به نام خدا

مهندسی محیط زیست

فهرست مطالب

۱. کلیات: تعریف مهندسی محیط زیست چالشها، ضرورتها و کاربردهای مهندسی محیط زیست
۲. آشنایی با مبانی اکولوژی و اجزای آن
۳. آشنایی با منابع آب و آلودگی های مربوط به آن
۴. آشنایی با ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب و فاضلاب و استانداردهای مربوطه
۵. آشنایی با فرایندهای تصفیه آب
۶. آشنایی با فرایند تصفیه فاضلاب (تصفیه اولیه، ثانویه و پیشرفته)
۷. آشنایی با مدیریت مواد زائد جامد و خطرناک
۸. آشنایی با آلودگی هوا و روشهای کنترل آن

مراجع:

1. مهندسی محیط زیست، جلد اول و دوم، ترجمه دکتر محمد علی کی نژاد، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند.
2. مهندسی محیط زیست، ترجمه دکتر ایوب ترکیان، انتشارات کنکاش ۱۳۷۴.

3- Environmental Engineering, R.F. Weiner & R.A. Matthews, Butterworth-Heineman 2003.

4- Guidelines for Drinking-water Quality, World Health Organization 2006.

5- Practical Environmental Analysis, M. Radojevic, Royal Society of Chemistry 1999.

نحوه ارزیابی:

امتحان پایان ترم ۸۰٪ (۱۷ نمره)
تمرین و تحقیق ۱۰٪ (۲ نمره)
حضور در کلاس ۱۰٪ (۱ نمره)

فصل اول: کلیات

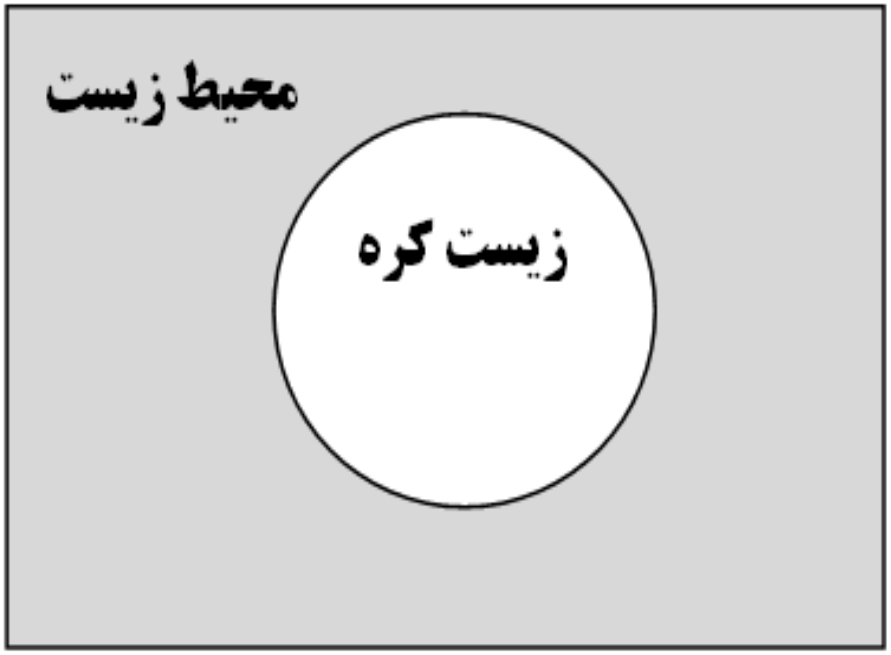
محیط زیست: (The Environment)

مجموع کل پیرامون انسان شامل اتمسفر (هوا کره)، هیدروسفر (آب کره)، لیتوسفر (خاک کره) و موجودات زنده را محیط زیست می گویند.

بیوسفر یا زیست کره (Biosphere)

بخشی از محیط زیست است که حیات در آن وجود دارد شامل:

هیدروسفر (اقیانوس ها، دریاها و دریاچه ها)، بخش پایینی اتمسفر (هوا)، لایه بالایی لیتوسفر (خاک) و موجودات زنده



شکل ۱- زیست کره به عنوان بخشی از محیط زیست

اکولوژی (محیط شناسی)

اکولوژی یا محیط شناسی علمی است که به مطالعه روابط بین موجودات زنده با محیط اطرافشان می پردازد.

اکوسیستم یا نظام زیستی:

محیطی که از یک بخش زنده یعنی گیاهان و جانوران و یک بخش غیر زنده یعنی فضا و عناصر فیزیکی و شیمیایی تشکیل شده باشد.

مهندسی محیط زیست (Environmental Engineering)

شاخه ای از مهندسی است که سه هدف اصلی را دنبال می کند:

۱- حفظ محیط زیست از آثار زیانبار فعالیت های انسانی

۲- حفظ انسان از آثار نامطلوب عوامل زیست محیطی

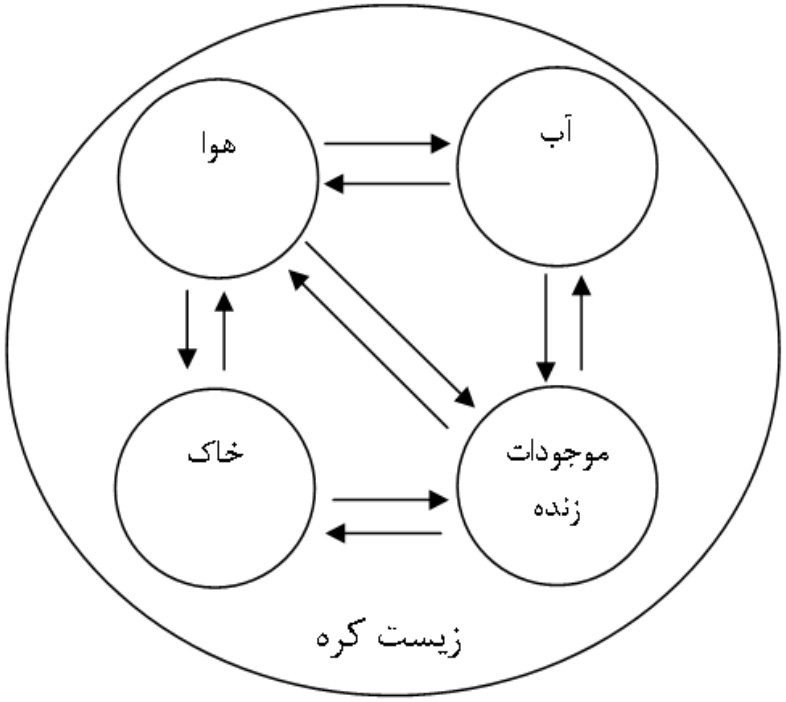
۳- بهبود کیفیت محیط زیست برای تندرستی و بهزیستی انسان

طبق اصل۵۰ قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران:

حفاظت محیط زیست که نسل امروز و نسل های بعد باید در آن حیات رو به رشدی داشته باشند، وظیفه عمومی تلقی می گردد.

از این رو هرگونه فعالیت اقتصادی و غیره که باعث آلودگی محیط زیست یا تخریب غیر قابل جبران آن شود ممنوع است.

چرخه بیوژئوشیمی:

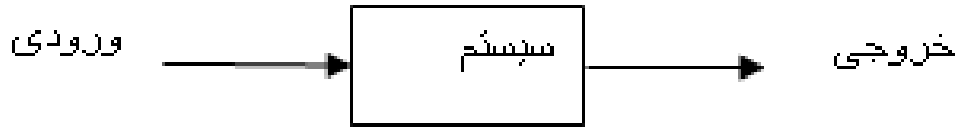


شکل ۲- مولفه های مختلف زیست کره

مواد شیمیایی و عناصر مختلف موجود در زیست کره از یک منبع به منبع دیگر قابل انتقال است. این انتقال را چرخه بیوژئوشیمی (چرخه زیست-زمین-شیمی) می نامند.

هر چرخه ای معمولا متشکل از یک سری اجزا و مسیرهاست.

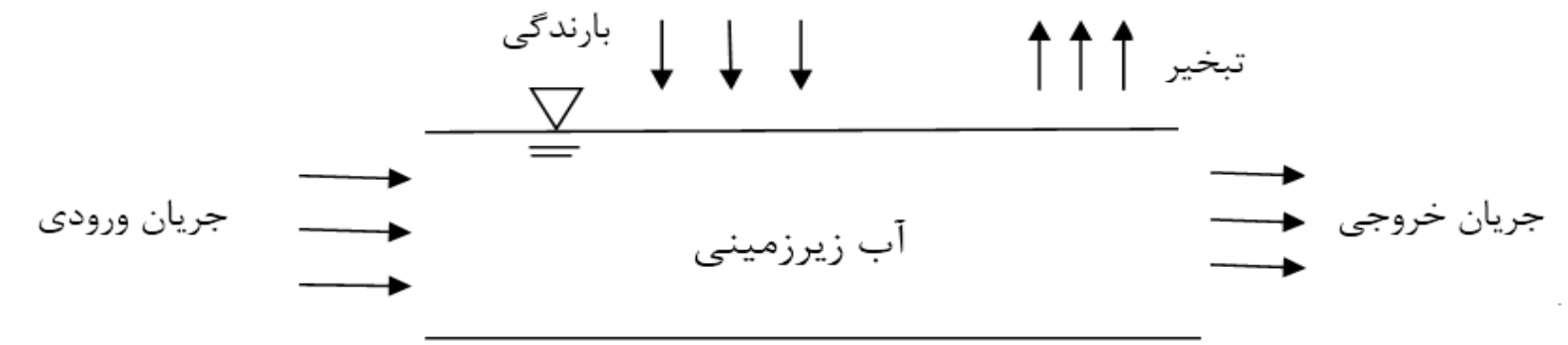
برای هرجزئی از چرخه می توان یک ورودی و یک خروجی تعریف نمود.



$$I - O = \Delta S$$

I مجموع کل ورودی های به سیستم، O مجموع کل خروجی های از سیستم و ΔS تغییرات ماده مورد نظر در سیستم می باشد.

