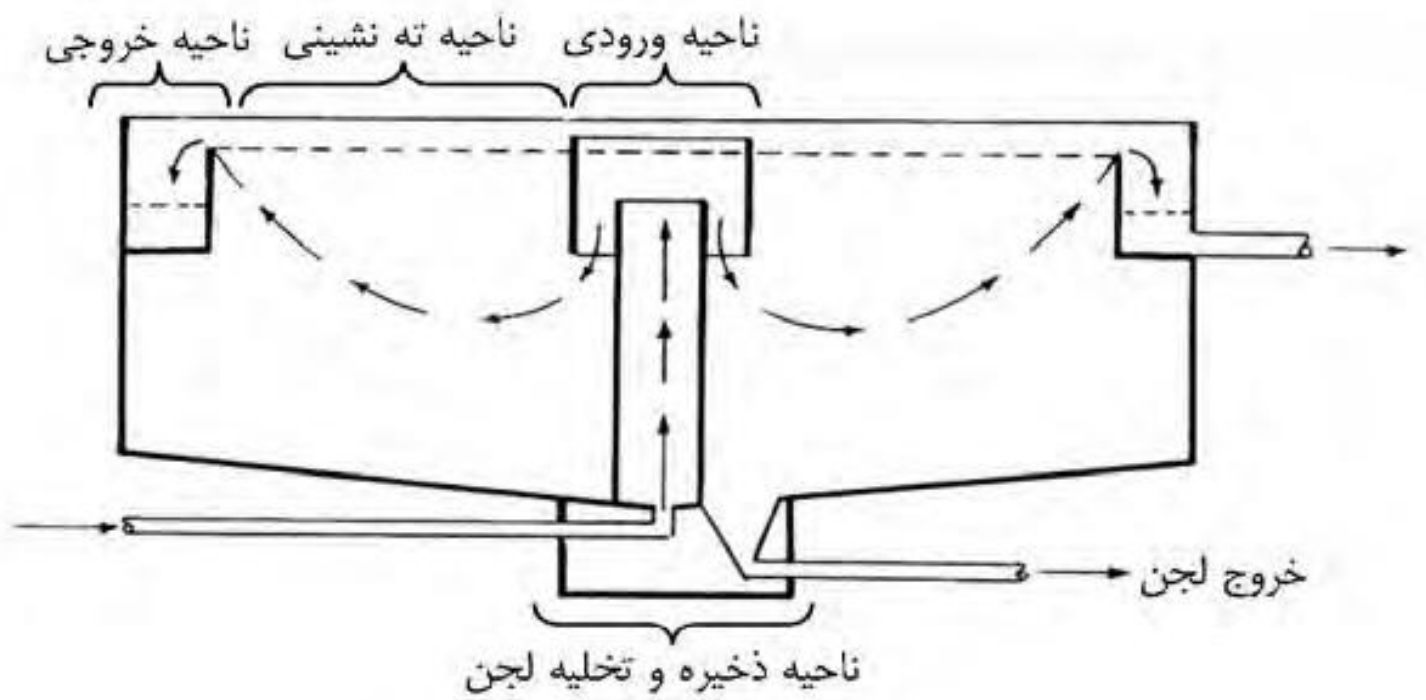
ناحیه بندی حوض ته نشینی:

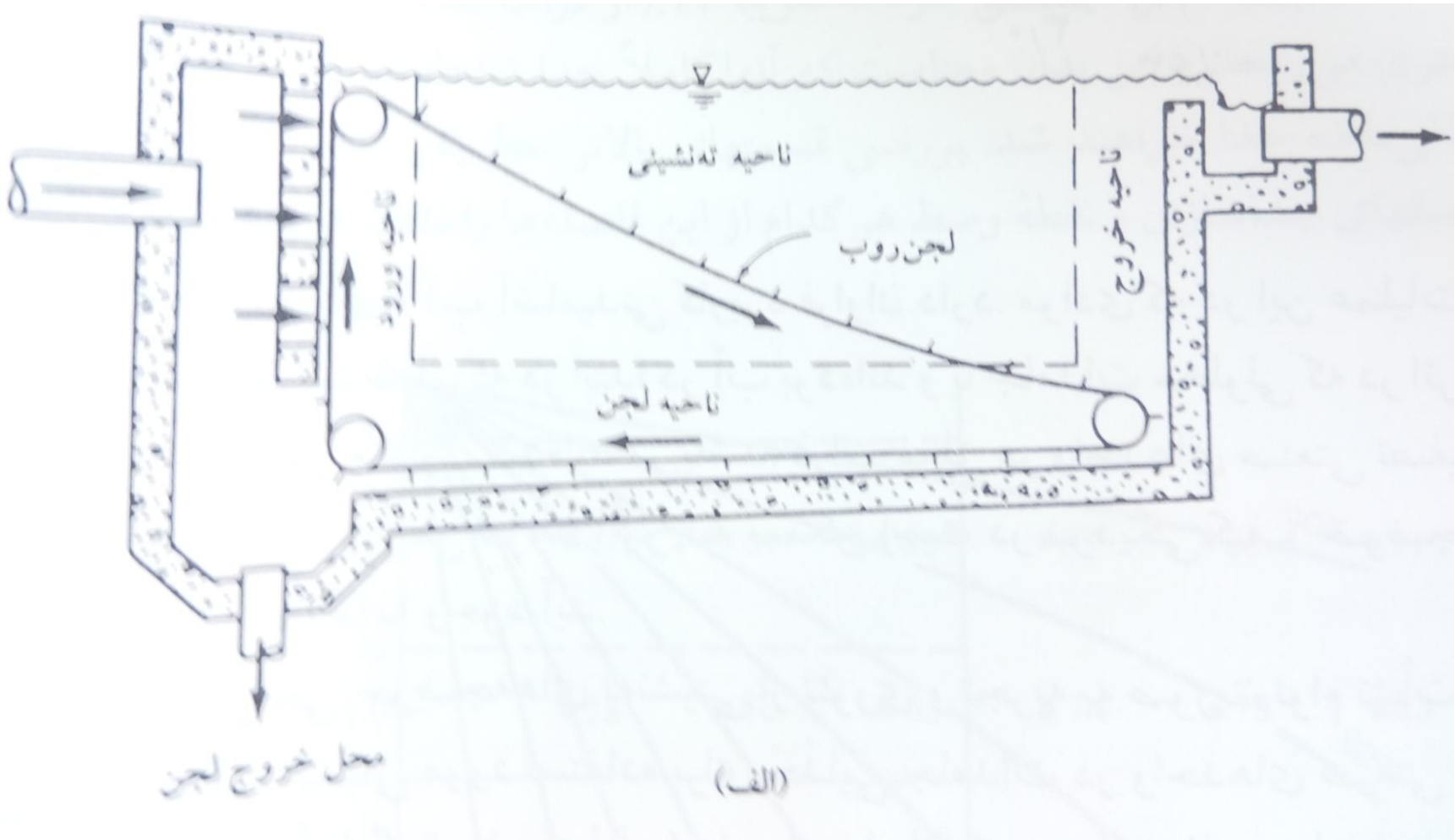
الف- ناحیه ورودی:

ب - ناحیه ته نشینی

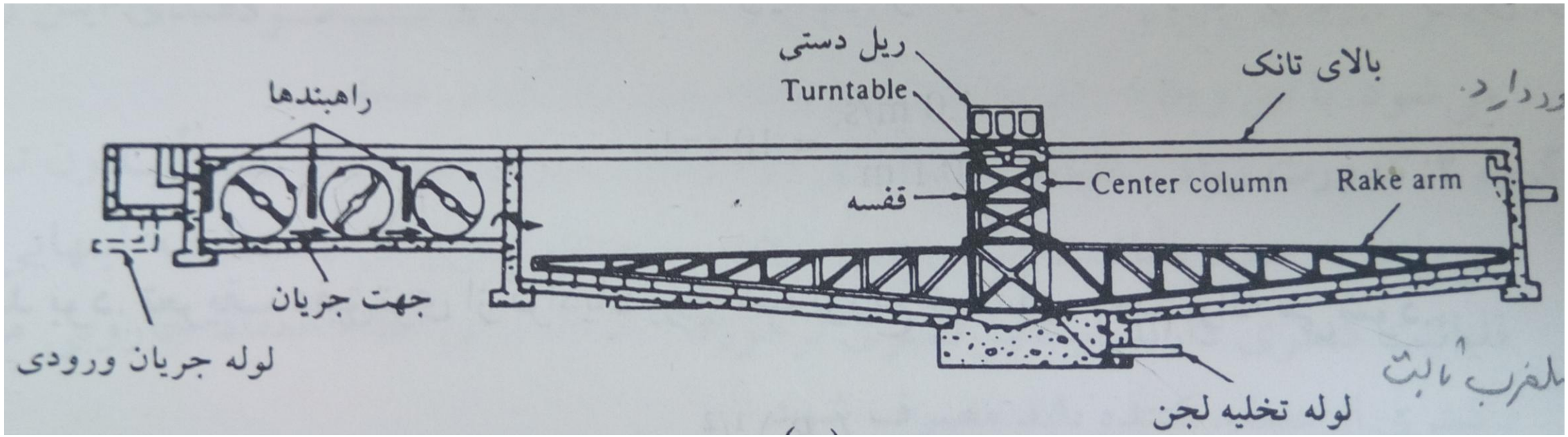
ج - ناحیه لجن

د -ناحیه خروجی




ناحیه ته‌لشیلی
لجن‌روب
ناحیه ورود
ناحیه خروج
ناحیه لجن
محل خروج لجن

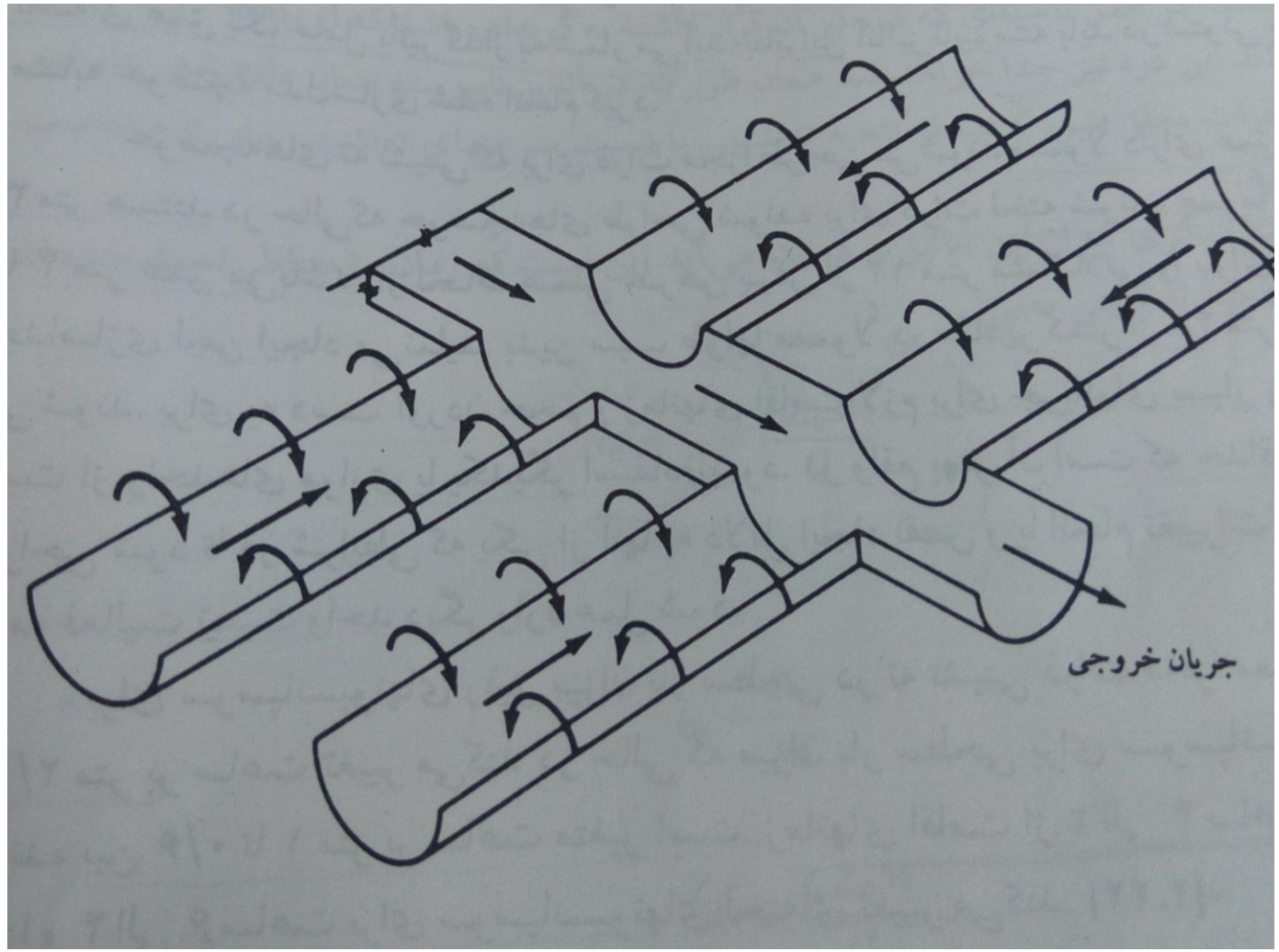
(الف)


ریل دستی
Turntable
بالای تانک
راهبندها
قفسه
Center column
Rake arm
جهت جریان
لوله جریان ورودی
لوله تخلیه لجن

سرریز آب در تانک ته نشینی دایره ای

سرریز آب در تانک ته نشینی دایره ای

سرریز در تانک ته نشینی مستطیلی


جریان خروجی

پارامترهای طراحی حوضچه ته نشینی بعد از انعقاد:

۱- هندسه حوضچه

۲- نرخ بار سطحی یا بارگذاری هیدرولیکی (بر حسب مترمکعب بر مترمربع بر روز)

نرخ بار سطحی ⟸ متناسب با سرعت ته نشینی است

۳- زمان ماند (بر حسب ثانیه): برای یک سطح مشخص، زمان ماند تابعی از عمق حوض می باشد.

۴- ناحیه ورودی و خروجی

۵- نرخ بار سرریز (بر حسب مترمکعب بر مترمربع بر روز): برای محاسبه طول سرریز از متغیری به نام نرخ بار سرریز استفاده می شود.

زمان ماند هیدرولیکی:

ذرات با ته نشینی نوع اول: ۱/۵ تا ۴ ساعت **ذرات لخته: ۴ تا ۶ ساعت**

نرخ بار سطحی:

ذرات مجزا: ۱ تا ۲/۲۵ متر بر ساعت **ذرات لخته: ۰/۶ تا ۱ متر بر ساعت**

سرعت افقی جریان معیار مهمی در ته نشینی لخته هاست.