سیستم های طبیعی هم در اثر فعالیت های انسانی و هم به صورت طبیعی دینامیک می باشند، یعنی با گذشت زمان تغییر می کنند.



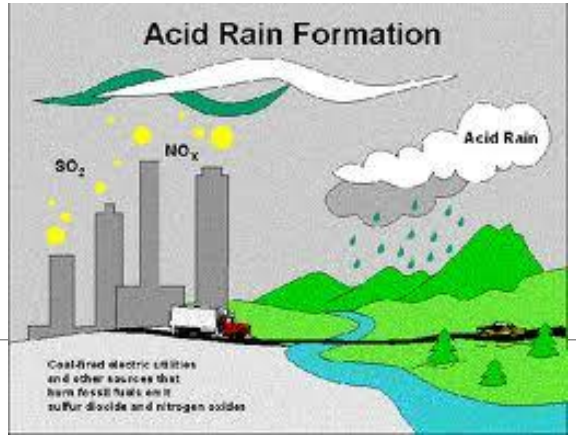
شکل ۳- آب زیرزمینی به عنوان یک سیستم

- اگر ورودی های به سیستم = خروجی های از سیستم← سیستم پایدار

در غیاب فعالیت های بشر، هر سیستمی تمایل به حالت پایدار دارد.

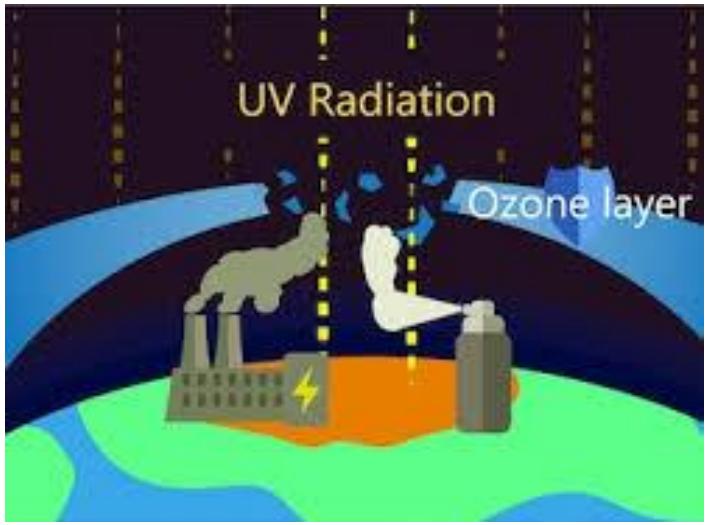
- اگر ورودی های به سیستم < خروجی های از سیستم، کاهش در سیستم داریم. به عنوان مثال کم شدن حجم آبهای زیرزمینی در اثر برداشت های بی رویه
- اگر ورودی های به سیستم > خروجی های از سیستم، افزایش در سیستم داریم. به عنوان مثال افزایش آلودگی در آبهای سطحی. نرخ تولید آلودگی بیشتر از نرخ طبیعی حذف آن از سیستم است.

گرم شدن کره زمین



باران های اسیدی

جدی ترین مشکلات زیست محیطی یا اکولوژیکی



نازک شدن لایه ازن

تجمع ضایعات سمی و غیرسمی

گرم شدن کره زمین

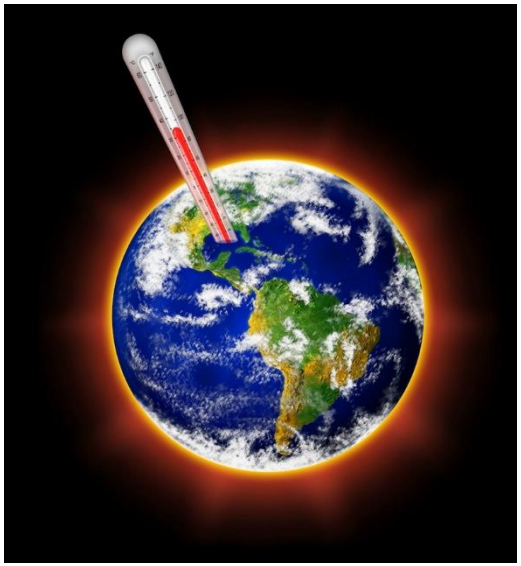
ذوب شدن یخ ها

↓

افزایش سطح آب دریاها

↓

افزایش سیلاب



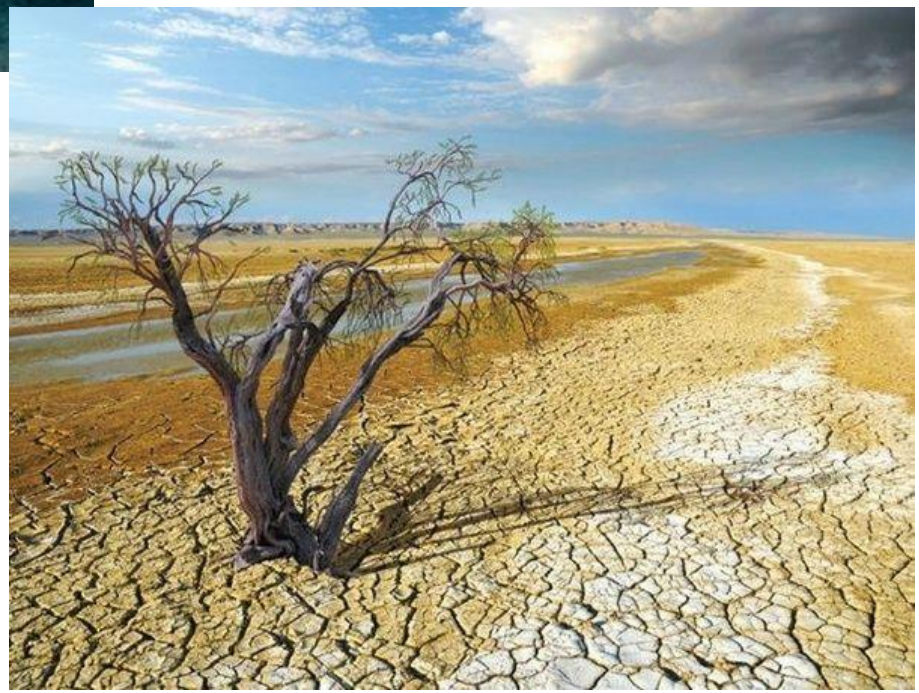
افزایش دما

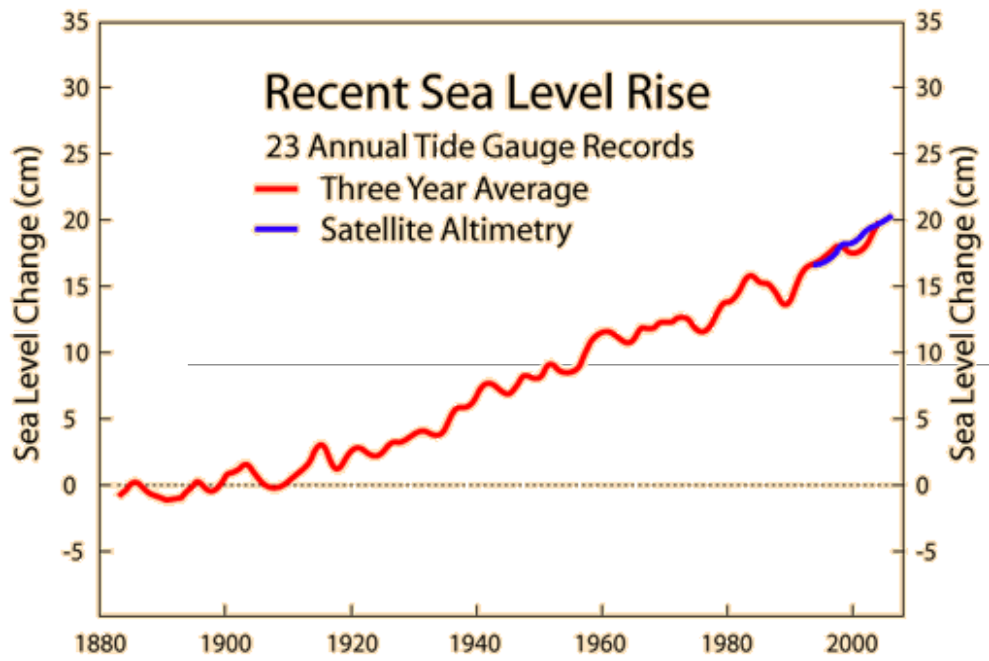
↓

خشکسالی و کم شدن بارندگی

↓

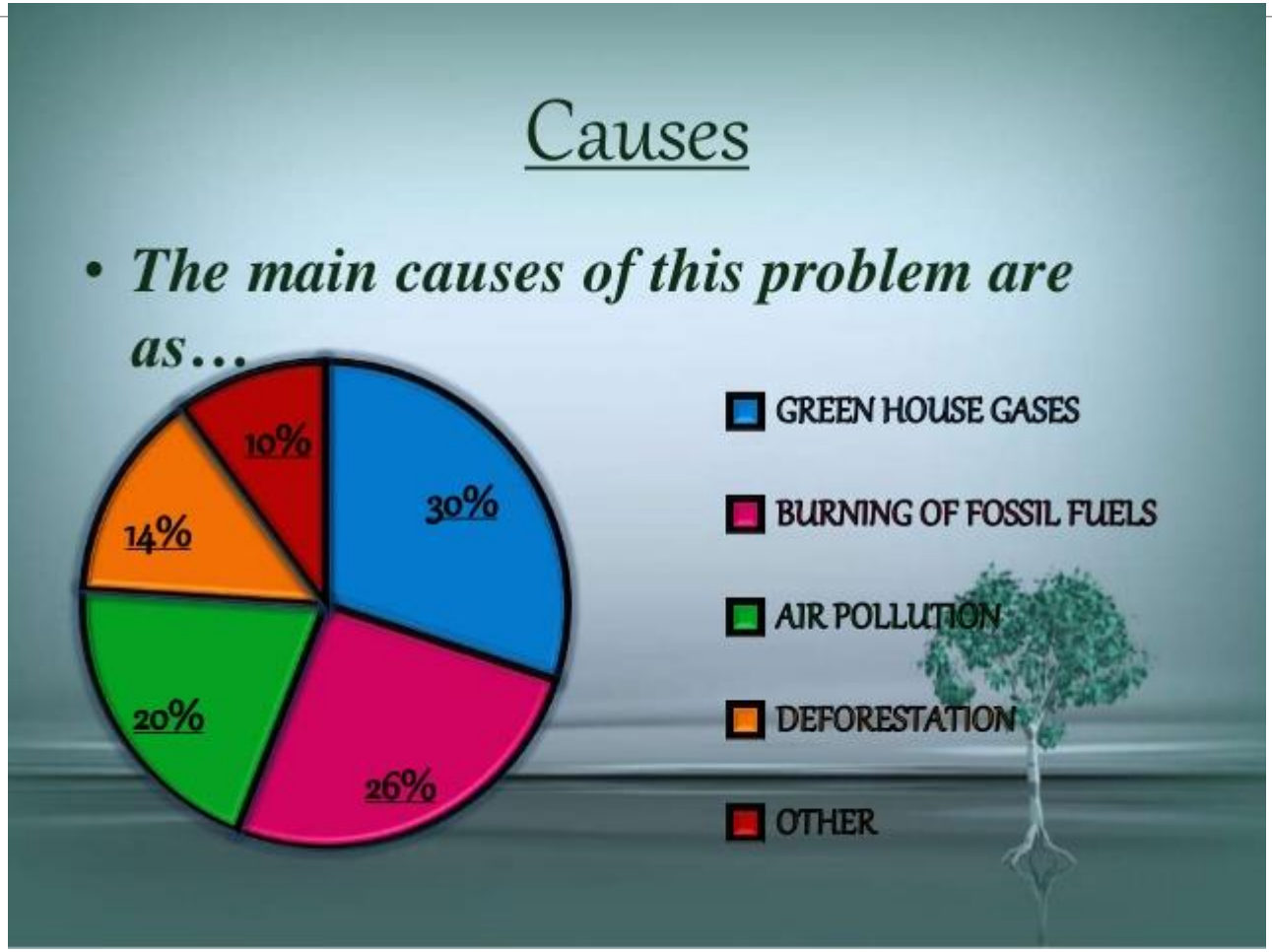
بیابان زایی



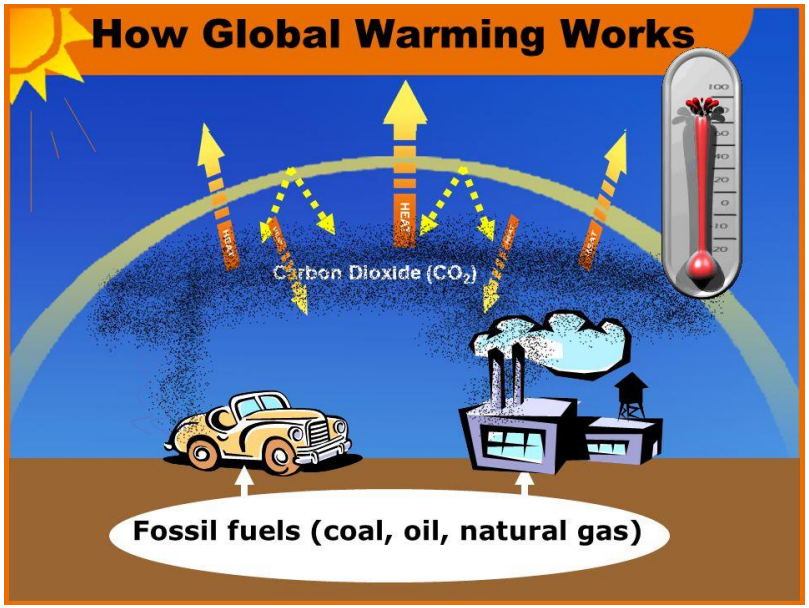

Recent Sea Level Rise
23 Annual Tide Gauge Records
Three Year Average
Satellite Altimetry
Sea Level Change (cm)
35
30
25
20
15
10
5
0
-5
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000