برای لخته های سبک: حداکثر سرعت افقی ۹ متر بر ساعت

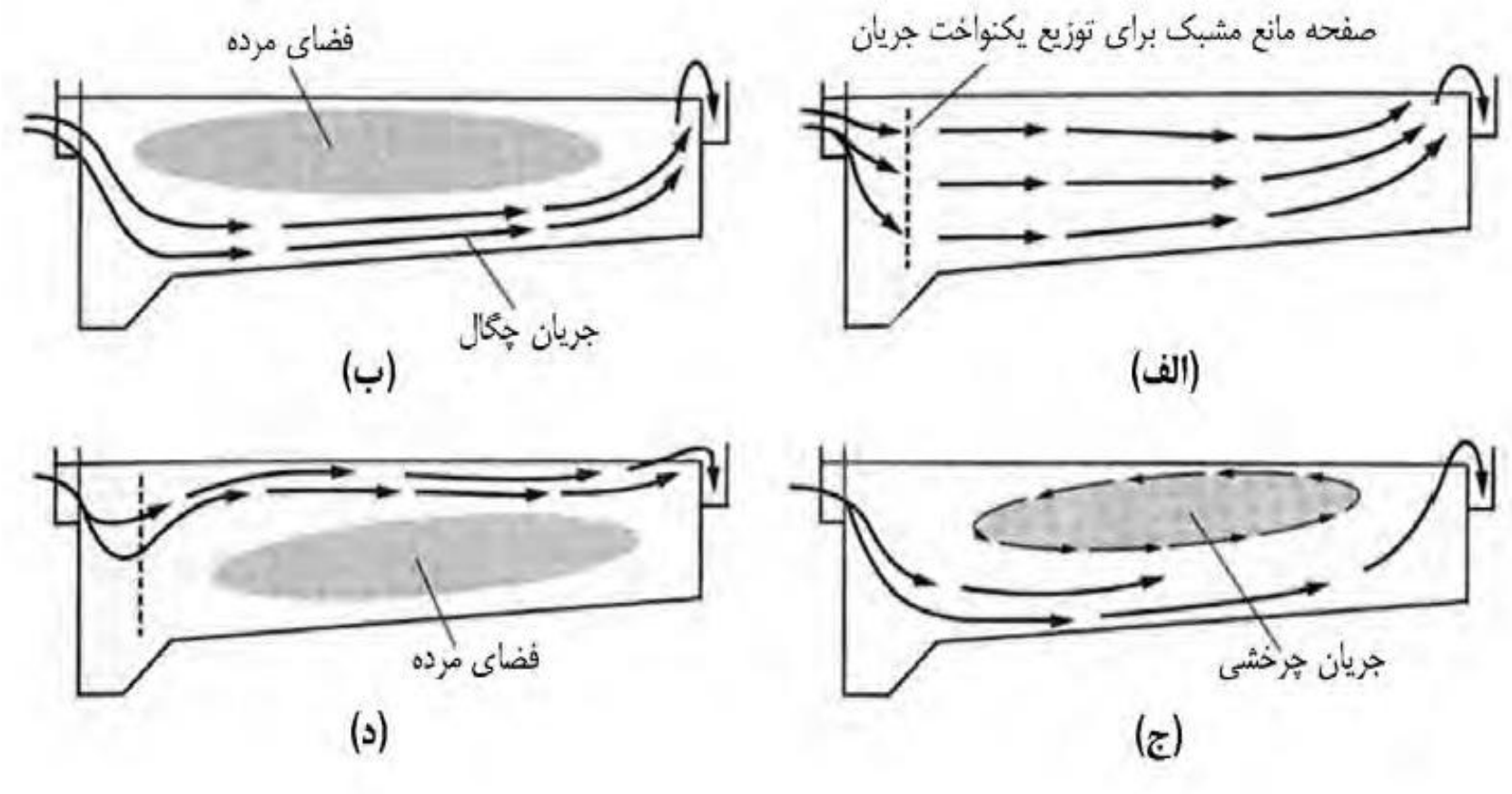
برای لخته های سنگین: حداکثر سرعت افقی جریان ۳۶ متر بر ساعت

نرخ سرریز:

لخته سبک ۶ مترمکعب بر ساعت در متر سرریز **لخته سنگین ۱۴ مترمکعب بر ساعت در متر سرریز**

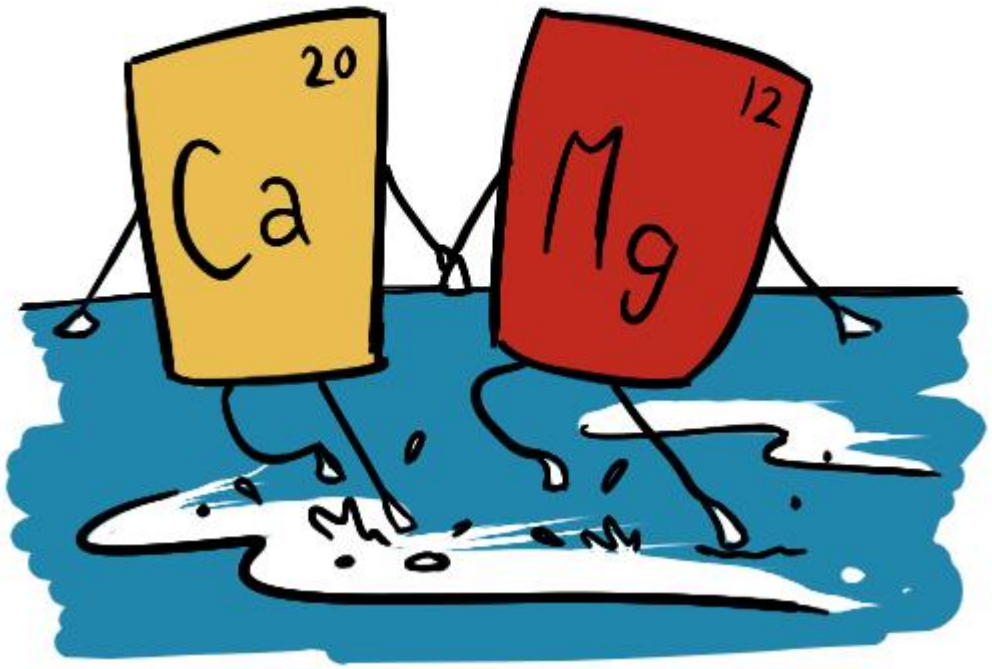
جریانات مدار کوتاه:

جریانات مدار کوتاه به دلایل مختلفی نظیر وجود گرادیان حرارتی، گرادیان چگالی و عدم توزیع یکنواخت جریان در ورودی ایجاد می شود و باعث کاهش بازده حوض های ته نشینی می گردد.



سختی گیری

حذف یون های کلسیم و منیزیم دو ظرفیتی(Ca^{+2}) و (Mg^{+2})



عامل ایجاد سختی:

عبور آب از زمین های آهکی و لایه های دو لومیتی، کلسیم و منیزیم

سختی دائم+ سختی موقت= سختی کل

سختی موقت : ترکیبات مربوط به بی کربنات کلسیم و منیزیم در آب

سختی دائم: املاح مربوطه به سولفات، کلرور و نیترات کلسیم یا منیزیم

اثرات سختی:

- تشدیدخوردگی و رسوب گذاری در تاسیسات حرارتی
- کاهش راندمان انتقال حرارت و افزایش مصرف بی رویه انرژی به دلیل وجود لایه های ضخیم رسوبی
- ایجاد لکه و رسوبات سفید رنگ بر روی سطوح شیشه، فلز، پارچه، لباس و نظایر آن
- کاهش ظرفیت انتقال جریان آب در اثر تشکیل رسوبات سخت در جداره داخلی لوله ها و مخازن
- افزایش مصرف مواد شوینده به دلیل کاهش خاصیت کف کنندگی آنها در آب سخت

طبقه بندی آب ها از لحاظ سختی

نوع آب	واحد	مقدار سختی
نرم	CaCO3 mg/l	<50
نسبتا سخت	CaCO3 mg/l	50-150
سخت	CaCO3 mg/l	150-300
بسیار سخت	CaCO3 mg/l	>300

استانداردهای جهانی مقدار حداکثر ۵۰۰ mg/l سختی را در آب آشامیدنی توصیه می نمایند.

سختی گیری به روش ترسیب شیمیایی:

استفاده از آهک بر حذف سختی کربناتی کلسیم و منیزیم و سختی غیر کربناتی منیزیم:

$$Ca(HCO_3)_2 + CaO + H_2O \rightarrow 2CaCO_3\downarrow + 2\ H_2O$$

$$Mg(HCO3)_2 + CaO + H_2O \rightarrow CaCO_3\downarrow + MgCO_3$$

$$MgCO_3 + CaO + H_2O \rightarrow CaCO_3\downarrow + Mg(OH)_2\downarrow$$

$$MgSO_4 + CaO + H_2O \rightarrow CaSO_4 + Mg(OH)_2\downarrow$$

استفاده از کربنات سدیم بر حذف سختی غیر کربناتی کلسیم:

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3\downarrow + 2NaSO_4$$

pH بهینه برای رسوب $CaCO_3$ در محدوده ۹/۵-۹ و برای رسوب $Mg(OH)_2$ حدود ۱۱ می باشد.

افزودن آهک اضافی برای تامین pH مناسب و حذف دی اکسید کربن از آب الزامی است.

استفاده از سودسوزآور برای حذف همه نوع سختی از آب:

$$Ca(HCO_3)_2 + 2\ NaOH \rightarrow CaCO_3 + Na_2CO_3 + 2\ H_2O$$

$$Mg(HCO_3)_2 + 4\ NaOH \rightarrow Mg(OH)_2 + 2Na_2CO_3 + 2\ H_2O$$

$$MgSO_4 + 2\ NaOH \rightarrow Mg(OH)_2 + Na_2SO_4$$

افزودن سود سوز آور اضافی برای تامین pH مناسب الزامی است.

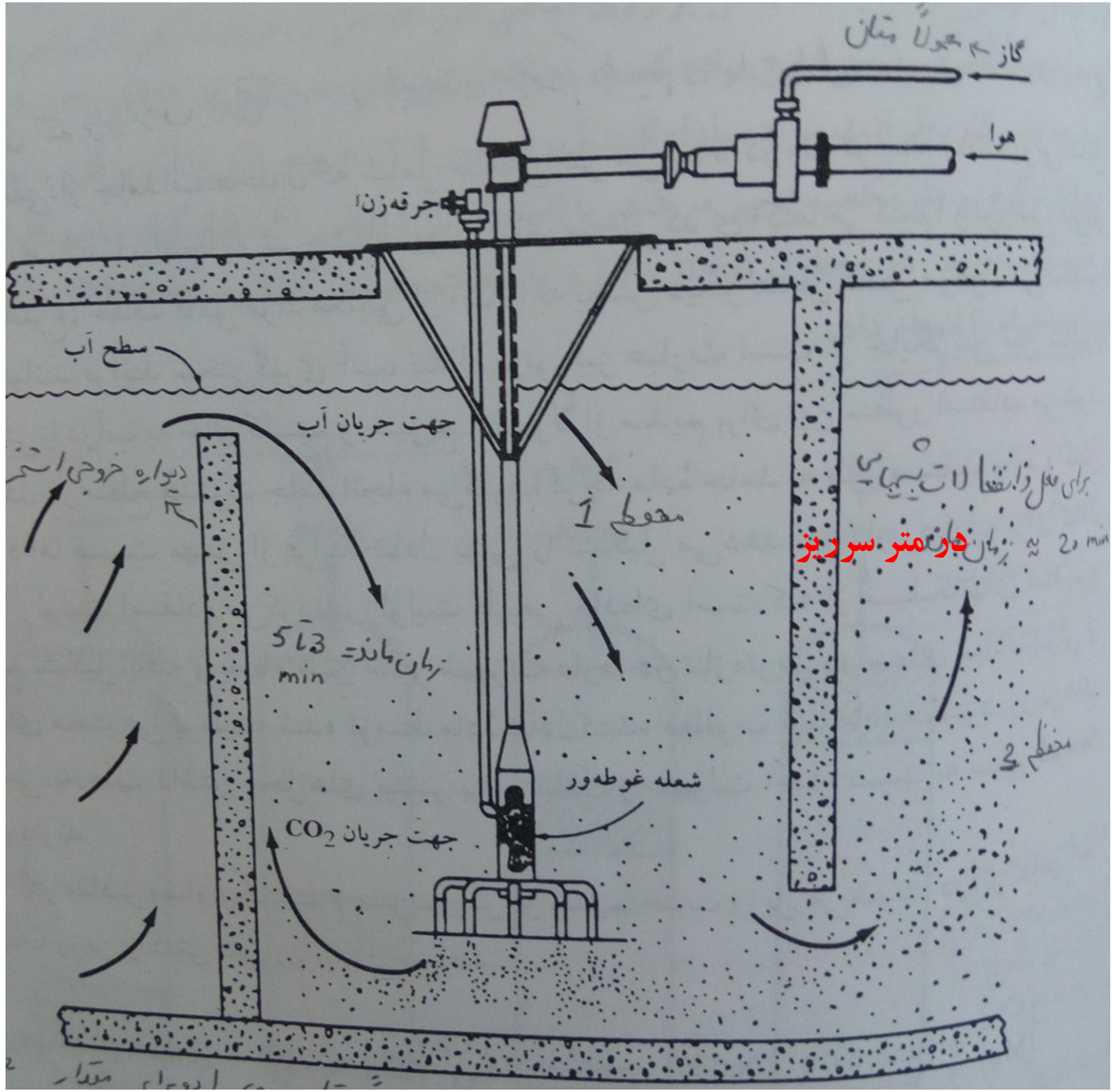
کربناسیون مجدد Recarbonation

- چون pH آب سبک شده نزدیک ۱۱ می باشد و دارای مقادیر زیادی کربنات کلسیم و هیدروکسید منیزیم اشباع بوده که رسوب نمی کند، به آن دی اکسید کربن اضافه می شود تا بی کربنات کلسیم محلول و کربنات منیزیم محلول تشکیل گردد و pH به حدود ۸/۶ کاهش یابد.

$$CaCo_3 + Co_2 + H_2o \longrightarrow Ca(HCo_3)_2$$

$$Mg(OH)_2 + Co_2 \longrightarrow Mg(HCo_3) + H_2o$$

واحد کربناسیون مجدد



زمان ماند در محفظه اختلاط:
۳ تا ۵ دقیقه

زمان ماند در محفظه واکنش:
حداقل ۲۰ دقیقه

پارامترهای طراحی واحد سختی گیری:

۱- هندسه حوضچه

۲- نرخ بار سطحی یا بارگذاری هیدرولیکی (بر حسب مترمکعب بر مترمربع بر روز)

نرخ بار سطحی ⟸ متناسب با سرعت ته نشینی است

۳- زمان ماند (بر حسب ثانیه): برای یک سطح مشخص، زمان ماند تابعی از عمق حوض می باشد.

۴- ناحیه ورودی و خروجی

۵- نرخ بار سرریز (بر حسب مترمکعب بر مترمربع بر روز): برای محاسبه طول سرریز از متغیری به نام نرخ بار سرریز استفاده می شود.

زمان ماند هیدرولیکی:

حوضچه ته نشینی: ۲ تا ۴ ساعت کلاریفایر: ۱ تا ۴ ساعت

واحد اختلاط: ۵ دقیقه واحد لخته سازی: ۳۰ تا ۵۰ دقیقه

بازگشت لجن (۱۰ تا ۲۵٪) به واحد اختلاط سریع می تواند روند لخته سازی و ته نشینی را سریعتر نماید

نرخ بار سطحی:
۱۶۰ تا ۵۰۰ متر بر ساعت

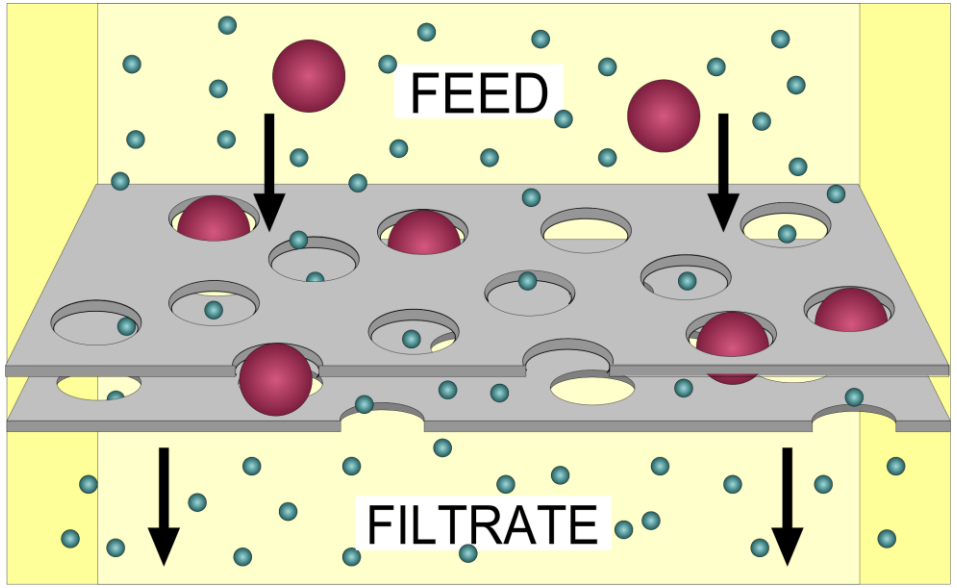
نرخ سرریز:
حوضچه ته نشینی: ۲/۵ تا ۴/۵ مترمکعب بر ساعت در متر سرریز
کلاریفایر: ۱۲/۵ مترمکعب بر ساعت در متر سرریز

گرادیان سرعت:

اختلاط سریع ۷۰۰ بر ثانیه لخته سازی ۱۰ تا ۱۰۰ بر ثانیه

فیلتر کردن (Filtration)

یا صاف کردن



فیلتر کردن (Filtration) یا صاف کردن

روش فیزیکی برای حذف ذرات معلقی که در مراحل انعقاد و سختی گیری ته نشین نشده اند

شامل: گل، رنگ، مواد آلی، پلانکتون، باکتری، ذرات حاصل از سختی گیری و .....