2017
2020
10 Islands That Will Vanish When Sea Levels Rise

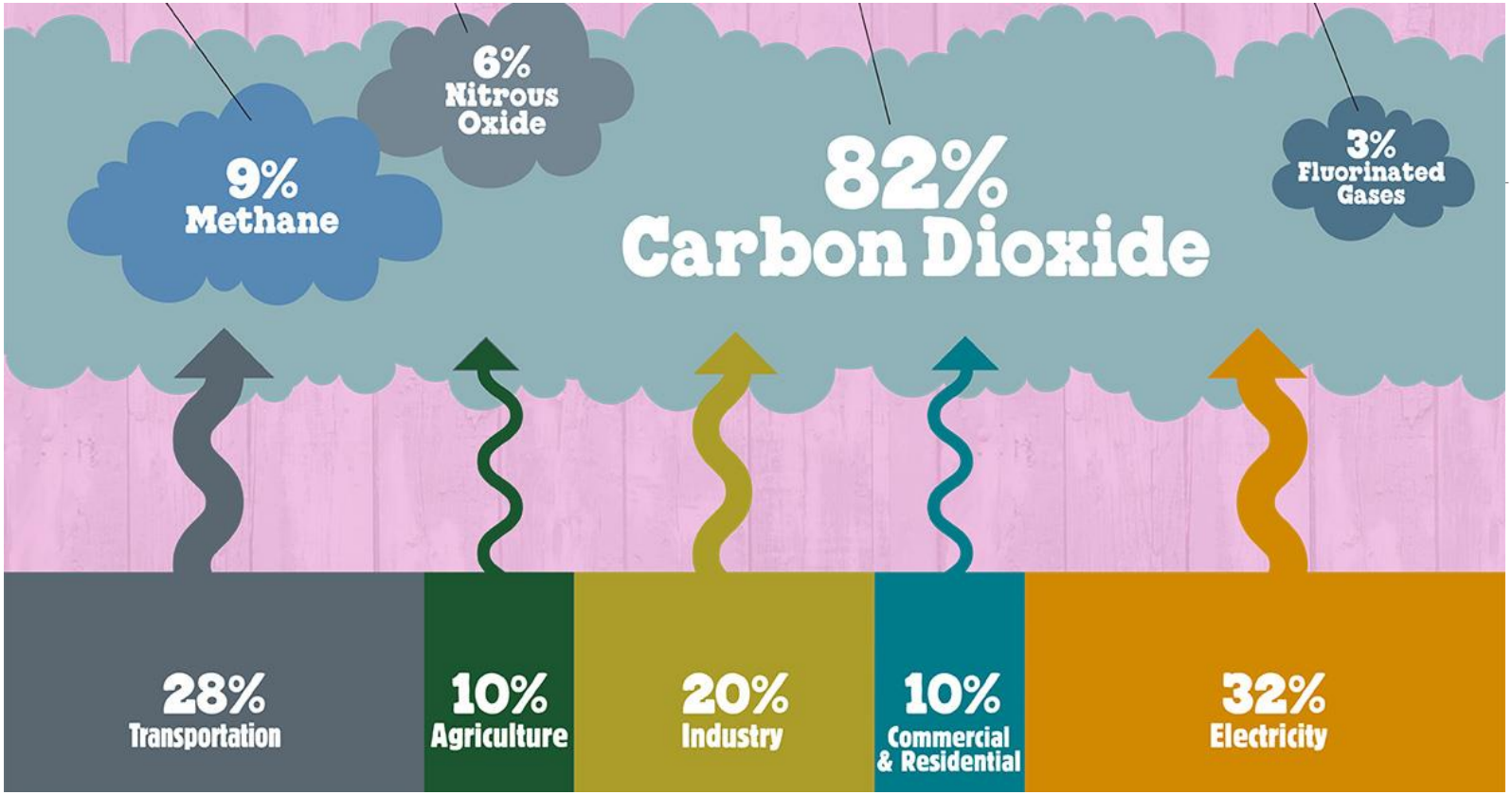
عوامل ایجاد پدیده گرم شدن کره زمین



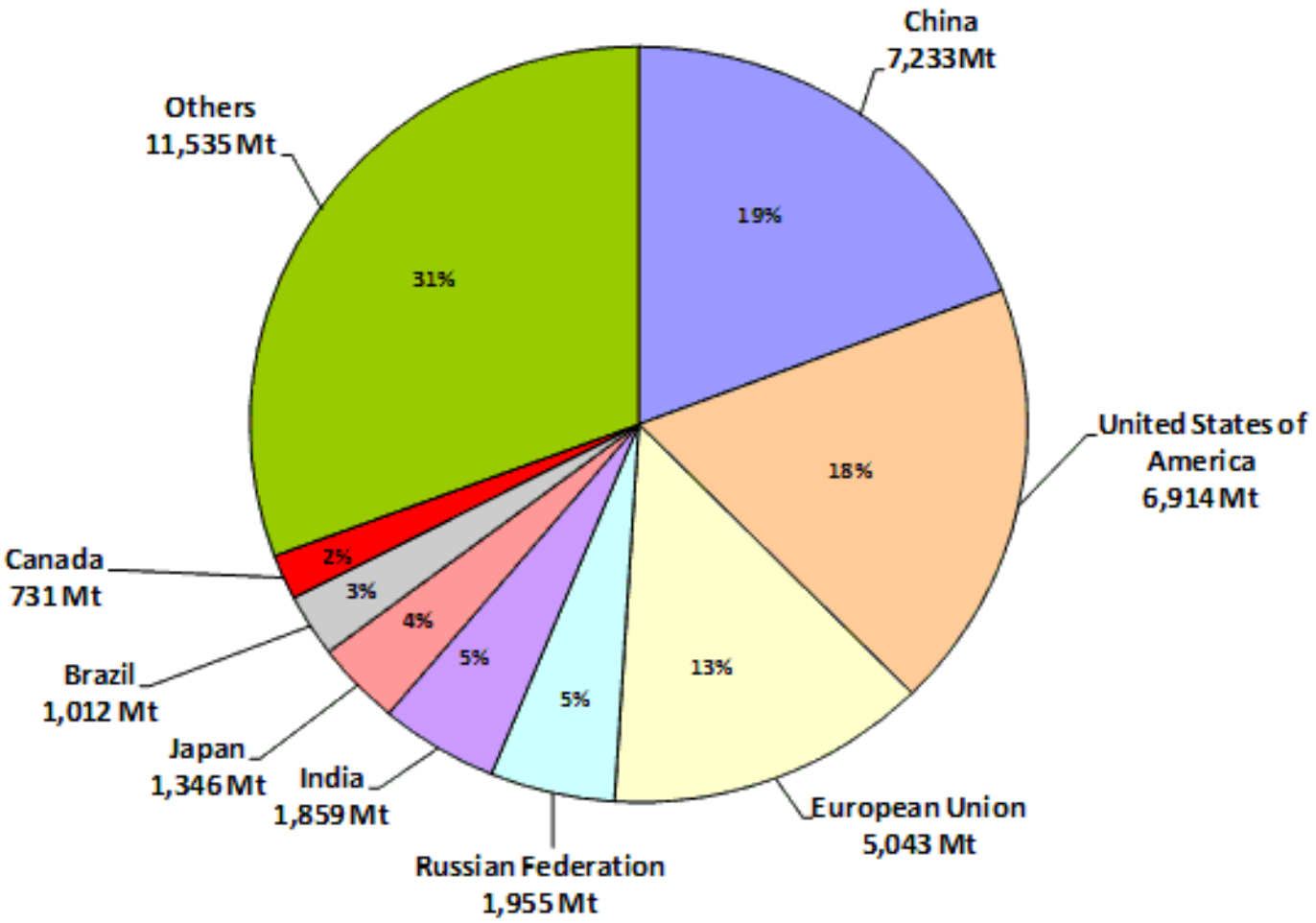
جنگل زدایی



سوخت های فسیلی در صنایع و نیروگاهها



گازهای گلخانه ای



سهم کشورهای مختلف از تولید گازهای گلخانه ای

چرخه های بیوژئوشیمی:

مهمترین چرخه های بیوژئوشیمیایی:

۱- چرخه آب

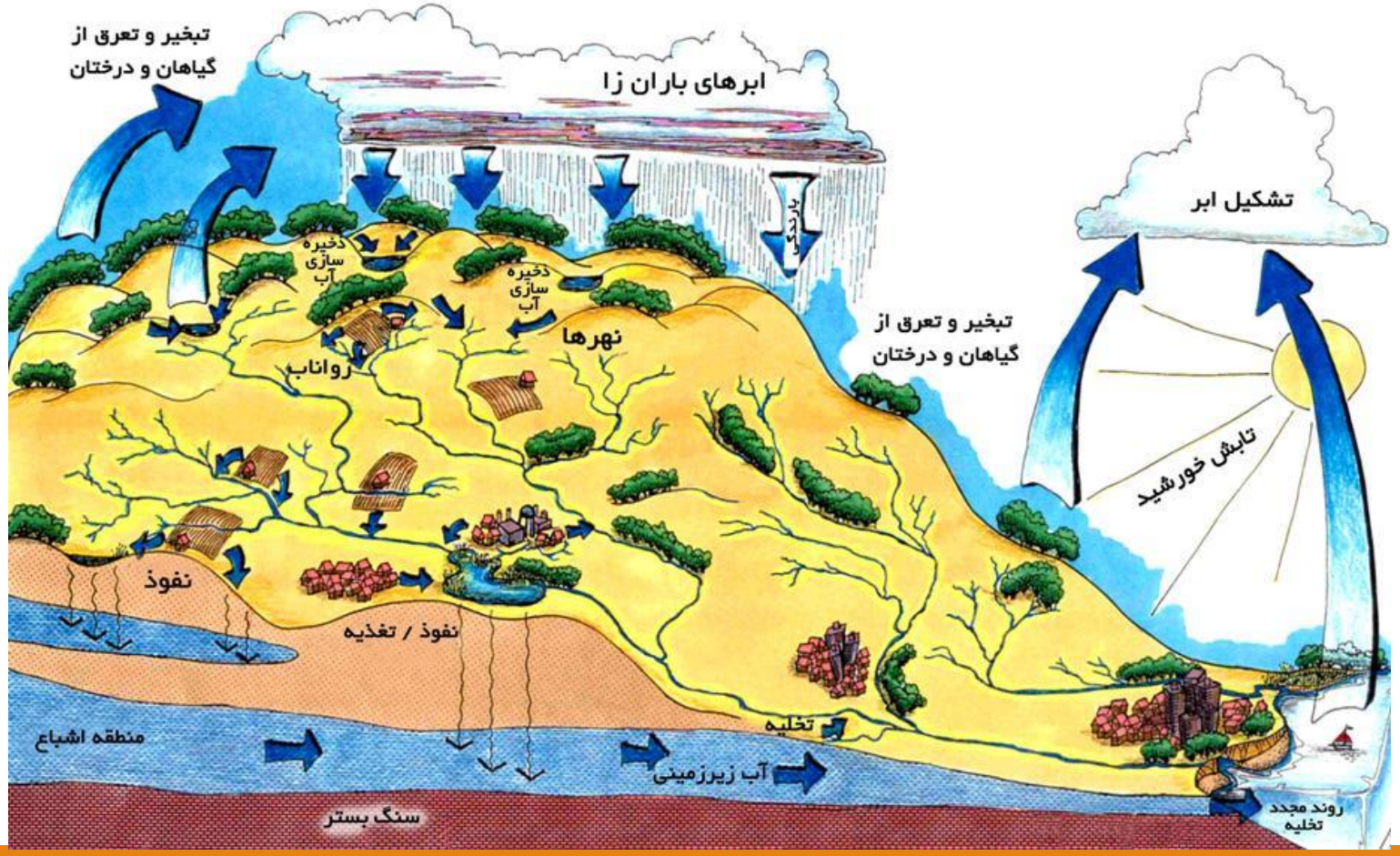
۲- چرخه کربن

۳- چرخه نیتروژن

۴- چرخه فسفر

۱- چرخه آب:

تبادل آب در زیست کره نشان می دهد .بدین ترتیب که آب از سطح دریاها و خشکی ها تبخیر شده وارد اتمسفر می گردد و سپس دوباره بخار آب وارد شده به جو طی فرایندهای گوناگونی بصورت نزولات جوی به سطح زمین یا روی دریاها فرود می آید .