فیلترهای مورد استفاده در تصفیه خانه ها از نوع ثقلی هستند

صافی ماسه ای کند (Filter Slow Sand)

ماده اصلی تشکیل دهنده این نوع فیلتر ها: ماسه با دانه بندی مختلف

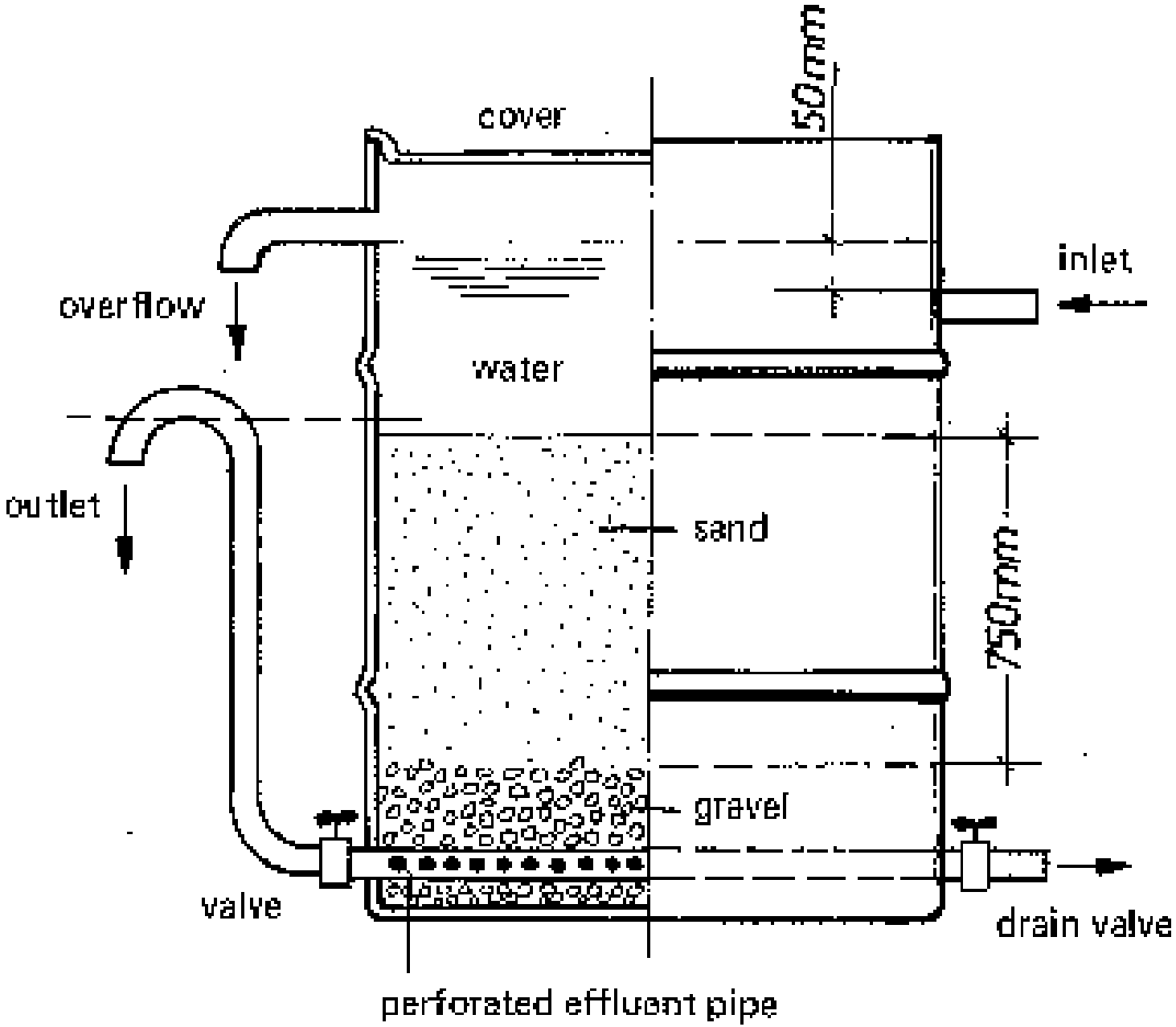
کاربرد صافی های شنی کند:

الف) تصفیهٔ آبهای حاوی جامدات معلق

ب) حذف آهن و منگنز قابل رسوب پس از عمل هوادهی آبهای زیرزمینی

ج) تصفیهٔ آبهای سطحی با کدورت متوسط

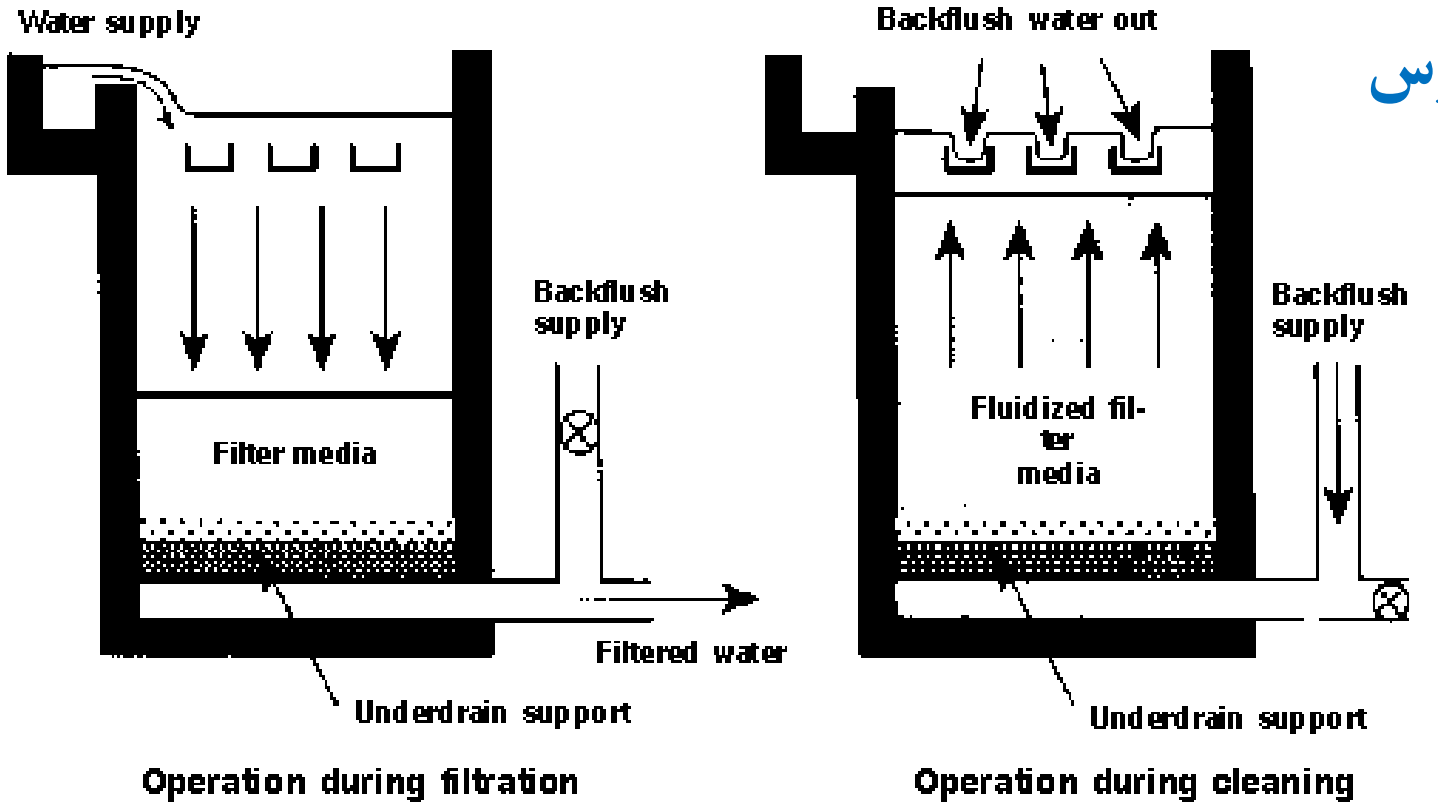
بخش های مختلف صافی ماسه ای کند



صافی ماسه ای کند

صافی ماسه ای تند (Rapid Sand Filter)

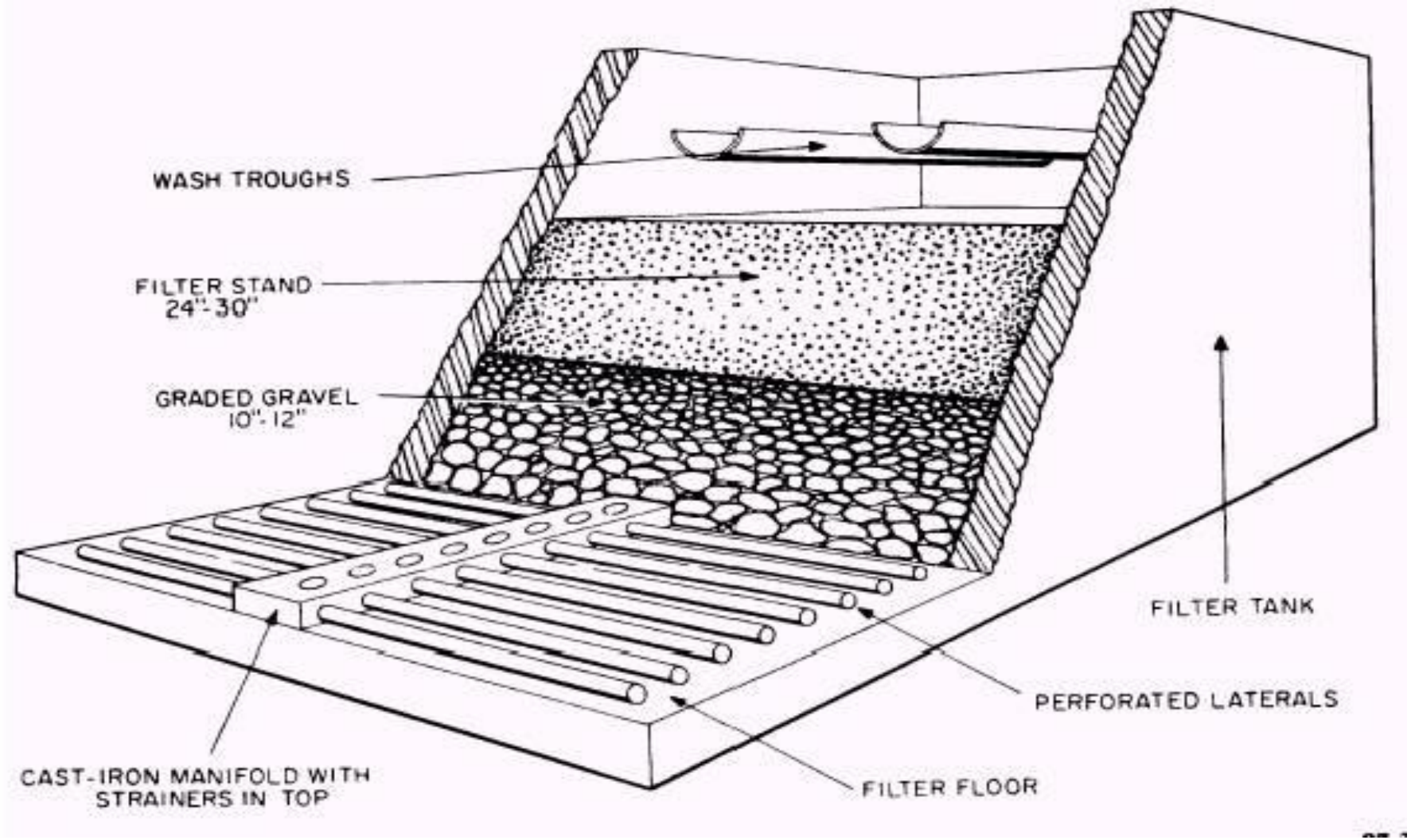
درشت تربودن بودن مصالح فیلتر ماسه ای تند در مقایسه با فیلتر ماسه ای کند



تمیز کردن این نوع فیلتر ها: شستشوی معکوس

زمان بین دو بکواش ۶ تا ۷۲ ساعت

زمان بیشتر از ۷۲ ساعت:
رشد میکروارگانسیم های بی هوازی و تولید بو


WASH TROUGHS
FILTER STAND
24"-30"
GRADED GRAVEL
10"-12"
FILTER TANK
PERFORATED LATERALS
CAST-IRON MANIFOLD WITH
STRAINERS IN TOP
FILTER FLOOR

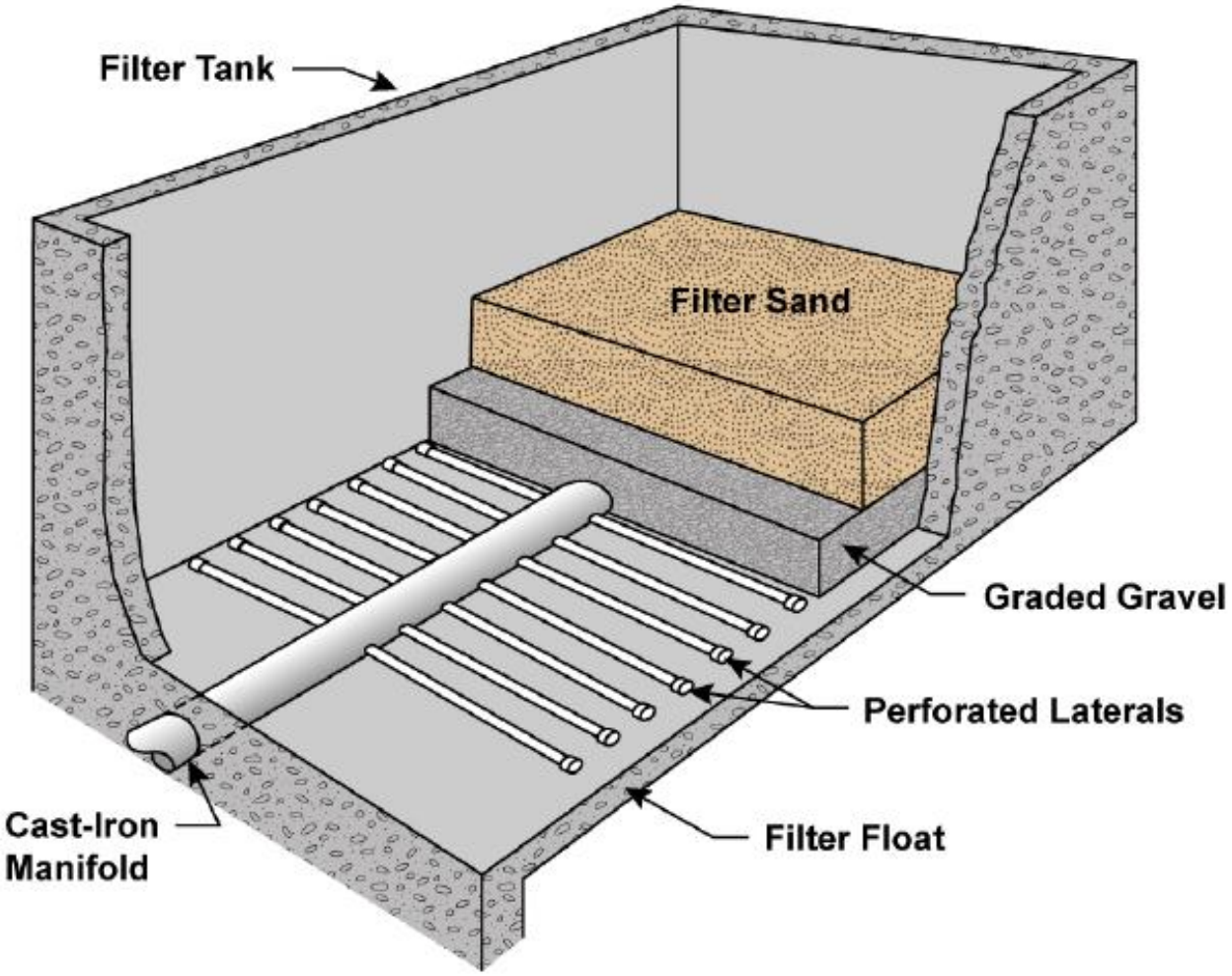


Figure 2.1 Underdrain

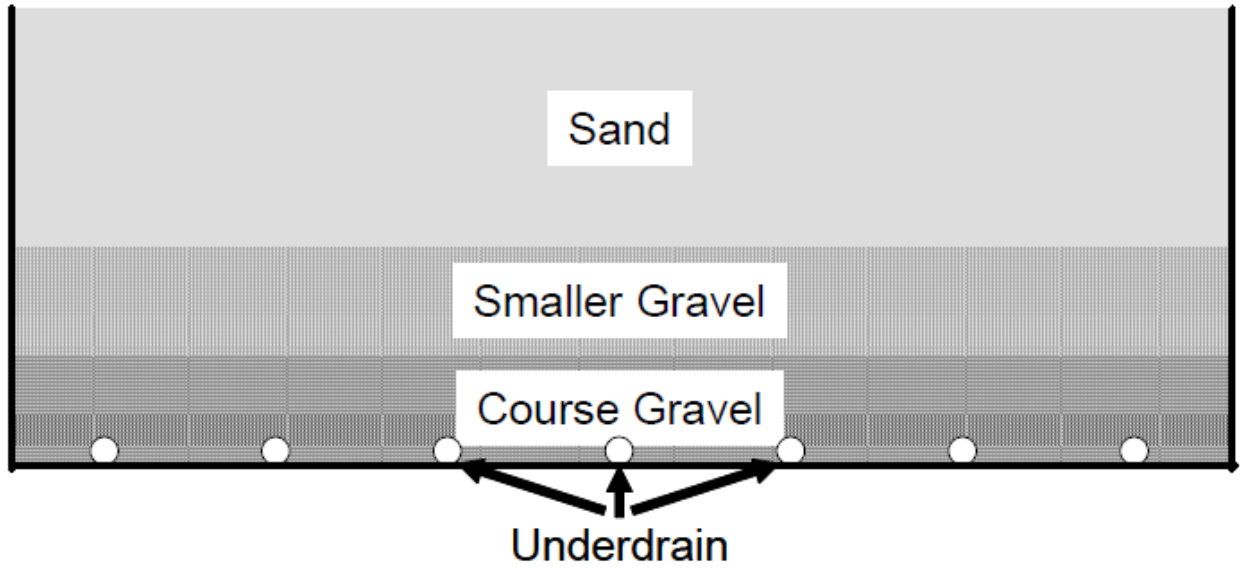


Figure 2.2 Media Placement

کاربرد صافی ماسه ای تند:

الف) پس از هوادهی به منظور جداسازی اشکال نامحلول آهن و منگنز، در این روش معمولاً آب را در بالای صافی از ارتفاع مناسبی پخش می نمایند.

ب) تصفیهٔ آب رودخانه های با کدورت بالا پس از واحدهای انعقاد، لخته سازی و ته نشینی.

ج) تصفیهٔ آب رودخانه های با کدورت بالا به عنوان پیش تصفیه قبل از صافی ماسه ای کند.

د) تصفیهٔ آبهای با کدورت پایین مثل دریاچه ها و رودخانه ها. در این روش گندزدایی بعد از عمل صاف سازی ضروری است.

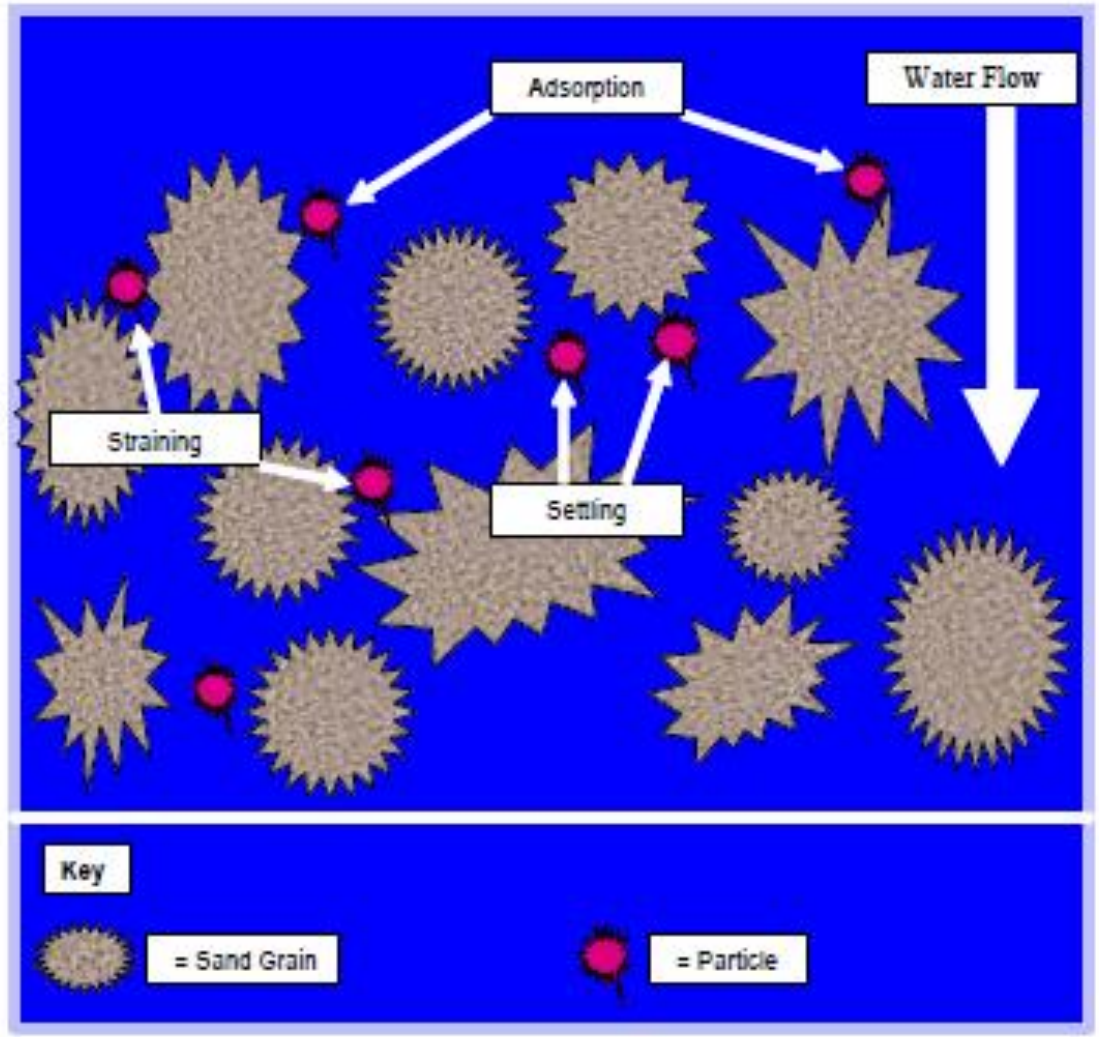


Figure 1.1 Sand Filtration Removal Mechanisms

مهمترین پارامتر طراحی فیلتر

نرخ بار سطحی فیلتر ماسه ای کند: **۱ تا ۱۰ متر بر روز**

نرخ بار سطحی فیلتر ماسه ای تند: **۱۰۰ تا ۳۰۰ متر بر روز**

نرخ بار سطحی فیلتر تحت فشار: **بیشتر از ۳۰۰ متر بر روز**

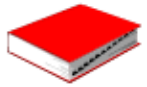
Table 1: Typical Media Filter Characteristics

Material	Size Range (mm)	Specific Gravity
Conventional Sand	0.5-0.6	2.6
Coarse Sand	0.7-3.0	2.6
Anthracite/Coal	1.0-3.0	1.5-1.8
Gravel	1.0-50	2.6

در فیلتر ماسه ای کند:

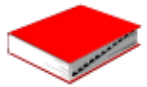
اندازه موثر دانه ها ۰/۱۵ تا ۰/۳۵ میلی متر

ضریب یکنواختی دانه ها ۱/۵ تا ۳



Effective Size (ES): The effective size of filter media is the diameter of the filter grain for which 10% percent of the total grains are smaller and 90% of the total grains are larger (calculated on a weight basis). In other words, the effective size is the size where only 10% of the sample is a smaller size. This is referred to as D10. Effective size is determined by passing a known amount of filter media through a series of progressively smaller sieve sizes and weighing the amount of media retained on each sieve.

For a slow sand filter an ES of 0.15 to 0.35 millimeters is generally recommended.



Uniformity Coefficient (UC): The uniformity coefficient is defined as the ratio of the sieve size where 60% of the filter media is smaller (referred to as D60) to the sieve size where 10% of the filter media is smaller (D10). So UC is D60 divided by D10.

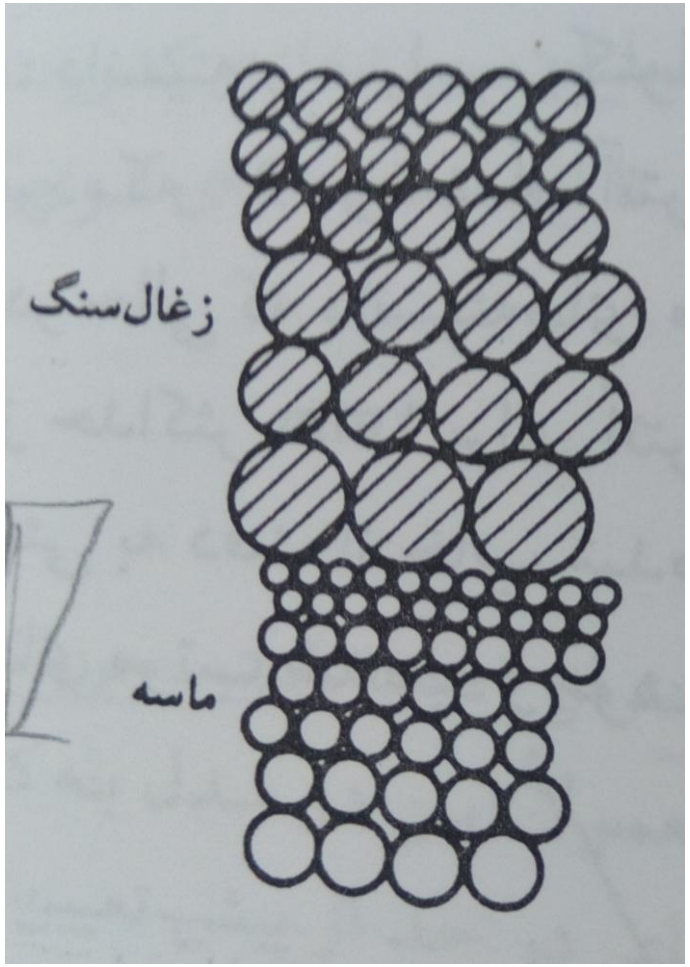
For a slow sand filter an UC of 1.5 to 3 is generally recommended.

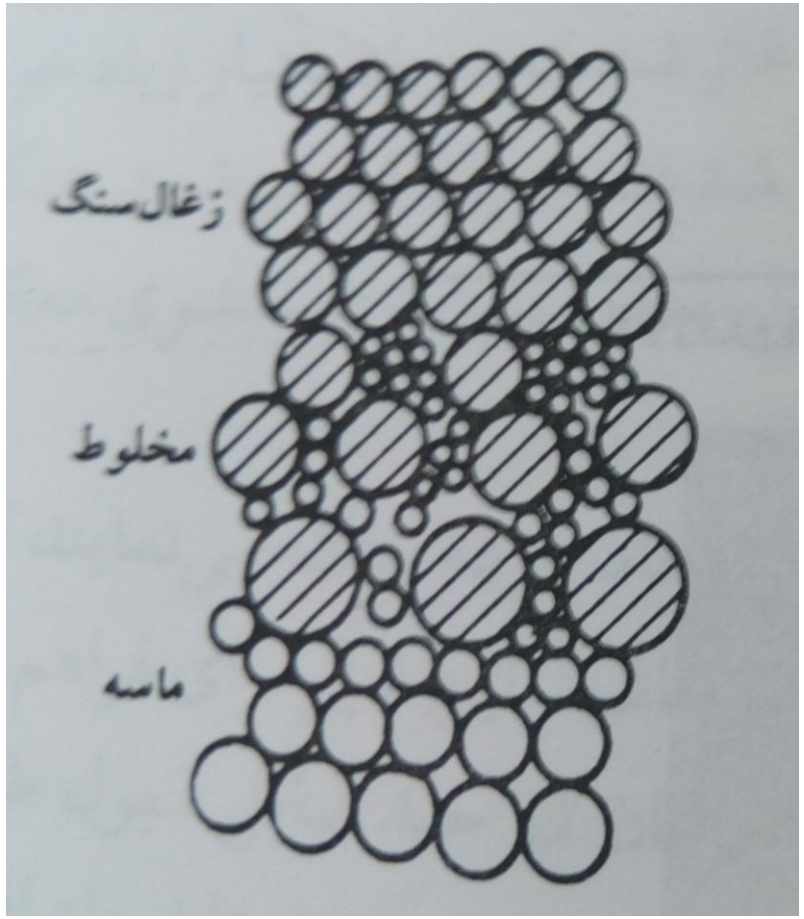
عملکرد فیلترها در تصفیه آب

Parameter	Effluent or Removal Efficiencies	Comments
Turbidity	<1NTU	Treatment efficiency depends on quantity, nature and distribution of particles.
Coliform bacteria	>99%	Treatment efficiency mostly depends on the biological maturity of the filter.
Entero bacteria	90-99.9%	Treatment efficiency affected by temperature, filtration rate, media size, bed depth and cleaning.
Entero viruses and *Giardia*	99-99.9%	Effect of cleaning practices on removal efficiency in a biologically mature bed is minimal.
True color	25 to 40%	Color is associated with organic material and humic acids. Average 30% removal.
Total organic Carbon (TOC)	<15-25%	Mean 16%
Dissolved organic carbon (DOC).	5-40%	Mean 37%
Biodegradable dissolved Organic carbon (BDOC)	46-75%	Mean 60%
Assimilable organic carbon (AOC)	14-40%	Mean 26%
UV absorbance (254nm)	5-35%	Mean 16-18%
Trihalomethane (THM)	<25%	
Iron and Manganese	30 to 90%	Fe levels> 1mg/L reduce filter run length due to precipitation and filter clogging.

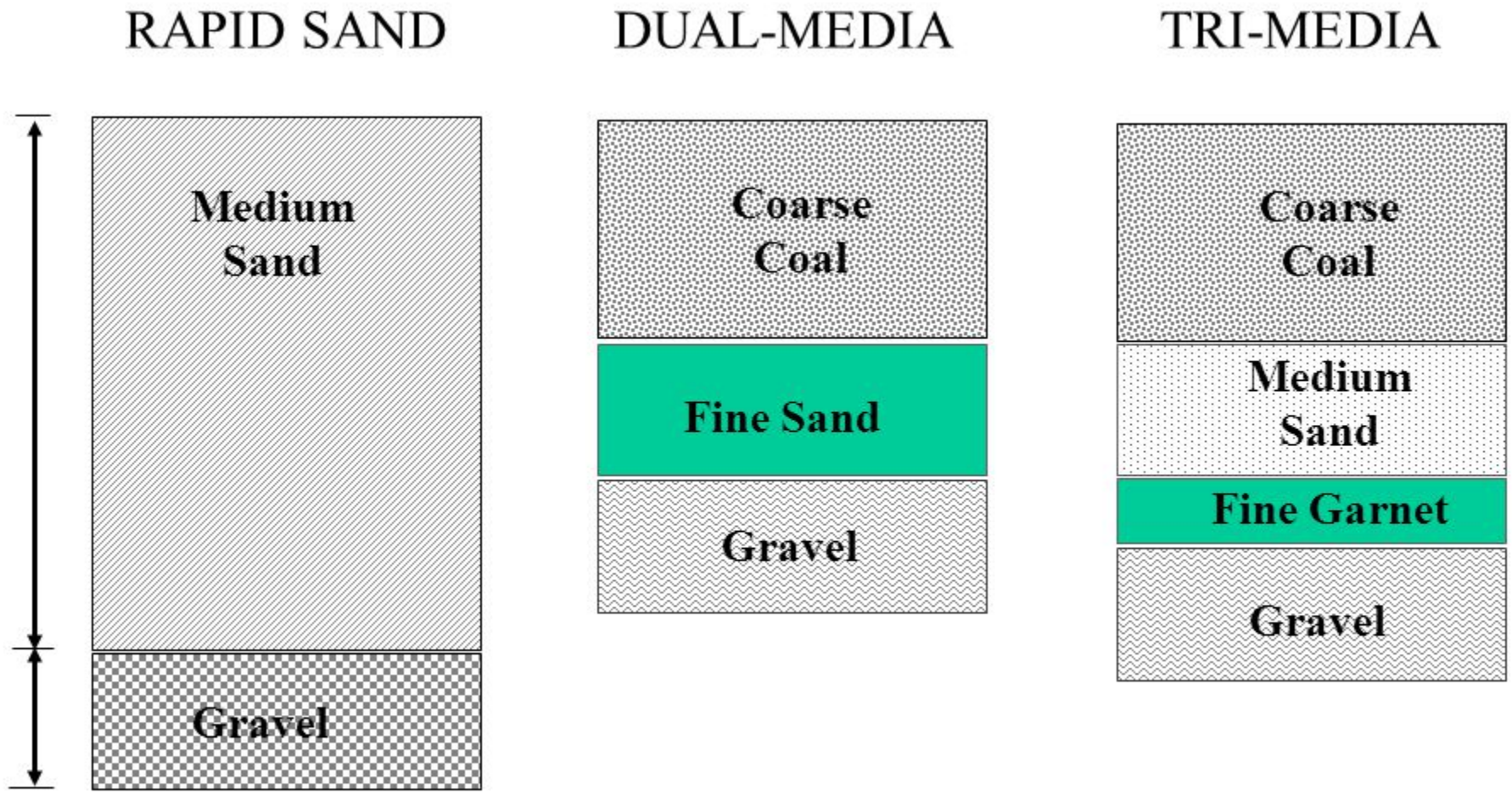
Source: Galvis *et al.* (1998; 2002).