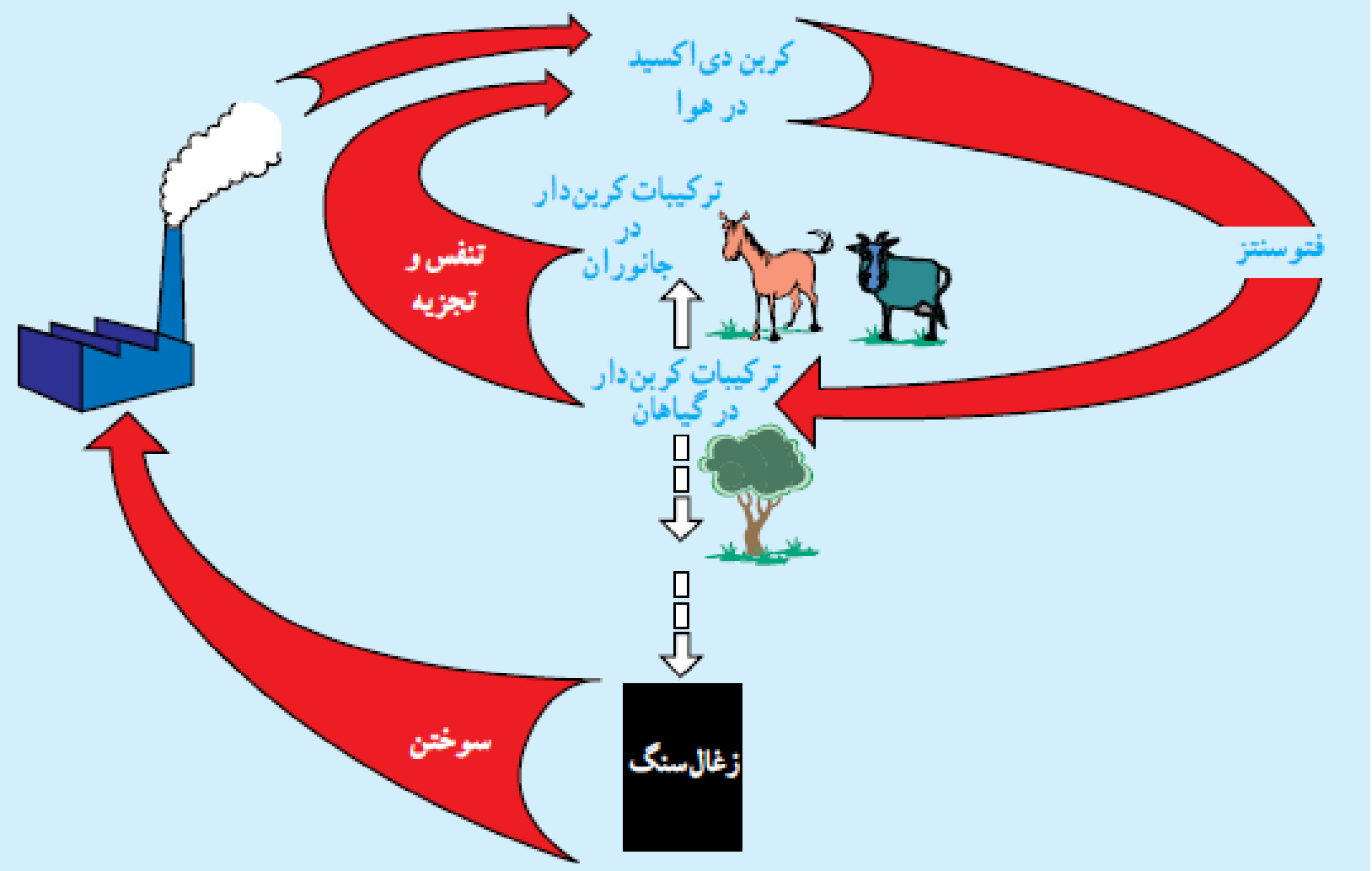
۲- چرخه کربن:

این چرخه تبادل کربن بین جانداران و محیط را نشان می دهد. مصرف دی اکسید کربن توسط گیاهان با رابطه زیر بیان می شود.

$$CO_2 + 6H_2O + Esun \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

تنفس جانداران و تجزیه گیاهان نیز تولید مجدد دی اکسید کربن می کند

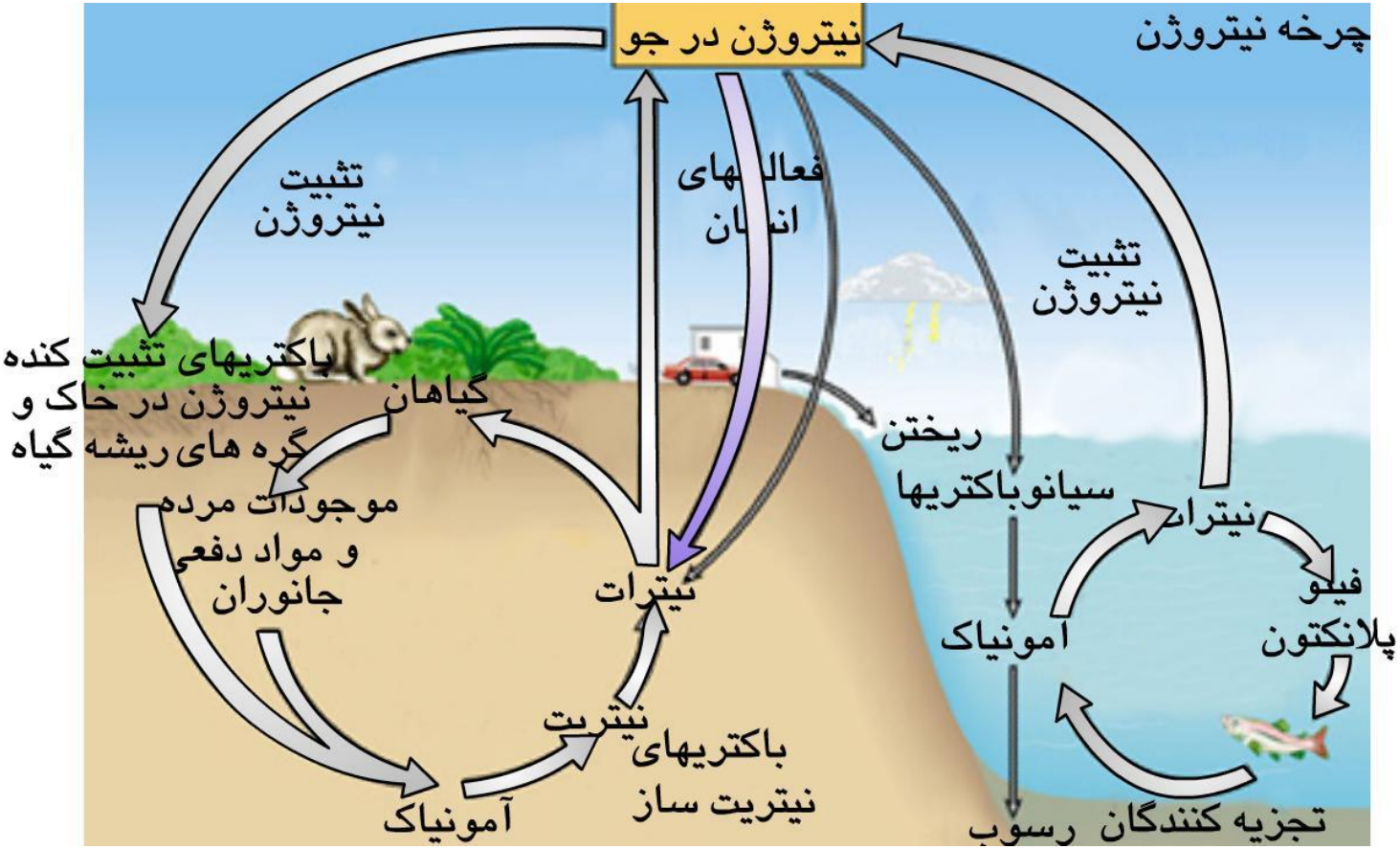
$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow CO_2 + 6H_2O + Energy$$


کربن دی‌اکسید
در هوا
ترکیبات کربن‌دار
در
جانوران
فتوسنتز
تنفس و
تجزیه
ترکیبات کربن‌دار
در گیاهان
سوختن
زغال‌سنگ