فیلتر با بستر دوگانه

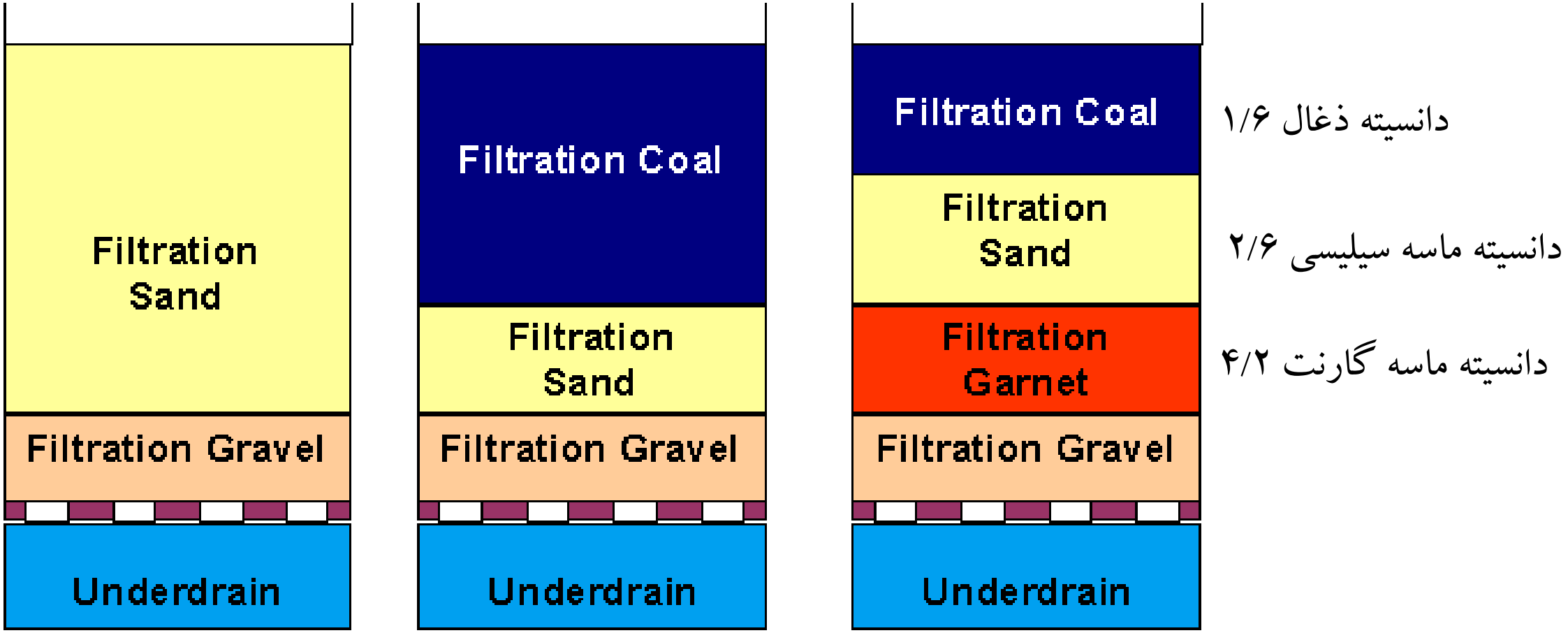




انواع فیلترها



اجزای فیلترهای تک لایه، دولایه و مختلط



مزایا و محدودیت های صافی ماسه ای تند وکند:

۱- کیفیت آب تصفیه شده در صاف شنی کند بهتر از تند است.

۲- در صورت خوب کار کردن، صافی کند قادر به حذف کامل میکروبها می باشد.

۳- هزینه ساخت صافی شنی کند بخصوص در جایی که زمین ارزان باشد بسیار کمتر و احداث آن آسان تر از صافی شنی تند است.

۴- بهره برداری از صافی های کند آسان است و هزینه های بهره برداری آن در مقایسه با صافی شنی تند بسیار پایین است.

۵- صافیهای ماسه ای تند به دلیل شستشوی معکوس و مداوم ۲ تا ۳ درصد آب تصفیه شده هدر می رود.

۶- نیاز به زمین در صافی های شنی کند نسبت به شنی تند بسیار بیشتر است.

فیلترهای شنی یا ماسه ای تحت فشار

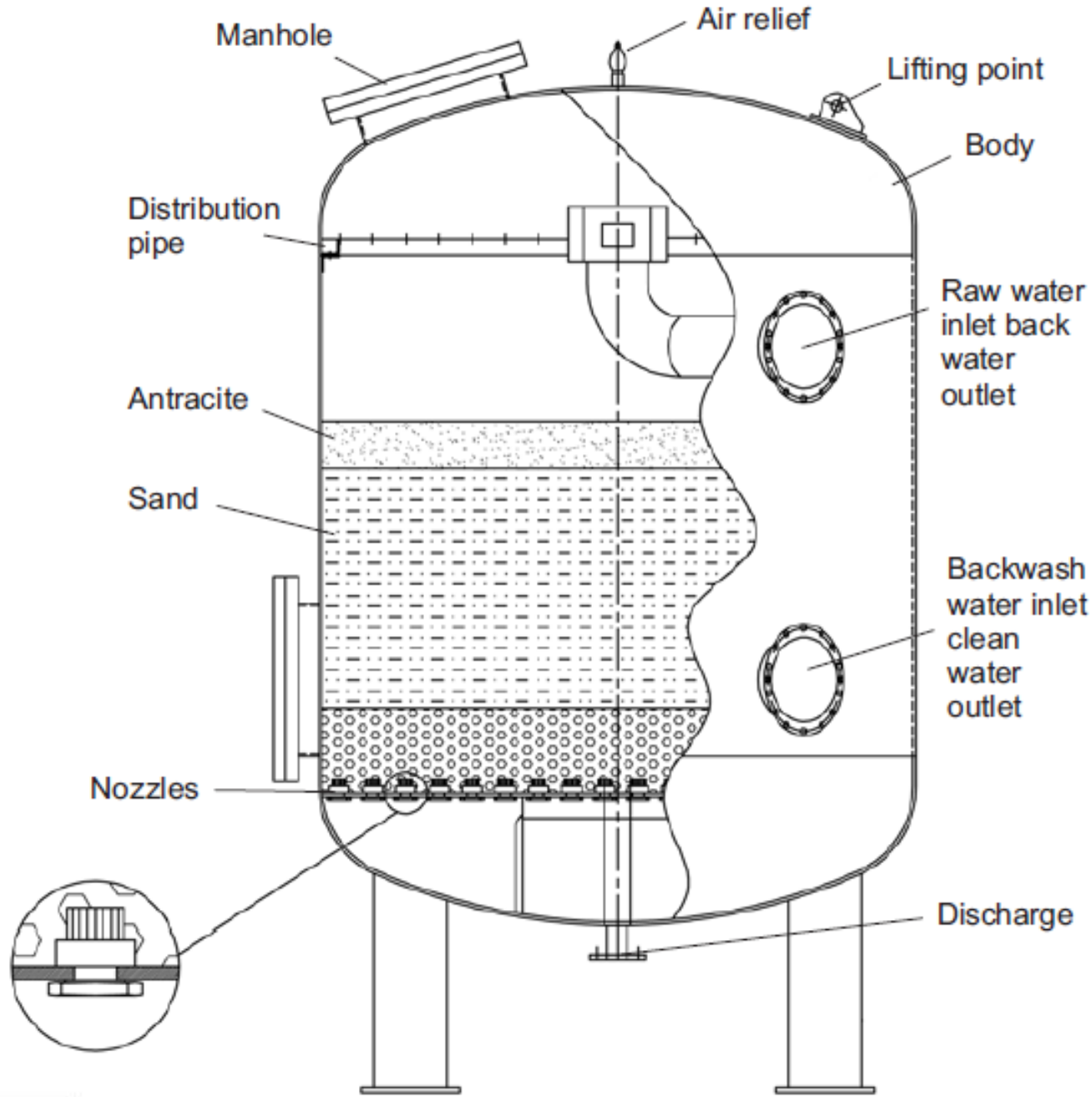
قطر فیلترهای عمودی استاندارد از حدود یک تا چهار متر و ارتفاع آنها از حدود یک تا چند متر است.

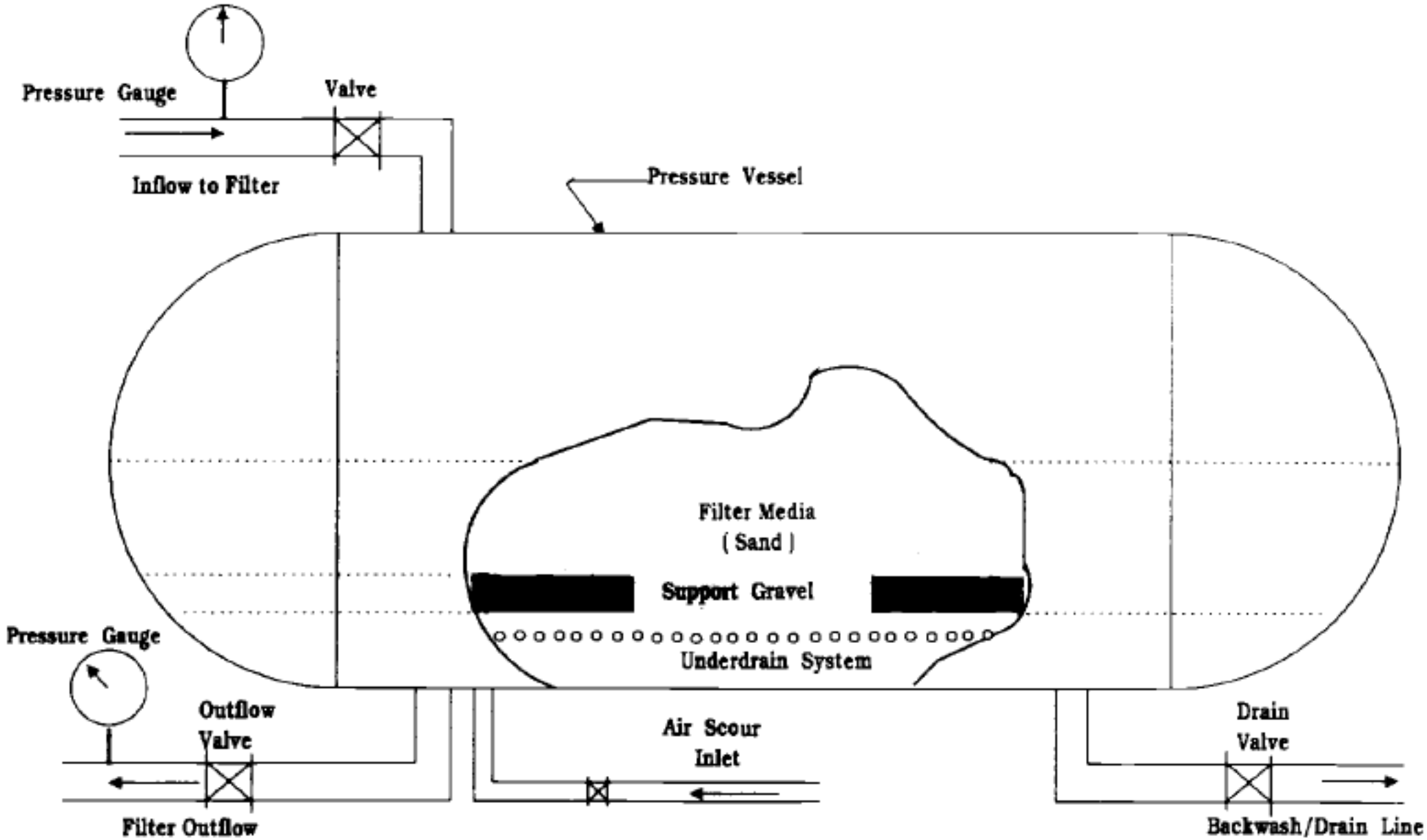
مکانیزم حرکت آب ثقلی نیست، بلکه جریان تحت فشار وارد مخزن فیلتر می شود.

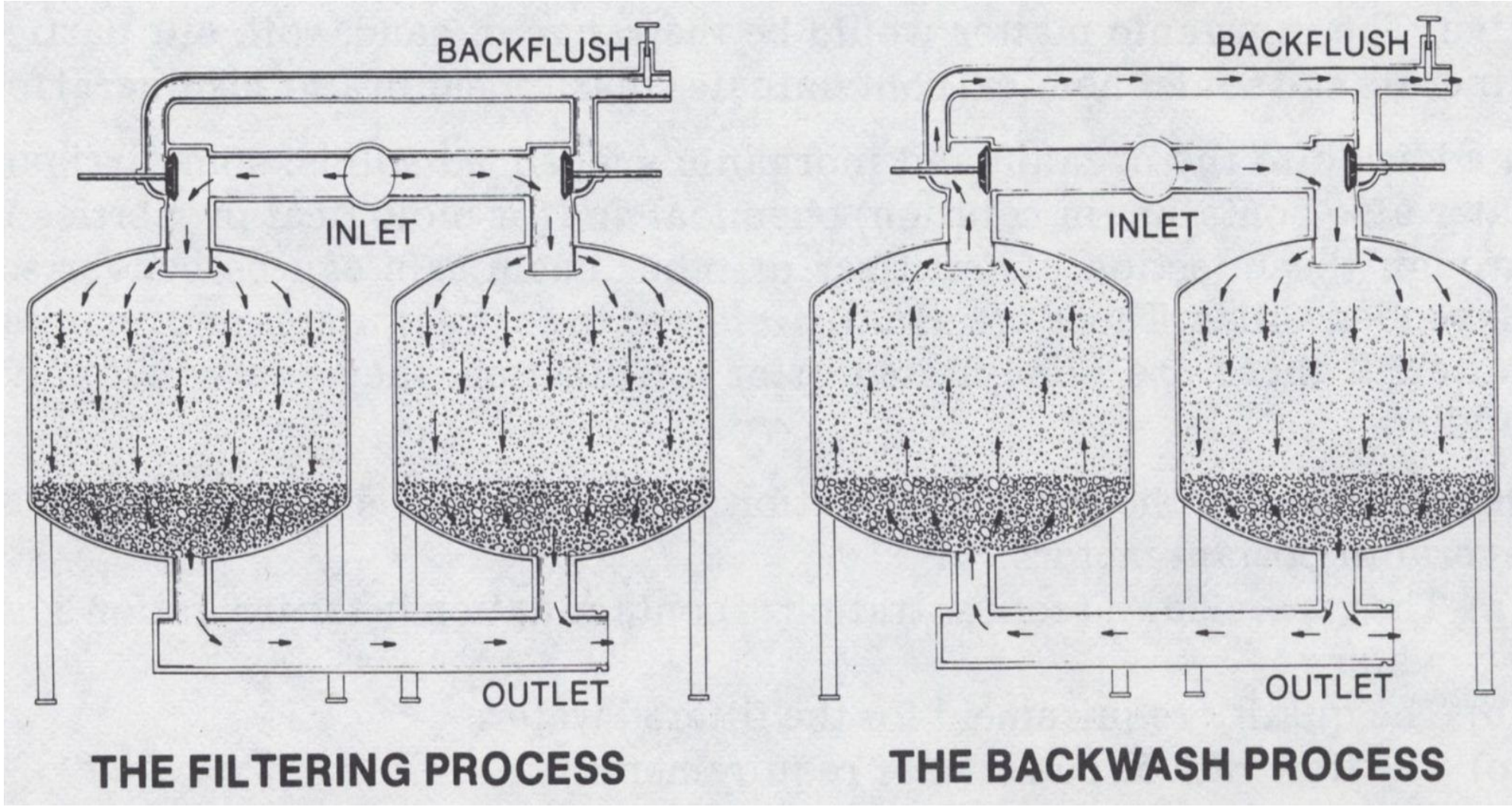
ذرات ریز در بالای فیلتر و ذرات درشت تر در لایه های پایین تر قرار دارند.