چرخه کربن

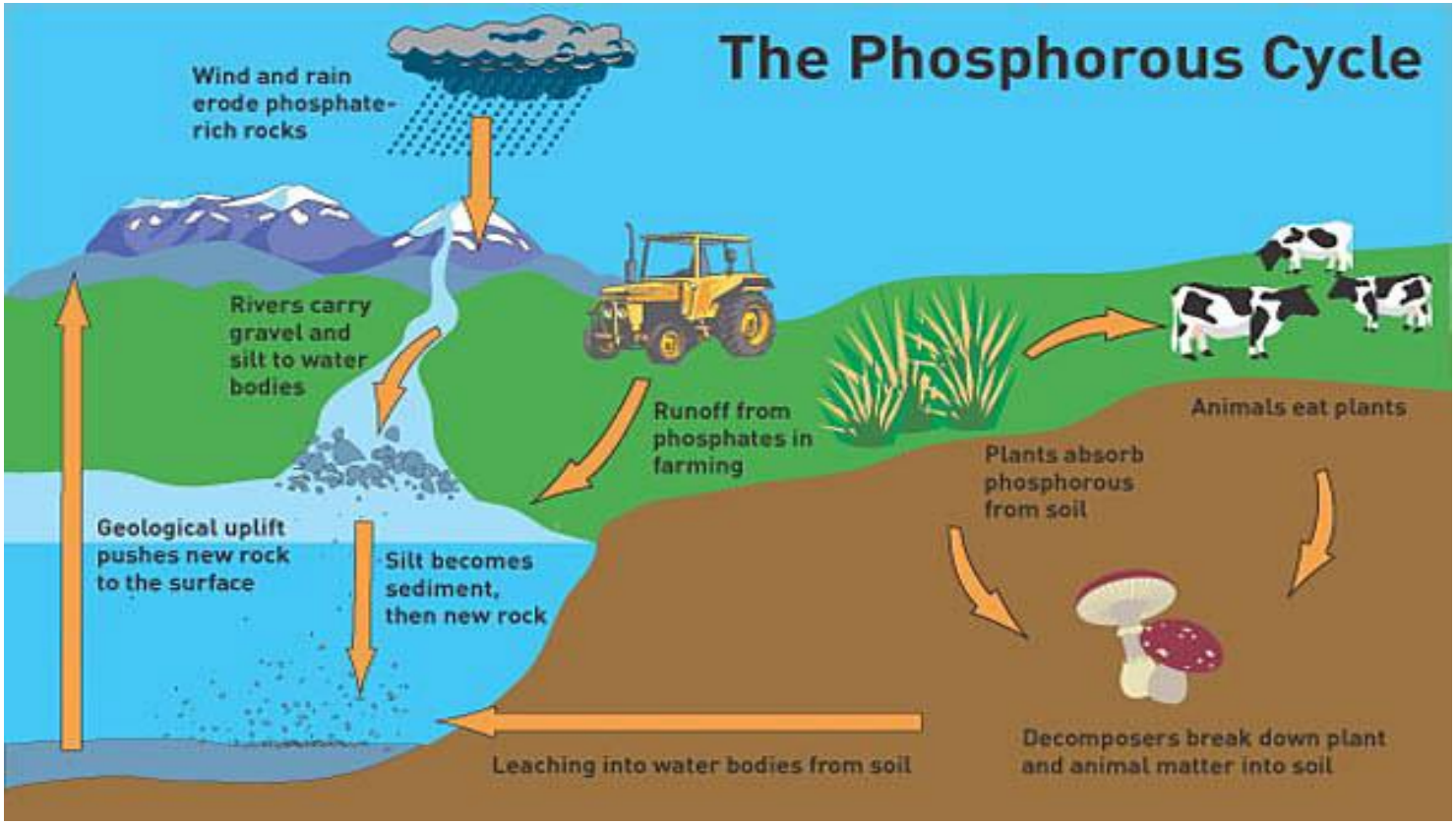
۳- چرخه نیتروژن:

این چرخه تبادل نیتروژن بین جانداران و محیط را نشان می دهد. به بیان دیگر: به گردش مداوم نیتروژن بین خاک، آب، هوا و موجودات زنده چرخه نیتروژن می گویند .



۴- چرخه فسفر:

این چرخه تبادل فسفر را بین جانداران و محیط نشان می دهد .



چرخه	عامل انسانی	تاثیر زیست محیطی
کربن	قطع درختان، سوخت های فسیلی	گرم شدن کره زمین
نیتروژن	کودهای شیمیایی و سوخت های فسیلی	باران های اسیدی و پدیده مغذی سازی
فسفر	مودهای شیمیایی و مواد شوینده	پدیده مغذی سازی

نوع آلاینده	٪ تولید	
	طبیعی	فعالیت انسان
نیتروژن	۵۰	۵۰
کربن	۹۵	۵
هیدروکربن	۸۴	۱۶
آرسنیک	۲۵	۷۵
کادمیم	۱۰	۹۰
جیوه	۴	۹۶

فصل دوم: آلودگی آب

آلودگی محیط زیست (اصلی)

تعریف آلودگی:

به طور کلی آلودگی یعنی اضافه شدن یک ماده توسط فعالیت های انسان به محیط زیست که باعث صدمه زدن به سلامت انسان یا آسیب رسیدن به اکوسیستم طبیعی می شود.

تقسیم بندی آلودگی بر اساس مقیاس جغرافیایی:

آلودگی محلی (local)

آلودگی منطقه ای(regional)

آلودگی جهانی(global)

استانداردهای زیست محیطی:

استانداردهای کیفی Quality Standard

- 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

استانداردهای انتشار آلاینده Emission Standard:

مثلا استاندارد انتشار حداکثر مقدار مجاز آلاینده های فاضلاب صنایع به آبهای سطحی

- استاندارد نشر اروپا که حداکثر مقدار مجاز آلودگی های خارج شده از اگزوز اتومبیل ها را تعیین می کند. شامل انتشار اکسیدهای نیتروژن(NOx) ، هیدروکربن‌ها(THC) ، هیدروکربن‌های بدون متان(NMHC) ، مونوکسید کربن (CO) و ذرات معلق (PM)

- استاندارد نشر آمریکا که توسط آژانس حفاظت محیط زیست برای تعیین حد مجاز نشر آلودگی توسط اتومبیل ها می باشد.

- استاندارد خروجی فاضلاب به محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست

استانداردها باید پویا باشند (با گذشت زمان تغییر کنند)

دلیل:

۱- تعریف استانداردهای جدید (حدود یا مواد جدید) با پیشرفت علم و انجام تحقیقات بیشتر

۲- پایش های زیست محیطی و ارزیابی نتایج حاصل از اجرای استاندارد و بازخورد آن

Clean water is essential to all living things. Water is life and our lives depend on how we protect the quality of our water.
WE NEED STANDARDS!

(آلودگی آب)

کاربردهای آب:

۱- زیبایی و تفریح

۲- شرب و سایر مصارف عمومی شهری

۳- کشاورزی

۴- صنعت

۵- حیات آبزیان

"SAFE DRINKING WATER FROM ANY SOURCE, ANYWHERE"

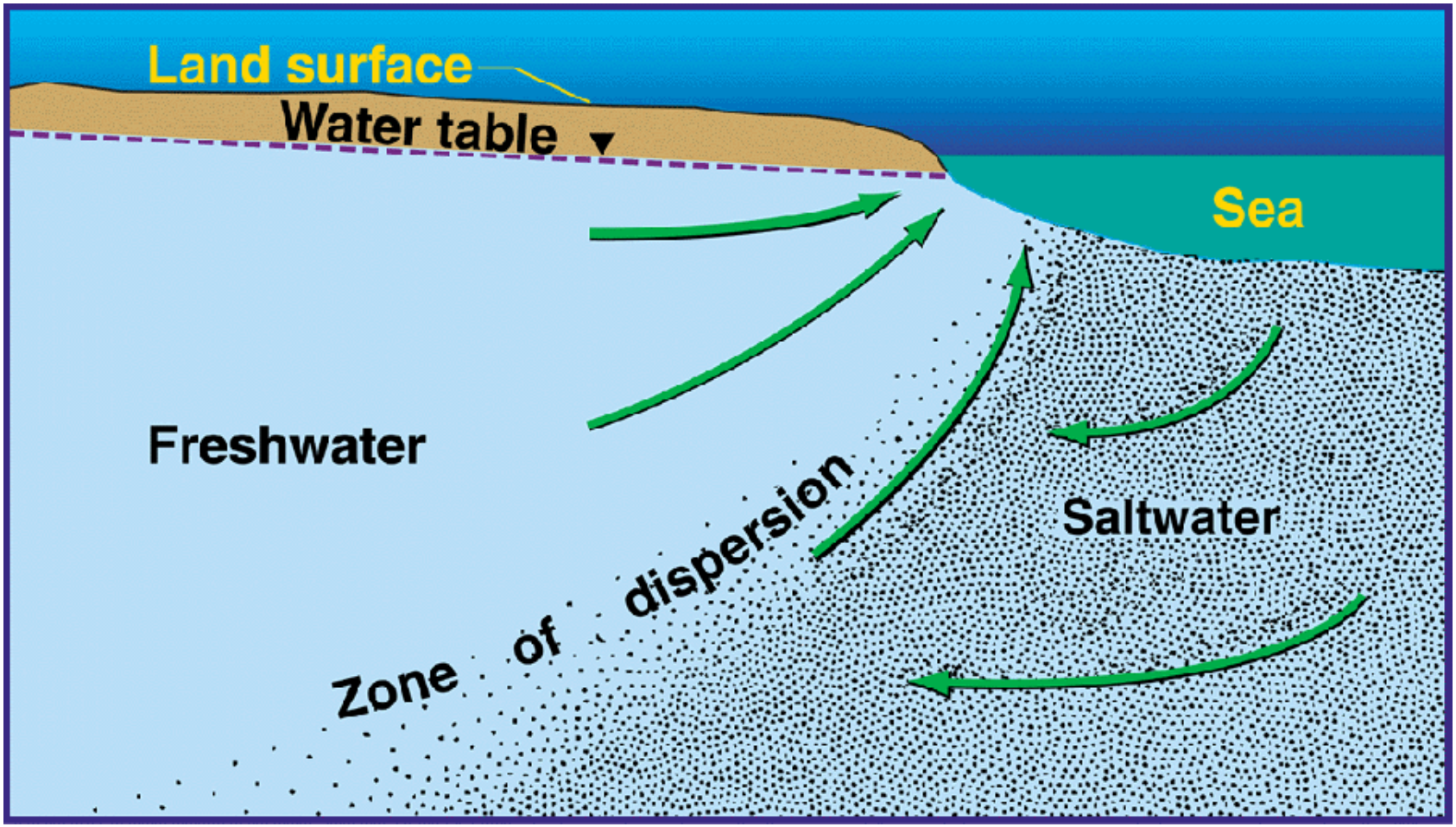
آلودگی آب:

هر تغییر فیزیکی، شیمیایی و یا بیولوژیکی در کیفیت آب که زندگی موجودات زنده را تحت تاثیر قرار دهد یا آب را برای کاربری مورد نظر نامناسب کند به عنوان آلودگی آب تلقی می شود .