- **مصالح مورد استفاده: شن و ماسه یا آنتراسیت**

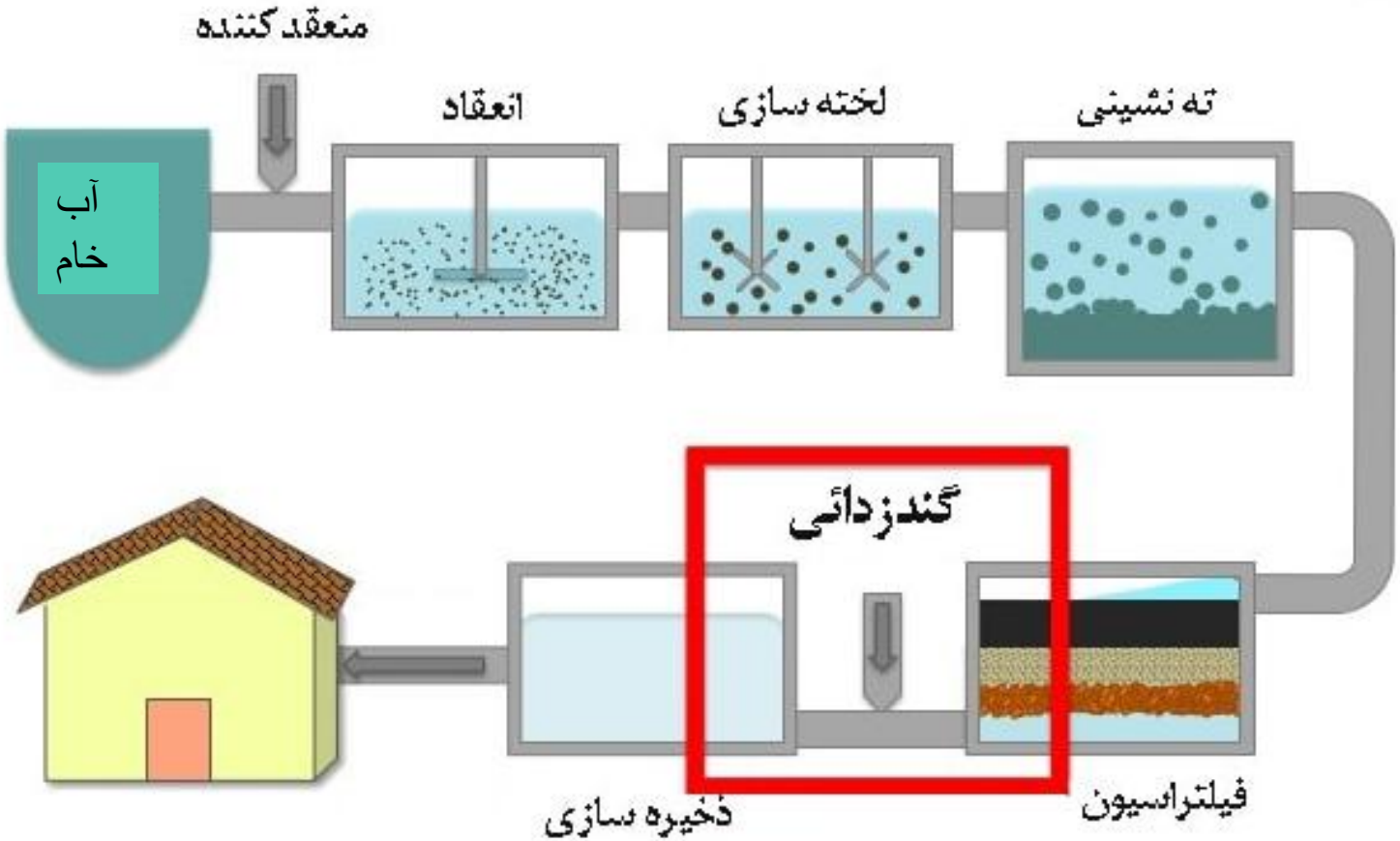
کاربرد: حذف آهن و منگنز از آبهای زیرزمینی


Manhole
Air relief
Lifting point
Body
Distribution pipe
Raw water inlet back water outlet
Antracite
Sand
Backwash water inlet clean water outlet
Nozzles
Discharge

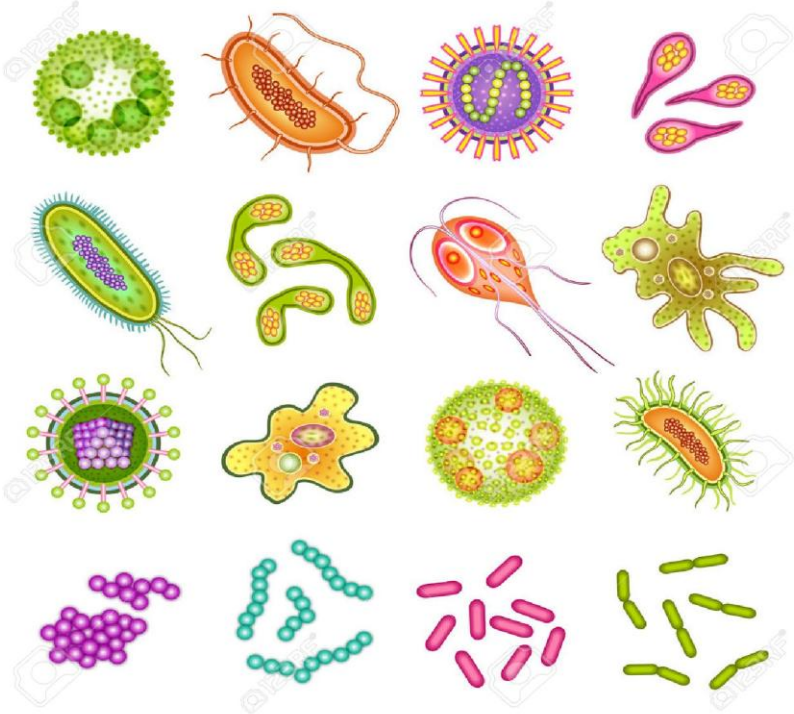

Pressure Gauge
Valve
Inflow to Filter
Pressure Vessel
Filter Media
(Sand)
Support Gravel
Underdrain System
Pressure Gauge
Outflow
Valve
Filter Outflow
Air Scour
Inlet
Drain
Valve
Backwash/Drain Line


BACKFLUSH
INLET
OUTLET
THE FILTERING PROCESS
BACKFLUSH
INLET
OUTLET
THE BACKWASH PROCESS

گندزدایی آب


منعقد کننده
انعقاد
لخته سازی
ته نشینی
آب
خام
گندزدائی
ذخیره سازی
فیلتراسیون

گندزدایی: حذف یا بی ضرر کردن میکروارگانیسم های بیماری زا از آب یا فاضلاب



انواع باکتریها، انگلها، قارچها و ویروسها و ...

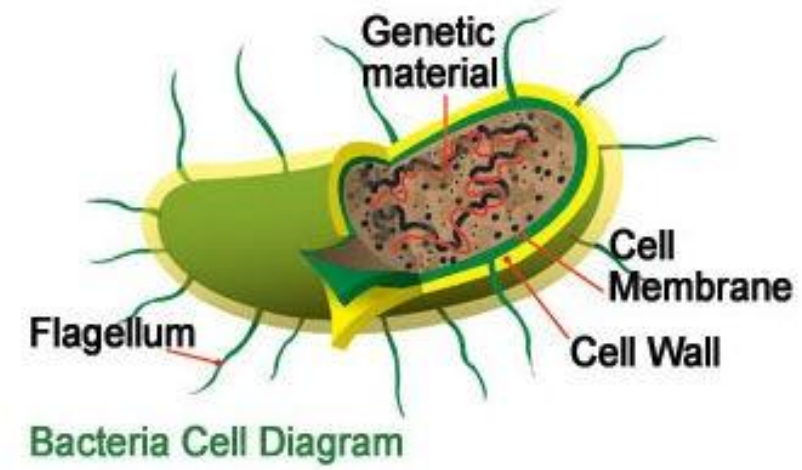
روش های گندزدایی: شیمیایی و فیزیکی

روشهای شیمیایی: کلر زنی و استفاده از گاز ازن،

روشهای رایج فیزیکی: حرارت، فیلتراسیون و پرتو UV

هدف از گندزدایی آب شرب:

رسیدن به مقدار صفر کلیفرم روده ای در هر ۱۰۰میلی لیتر آب در آب تصفیه



خصوصیات یک گندزدای ایده آل:

۱- بر روی تمام میکرو ارگانیسم ها موثر باشد.

۲- در مدت زمان کوتاهی تاثیر نماید.

۳- برای سلولهای انسان، گیاهان و جانوران، سمی و محرک نباشد.

۴- در مجاورت مواد آلی اثر و فعالیت آن کاسته نشود.

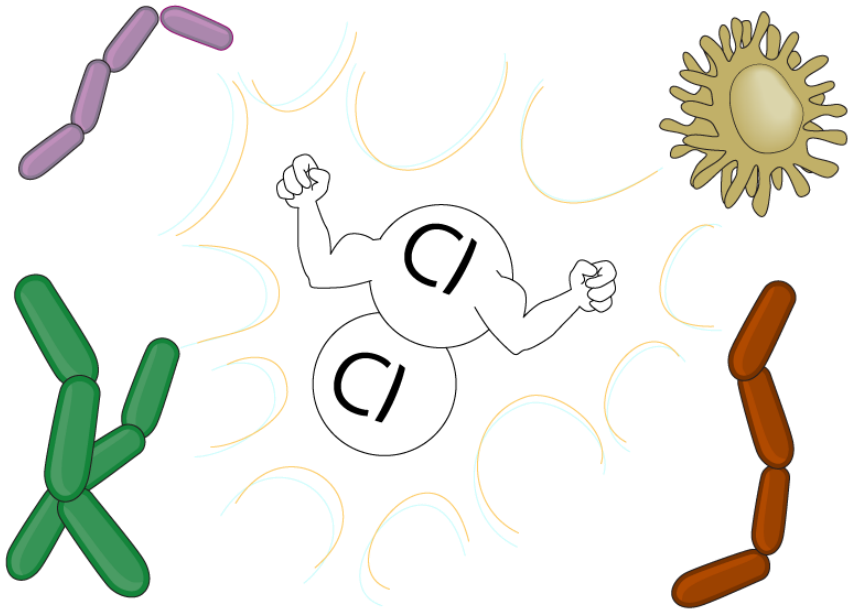
۵- قدرت نفوذ کافی داشته باشد.

۶- محلول در آب بوده و براحتی و مقدار زیاد قابل تهیه باشد.

۷- ارزان و قابل حمل بوده و در وسایل نگهداری ایجاد خورندگی نکند.

عوامل موثر بر گندزدایی آب:

- نوع و غلظت میکرو ارگانیزم
- نوع و غلظت گند زدا
- زمان تماس گند زدا
- کیفیت شیمیایی و دمایی آب
- pH و کدورت آب

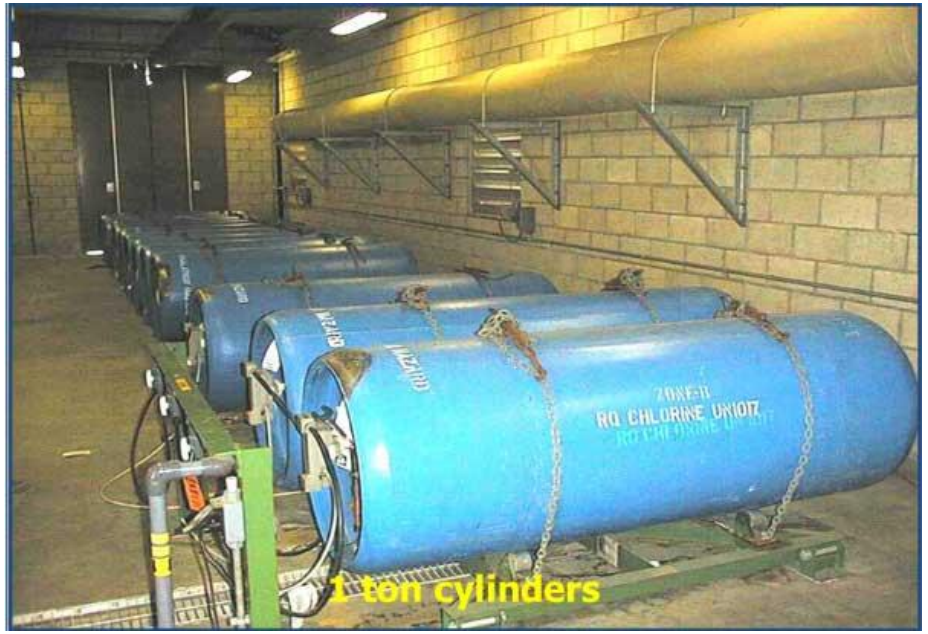


کلرزنی

از مهمترین دلایل استفاده از کلر به عنوان گندزدا:

- **ارزان بودن**
- **به جای گذاشتن باقیمانده**
- **مؤثر در غلظت‌های کم**
- **در دسترس بودن در سه حالت:**

گاز (گاز کلر)
مایع (هیپو کلریت سدیم)
جامد (هیپو کلریت کلسیم)



17
Cl
Chlorine
35.453

SOURCES OF CHLORINE

Chemical Name	Chemical Formula	Form	% Chlorine
Chlorine Gas	Cl_2	Gas	100%
Calcium Hypochlorite	$Ca(OCl)_2$	Solid	65-70%
Sodium Hypochlorite	NaOCl	Liquid	~12%

هیپو کلریت کلسیم در مقایسه با هیپوکلریت سدیم حلالیت کمتری در آب دارد اما گندزدای قوی تری است.

حوضچه تماس کلر با آب

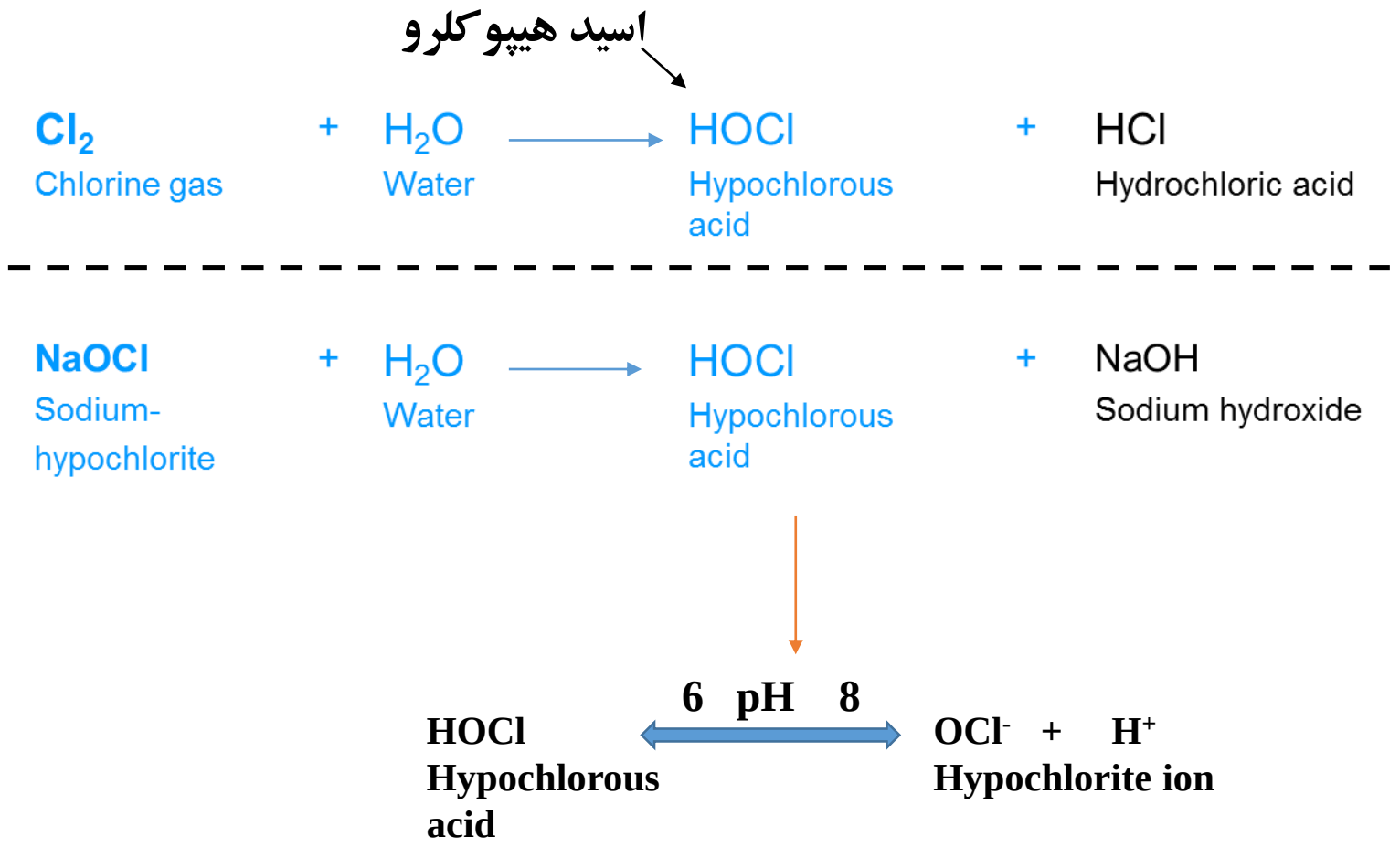
میزان دوز کلری که باید به آب افزوده شود:

کلر موردنیاز برای گندزدایی + کلر باقیمانده

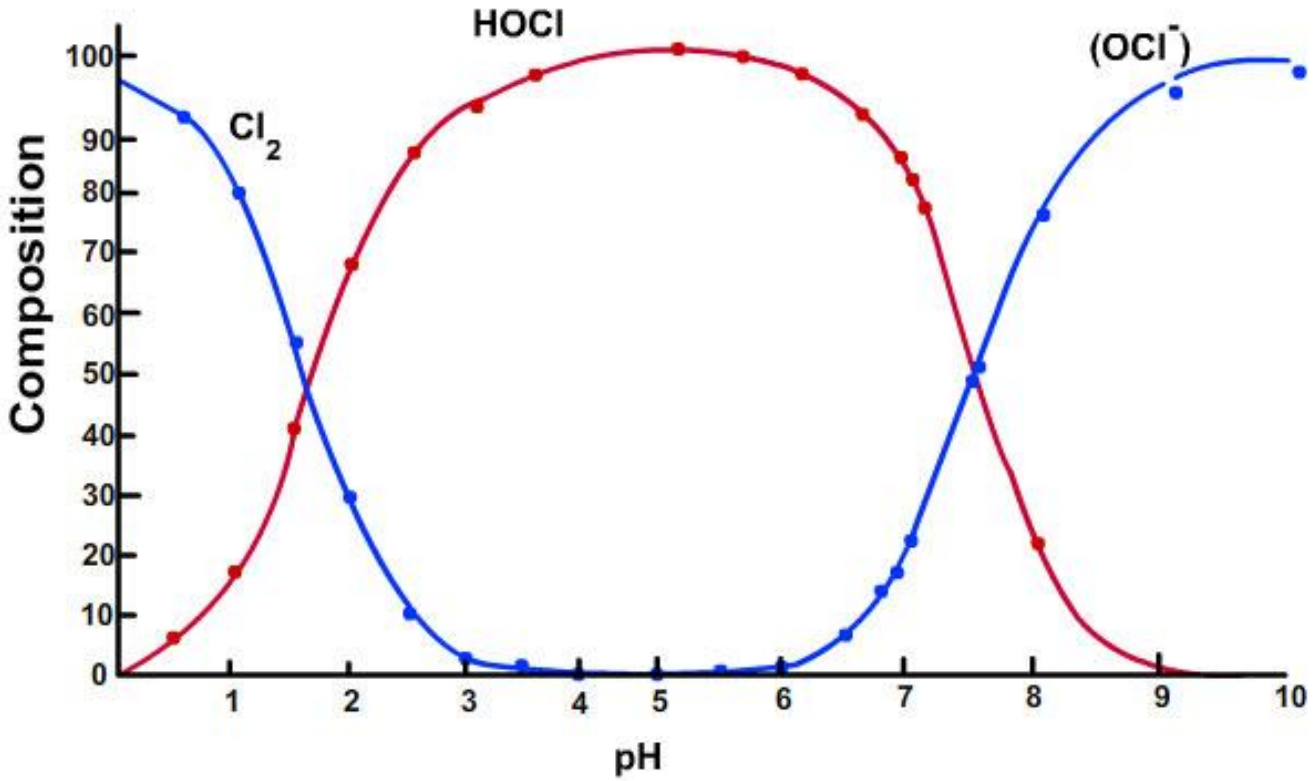
شرایط بهینه واکنش کلر با آب:

- **pH پایین (۶ تا ۷)**
- **دمای آب ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی گراد**
- **زمان تماس بیشتر از ۳۰ دقیقه**
- **مقدار کلر آزاد باقیمانده بیشتر از ۰/۵ میلی گرم در لیتر**

واکنش های گاز کلر و هیپوکلریت سدیم در تماس با آب:



pH آب تاثیر زیادی در امکان تشکیل اسیدهیپوکلرو یا هیپوکلریت دارد.

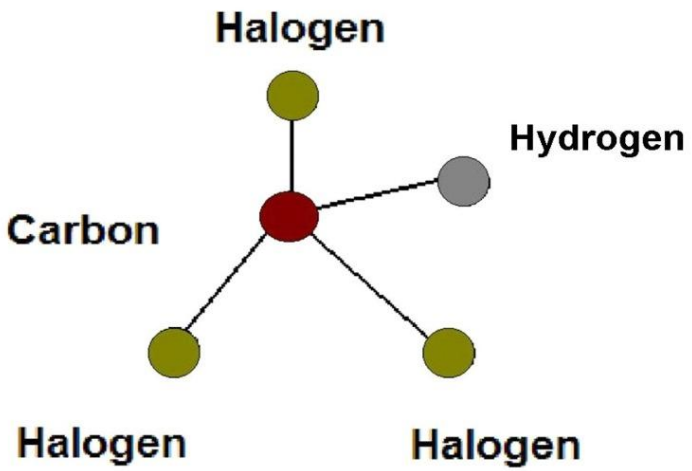


کلر آزاد: OCL+HOCL

تری هالومتان ها

محصول فرعی حاصل از کلرزنی: ناشی از ترکیب کلر با مواد آلی

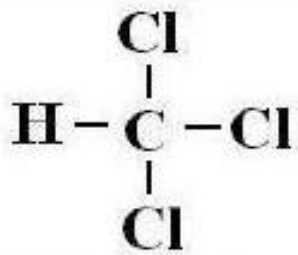
ایجاد ترکیبات سرطان زا در آب



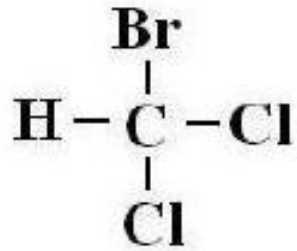
A

Free chlorine + Humic substances ⟶ Trihalomethanes + byproducts

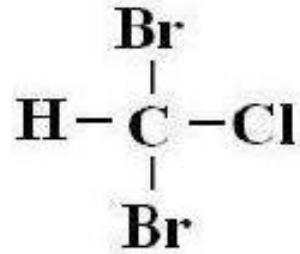
B



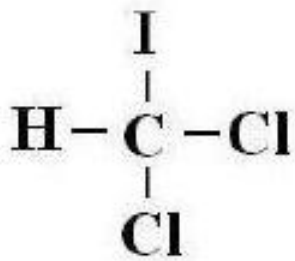
Trichloromethane
(Chloroform)



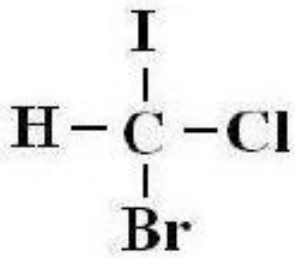
Bromodichloromethane



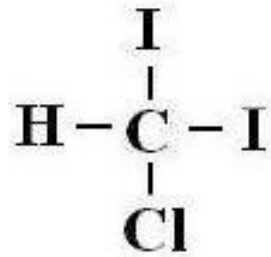
Dibromochloromethane



Dichloroiodomethane



Bromochloroiodomethane



Diiodochloromethane

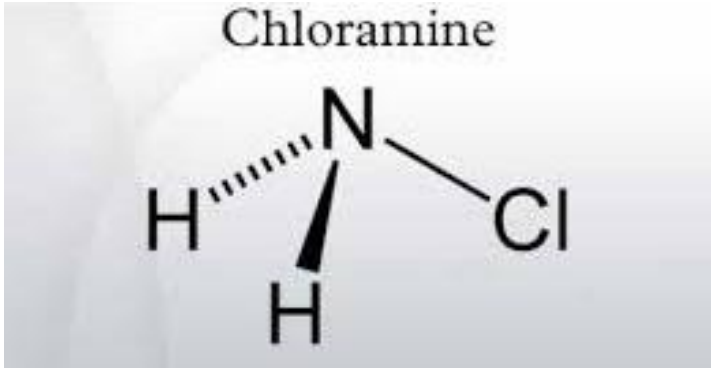
کلروآمین ها

ممانعت از تشکیل ترکیبات سرطان زا در آب با افزودن آمونیاک

(1) $HOCl + NH_3 \leftrightarrow \underset{\text{monochloramine}}{NH_2Cl} + H_2O$

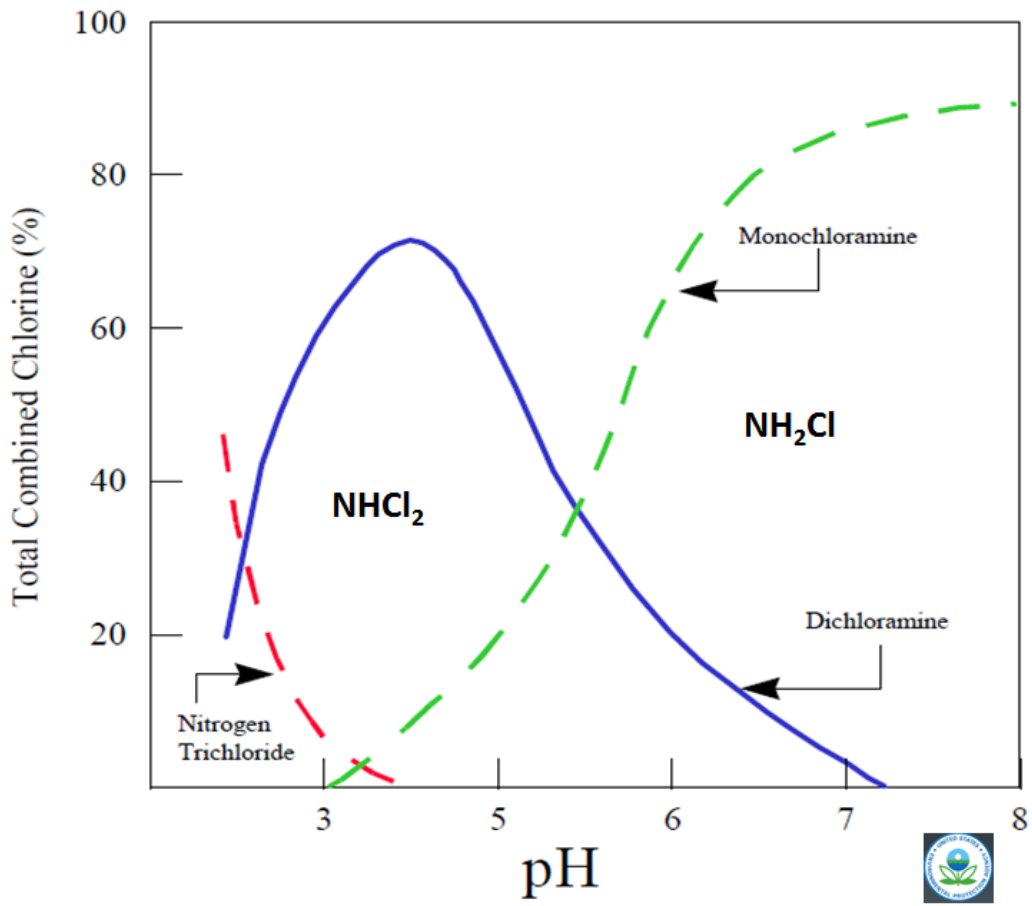
(2) $HOCl + NH_2Cl \leftrightarrow \underset{\text{dichloramine}}{NHCl_2} + H_2O$

(3) $HOCl + NHCl_2 \leftrightarrow \underset{\text{trichloramine}}{NCl_3} + H_2O$



قدرت گندزدایی کمتر نسبت به کلر

زمان ماند حدود ۳۰ دقیقه برای گندزدایی



توزیع کلرآمین ها به عنوان تابعی از pH

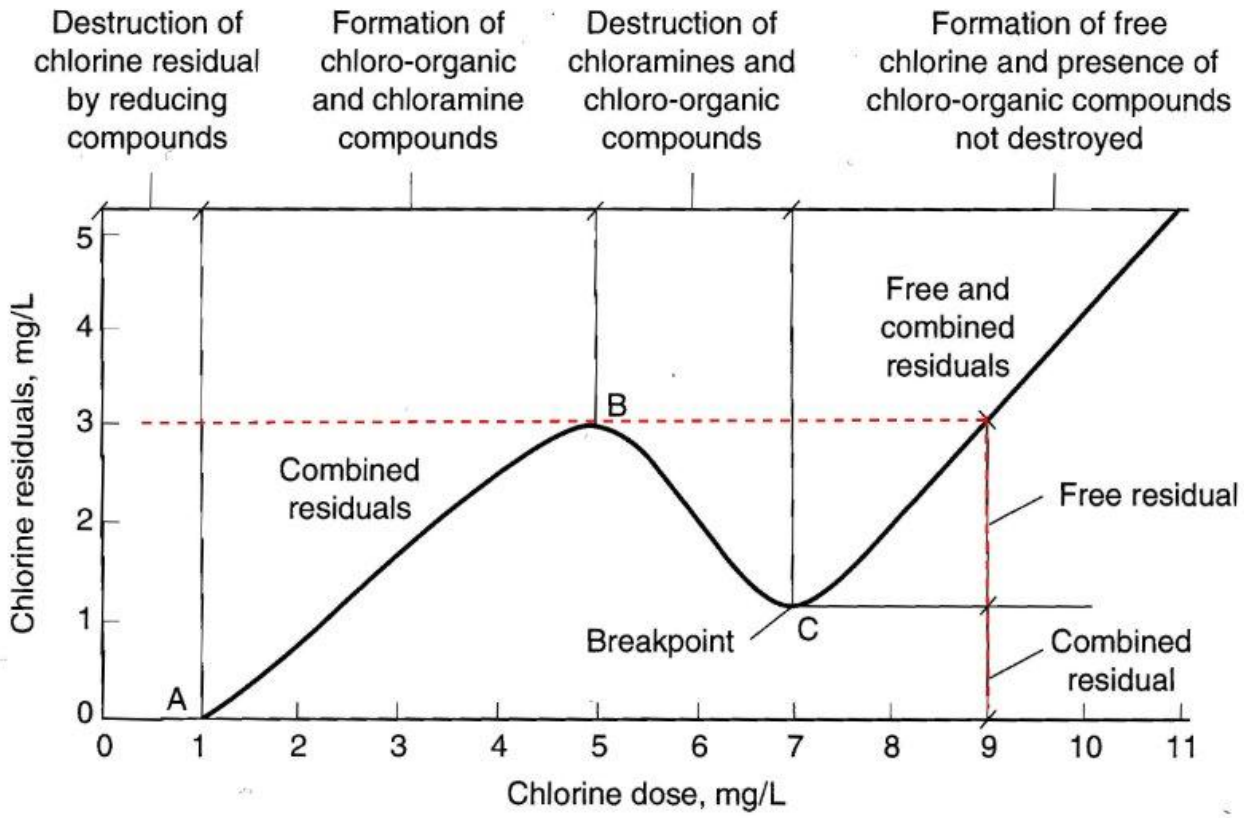
$NHCl_2$ درصد	NH_2Cl درصد	pH
۸۴	۱۶	۵
۶۲	۳۸	۶
۳۵	۶۰	۷
۱۰	۸۰	۸
۶	۹۴	۹

کلر آزاد باقیمانده+ کلر باقی مانده مرکب = کلر مورد نیاز برای گندزدایی

قدرت گندزدایی بالا جهت گندزدایی اولیه

و

پایداری شیمیایی لازم برای باقی گذاردن کلر باقیمانده جهت رسیدن به اهداف ثانویه گندزدایی



منحنی تیتراسیون کلر

معایب و مضرات کلرزنی

۱- کلرباقیمانده در اثر ترکیب با مواد آلی موجود در آب تولید تری هالومتان ها را می کند که سرطان زا است.