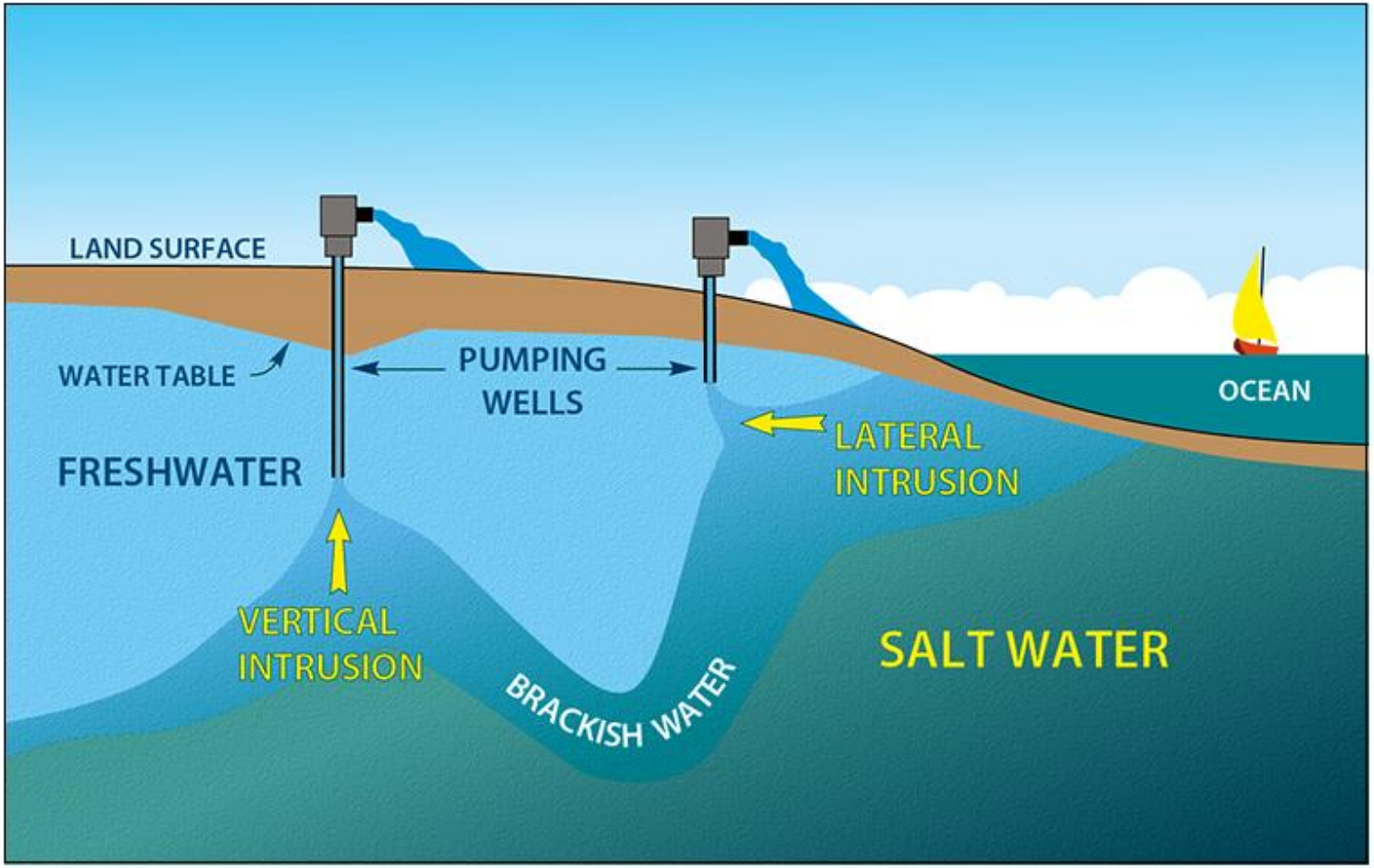
آلودگی نقطه ای ناشی از خروج فاضلاب از لوله فاضلاب

۱- آلودگی نقطه ای

۲- آلودگی غیر نقطه ای (گسترده)



نفوذ آب شور در آبخوان های ساحلی



نفوذ آب شور و ورود آن به چاهها

انواع و اثرات آلاینده های آب:

- زباله های متقاضی اکسیژن
- عوامل بیماری زا
- مواد مغذی
- ترکیبات آلی مصنوعی
- نفت
- مواد شیمیائی معدنی و کانی ها
- رسوبات
- مواد رادیو اکتیویته
- گرما
- پسماندهای جامد

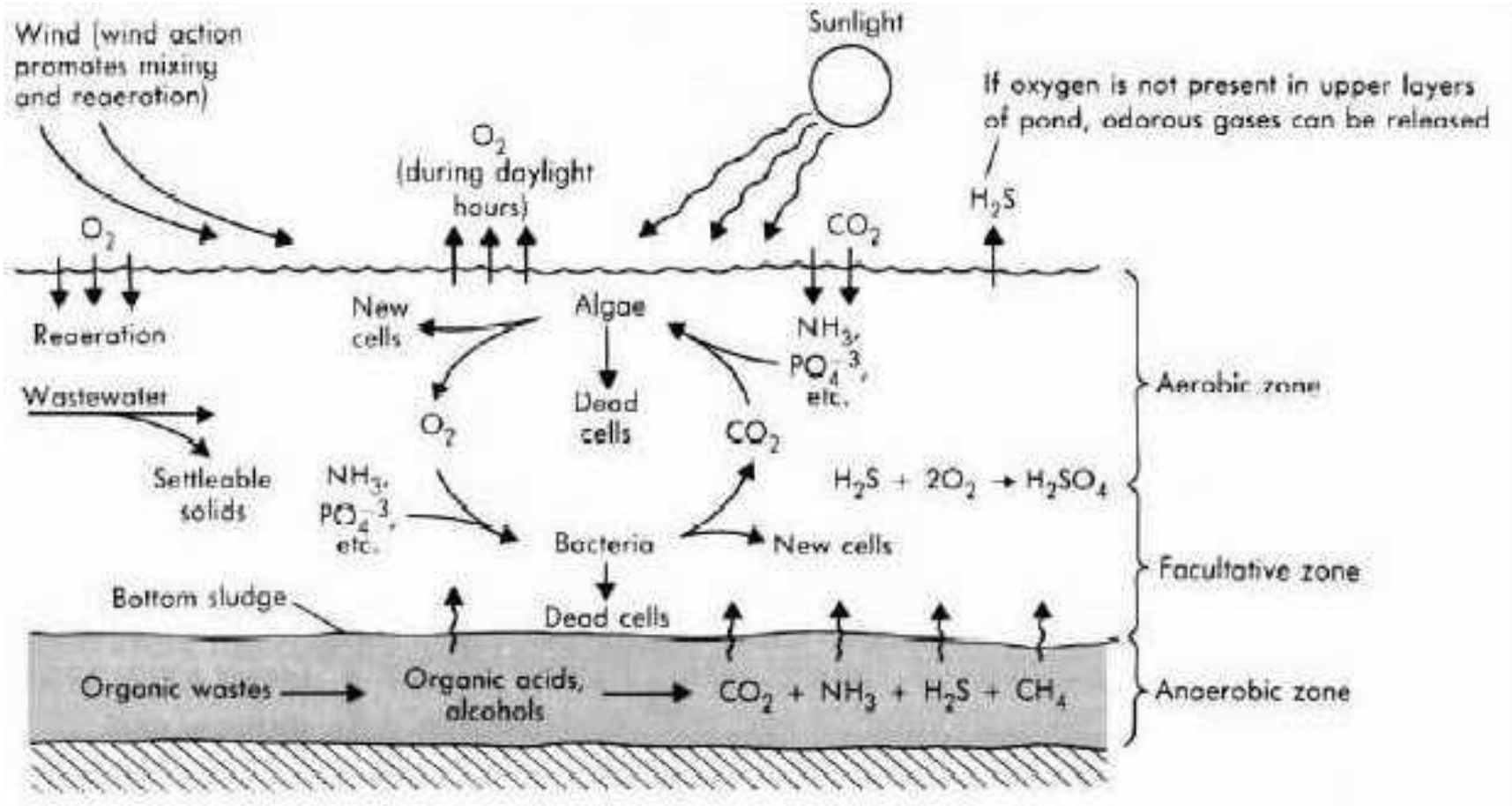
زباله های متقاضی اکسیژن (اکسیژن خواه)

زباله های آلی خصوصاً فاضلاب خانگی و حیوانی، زباله های صنعتی ناشی از فعالیتهای کارخانجات کاغذ سازی، چرم سازی ، فاضلاب کشتارگاهها و گیاهان و ...

باکتریهای هوازی با استفاده از اکسیژن موجود در آب می توانند ترکیبات آلی پیچیده را به اجزاء ساده و عموماً بی خطر تری مثل CO_2 یونهای NO_3^- و SO_4^{-2} تبدیل کند.