۲- کلرزنی باعث کشته شدن میکروارگانیزمهای موجود در آب می شود اما لاشه این میکرو ارگانیزمها در آب باقی می مانند و خود منشا آلودگی می شوند.

۳- تماس کلر با پوست و موی انسان باعث ایجاد حساسیت، ریزش مو و مشکلات دیگر شود.

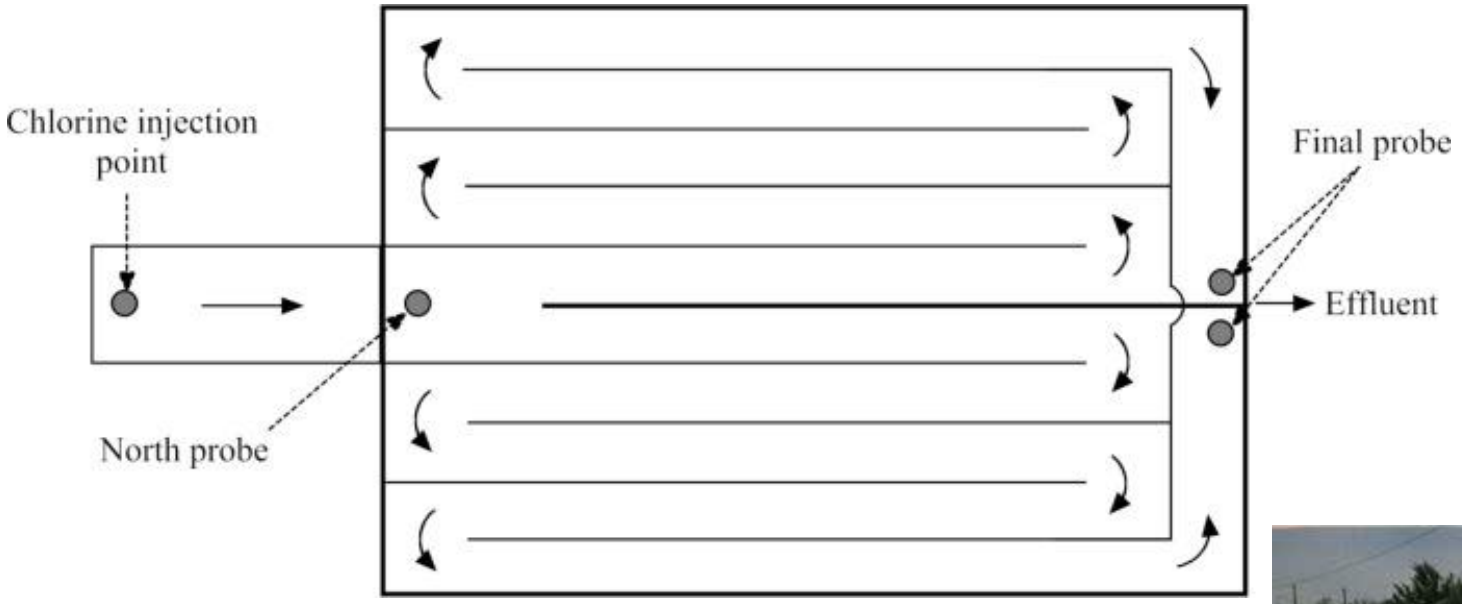
۴- استنشاق گاز کلر برای ریه انسان مضر می باشد.

۵- گروهی از میکروارگانیزمها نسبت به کلر مقاوم هستند و با کلرزنی از بین نخواهند رفت.

۶- فضا و مدت زمان بالایی برای گندزدایی کلر نیاز است.

۷- جوانب ایمنی کار با کلر بسیار خطرناک است.

حوضچه تماس کلر

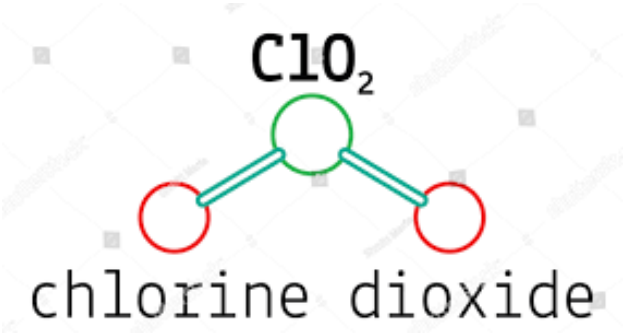


ضوابط طراحی:

L/B=20/1 – 40/1

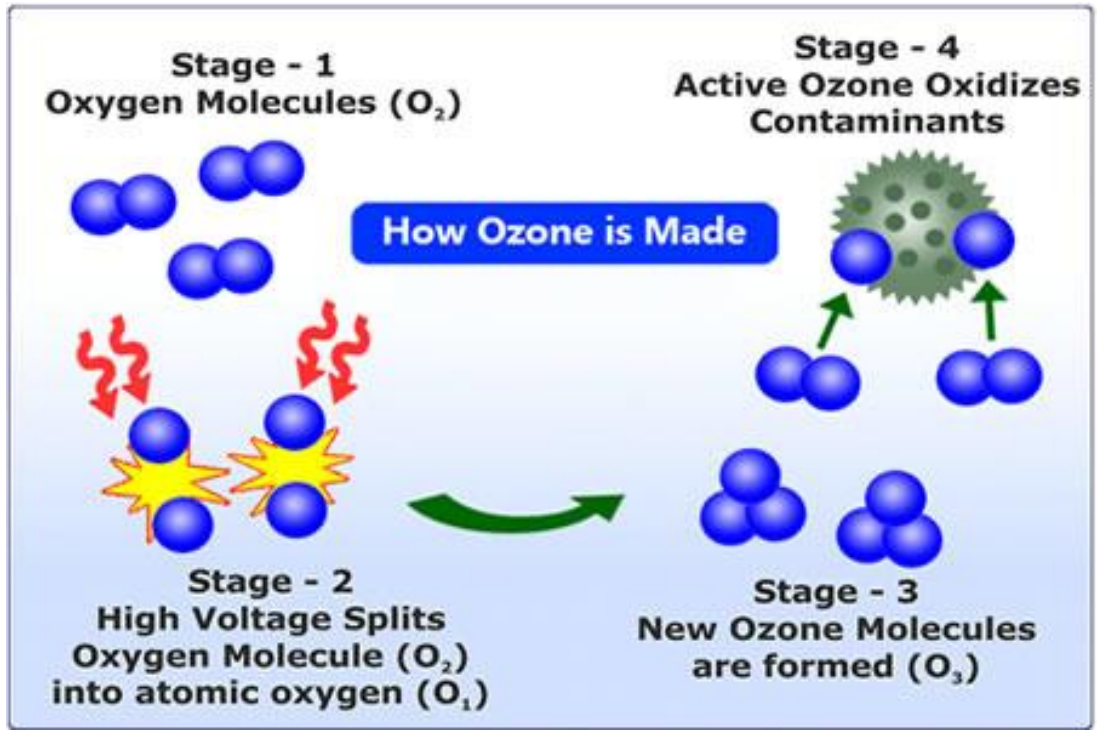
زمان ماند ۱۵ دقیقه بر اساس دبی حداکثر ساعتی
زمان ماند ۳۰ دقیقه بر حسب حداکثر دبی متوسط ماهانه

دی اکسید کلر به عنوان گندزدا



- ClO2 گازی زرد رنگ
- اکسیدکننده‌ای قوی است که تشکیل کلروفرم و کلروآمین نمی‌دهد.
- مشابه با کلردر آب تولید باقیمانده می کند
- در محدوده‌ی وسیعی از pH عمل می کند، اما ناپایدار بوده و قابلیت انفجار دارد.
- طعم و بوی حاصله از جلبکها و تجزیه‌ی گیاهان را کنترل می کند.

ازن به عنوان گندزدا



نحوه تولید ازن

عبور اکسیژن از یک میدان الکتریکی با ولتاژ زیاد

مزایای ازن:

۱- ازن در غیرفعالسازی ویروسهاموثرتر از کلر، کلرآمینها و دی‌اکسید کلر بوده و به زمان تماس کمتری نیاز دارد.

۲-کاهش تولید ترکیبات ثانویه خطرناک ناشی از عوامل گندزدا همچون THM

۳- داشتن خاصیت زدایش طعم و بو و رنگ

۴- زمان تماس کم مورد نیاز

۵-کمک به حذف آهن، منگنز و سولفیدها

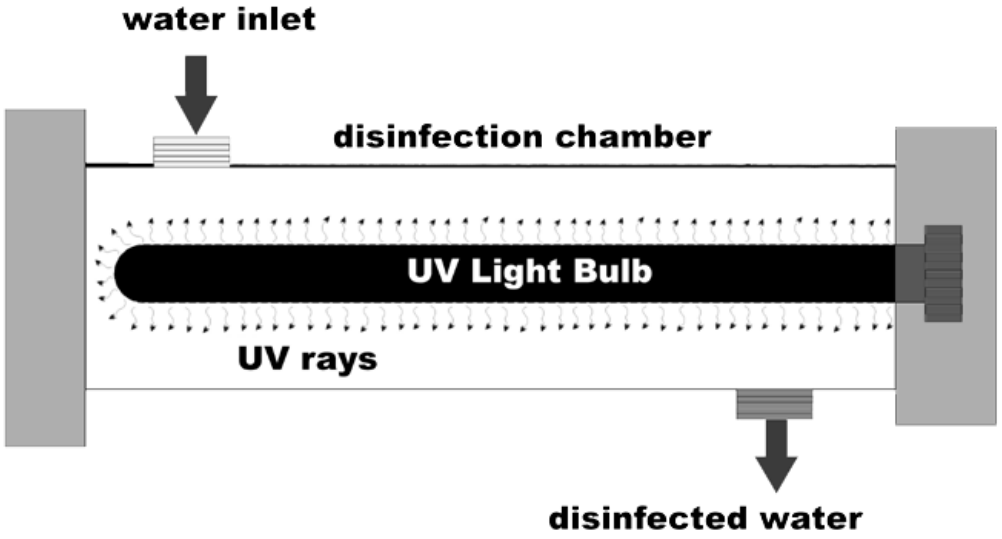
۶-گندزدای بسیار موثر در محدوده دمایی و pH های مختلف

۷- عدم نیاز به ذخیره سازی مواد شیمیایی و هزینه های ثانویه

۸- اکسیداسیون سریع ناخالصی های آلی به همراه کاهش BOD وCOD

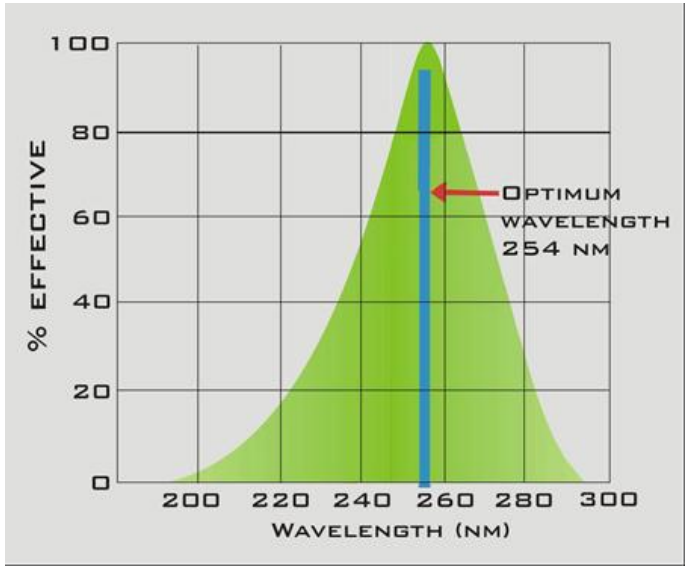
UV به عنوان گندزدا

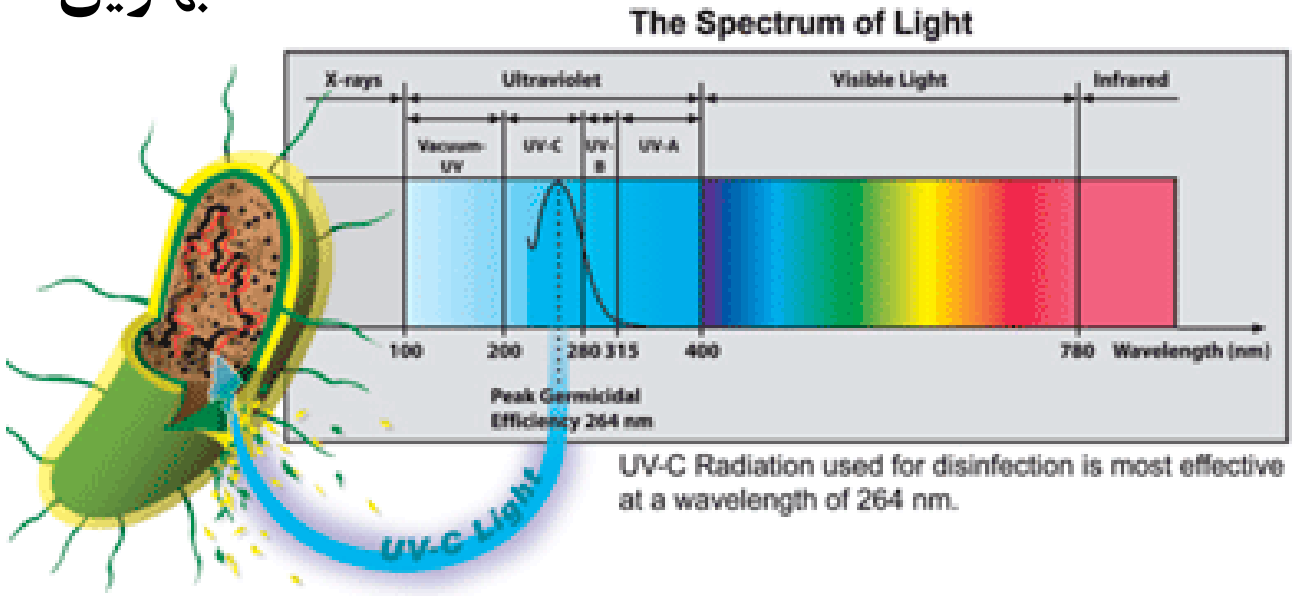
طیف غیرقابل رویت اشعه خورشید



عبور آب از حوضچه ای که لامپ های UV در آن قرار دارند و تخریب دیواره سلولی میکروارگانیسم ها

بهترین طول موج برای گندزدایی ۲۵۴ نانومتر می باشد.





مزایای استفاده از اشعه ماورای بنفش:

۱- نیاز به حمل و نقل و انبار شیمیایی ندارد.

۲- با تغییرات pH و دما کارایی آن چندان تغییر نمی کند.

۳- فرآورده های جانبی بوجود نمی آورد.

۴- زمان تماس برای گندزدایی بسیار کوتاه می باشد.

۵- فضای لازم برای گندزدایی بسیار کم است.

۶- جوانب ایمنی کار با آن بسیار راحت است.

۷- میکروارگانیسم های مولد بو در انجام عمل گندزدایی نابود می شوند.

۸- عدم تغییر در کیفیت فیزیکی شیمیایی آب.