در صورتی که اکسیژن محلول در آب خیلی پایین باشد با کتریهای بی هوازی فرآیند تجزیه مولکول های آلی بزرگ را به مواد ساده نسبتاً مضری مثل CH_4 ، NH_3 ، H_2S در آب بعهده می گیرند. این مواد باعث ایجاد بوی بد در آب می شوند.

عمدتا منشا این نوع آلودگی ها ورود فاضلاب به آب می باشد.


Wind (wind action promotes mixing and reaeration)
Sunlight
If oxygen is not present in upper layers of pond, odorous gases can be released
O_2 (during daylight hours)
H_2S
O_2
CO_2
Reaeration
New cells
Algae
NH_3, PO_4^{-3}, etc.
Wastewater
Dead cells
O_2
CO_2
Aerobic zone
Settleable solids
NH_3, PO_4^{-3}, etc.
$H_2S + 2O_2 \rightarrow H_2SO_4$
Bacteria
New cells
Facultative zone
Bottom sludge
Dead cells
Organic wastes
Organic acids, alcohols
$CO_2 + NH_3 + H_2S + CH_4$
Anaerobic zone

عوامل بیماری زا

۱- بیماریهایی که املاح محلول در آب علت اصلی آن را تشکیل می دهند:

گوا تر:

اگر مقدار ید در آب کمتر از ۲ میکرو گرم در لیتر باشد و یا زمانی که نیاز به عنصر ید (۱۰۰ میکرو گرم در روز) از طریق غذا و آب تأمین نشود ، بیماری گواتر حادث می شود.

پوسیدگی دندان:

چنانچه میزان فلوئور موجود در آب آشامیدنی کمتر از یک میلی گرم در لیتر باشد موارد پوسیدگی دندان بطور قابل ملاحظه ای بالا خواهد بود.

فلوئوروزیس دندان:

چنانچه میزان فلوئور در آب شرب بیش از ۲ تا ۳ میلی گرم در لیتر باشد در دوره کلسیم سازی دندان یعنی در سنین صفر تا ۱۲ سالگی باعث پیدایش دانه ها و لکه های متعدد در مینای دندان می گردد.

آرژیریا:

وجود بیش از ۲ میلی گرم نقره در هر لیتر آب و ورود دائمی نقره بوسیله آب آشامیدنی به بدن باعث بروز بیماری آرژریا می گردد. این مسمومیت همراه با کبودی پوست و تغییر رنگ پلکهای چشم بوده و بالاخره شخص مسموم در اثر عوارض جانبی خواهد مرد.

بیماری مت هموگلوبینمیا (سندروم بچه آبی):

مصرف آب هایی که بیش از ۵۰ میلی گرم در لیتر یون نیترات دارد مخصوصآ در اطفال باعث بروز بیماری مت هموگلوبینمیا می گردد که ناشی از ترکیب این یون با هموگلوبین خون و پیدایش مت هموگلوبین می شود .

بیماری قلب و عروق و بیماری مغز و عروق:

چنانچه سختی آب (سولفات ، کربنات ، بی کربنات و کلرور کلسیم و منیزیم) کمتر از ۱۵۰-۱۰۰ میلی گرم در لیتر باشد بیماریهای قلبی و عروقی و بیماری های مغزی را ایجاد می کند.

مسمومیت سربی:

سرب ممکن است همراه فاضلاب صنعتی و یا از انحلال لوله های سربی که سابقاً در لوله کشی مورد استفاده قرار می گرفت وارد آب شود. سرب در بدن ممکن است داخل ترکیب استخوان و جایگزین کلسیم شود. کم اشتهایی، کم خونی و فلج تدریجی بدن، خط آبی در محل اتصال دندان ها به لثه ازعلایم مسمومیت با سرب است که نهایتاً منجر به مرگ می شود.

بیماری میناماتا:

بیماری خطرناک در بین مردمی از خلیج میناماتا در جنوب غربی ژاپن. اختلالات دستگاه اعصاب مرکزی. نتیجه مطالعات و تحقیقات دانشمندان این بود که جیوه موجود در آب خلیج در بدن ماهی ها تجمع یافته و مردم در اثر خوردن ماهی دچار مسمومیت شده اند.

بیماری میناماتا

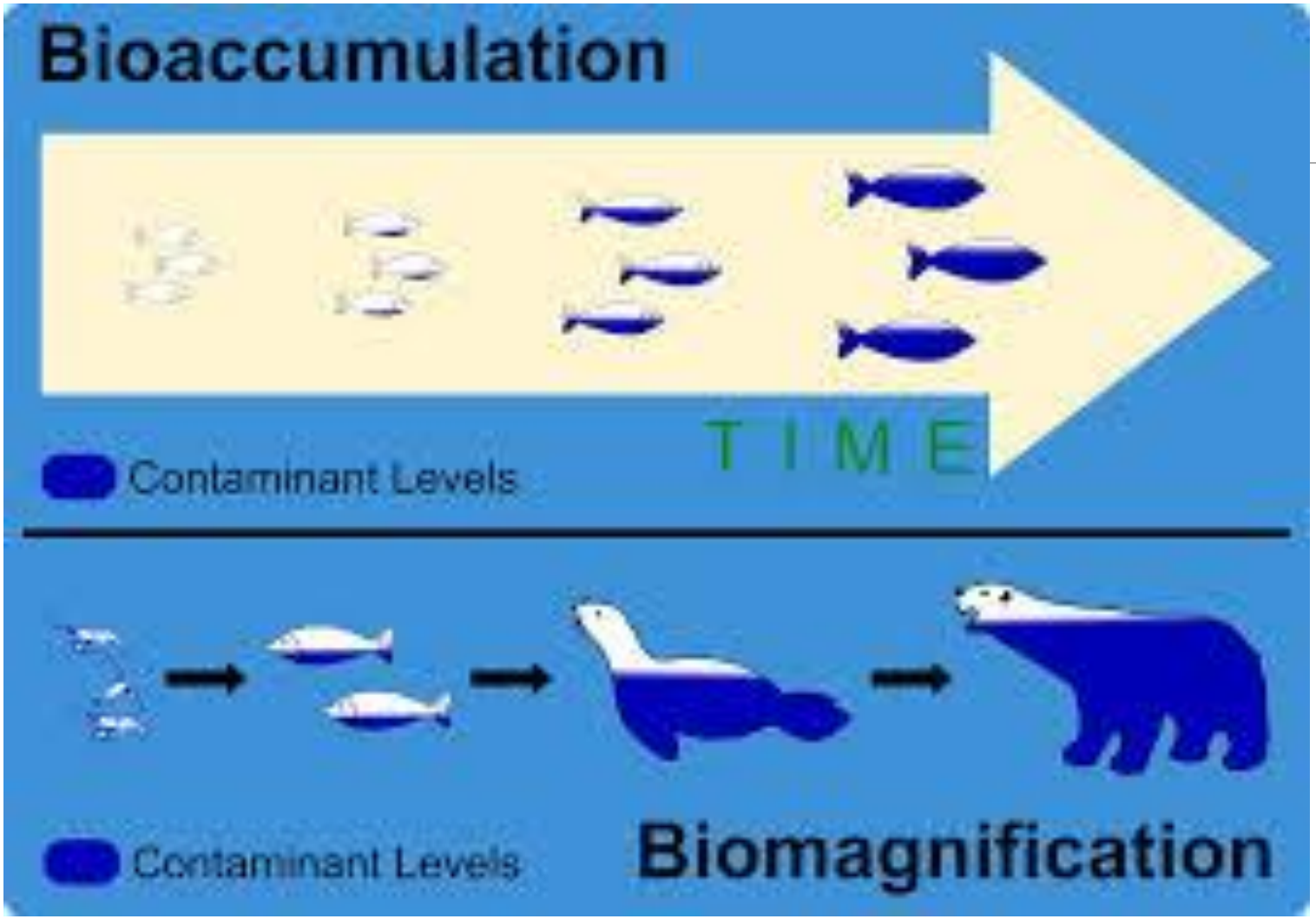
آرسنیک:

از عناصری که در بدن تجمع کرده و سرطان زا به شمار می آید. آرسنیک از طریق فاضلاب های صنعتی داخل آبها شده و در بعضی سموم کشاورزی نیز وجود دارد .

غلظت بیشتر از ۰/۲ میلیگرم در لیتر آرسنیک باعث بیماری می شود.

مسمومیت به آرسنیک باعث بیماری آرسنیکوزیس (تخریب سیستم عروقی) می شود.

فرایندی که باعث افزایش غلظت ماده آلاینده به ویژه فلزات سمی در بدن جانداران مختلف می شود را تجمع سازی یا BIOACCUMULATION می نامند.


Bioaccumulation
TIME
Contaminant Levels
Contaminant Levels
Biomagnification

بیماری آرسنیکوزیس (اختلال در گردش خون در دست و پاها)

۲- بیماری هایی که بطور مستقیم بوسیله آب منتقل می گردند:

الف) بیماری های ناشی از باکتری های موجود در آب شامل حصبه ، وبا ، شـبه وبـا و اسهال.

ب) بیماری های ویروسی ناشی ازآب. مهمترین بیماری های با منشاء ویروسی عبارتند از: مننژیت، هپاتیت، آنفولانزا و فلج اطفال.

۳- بیماری هایی که بطور مستقیم بوسیله آب منتقل نمی گردند:

بیماری های انگلی

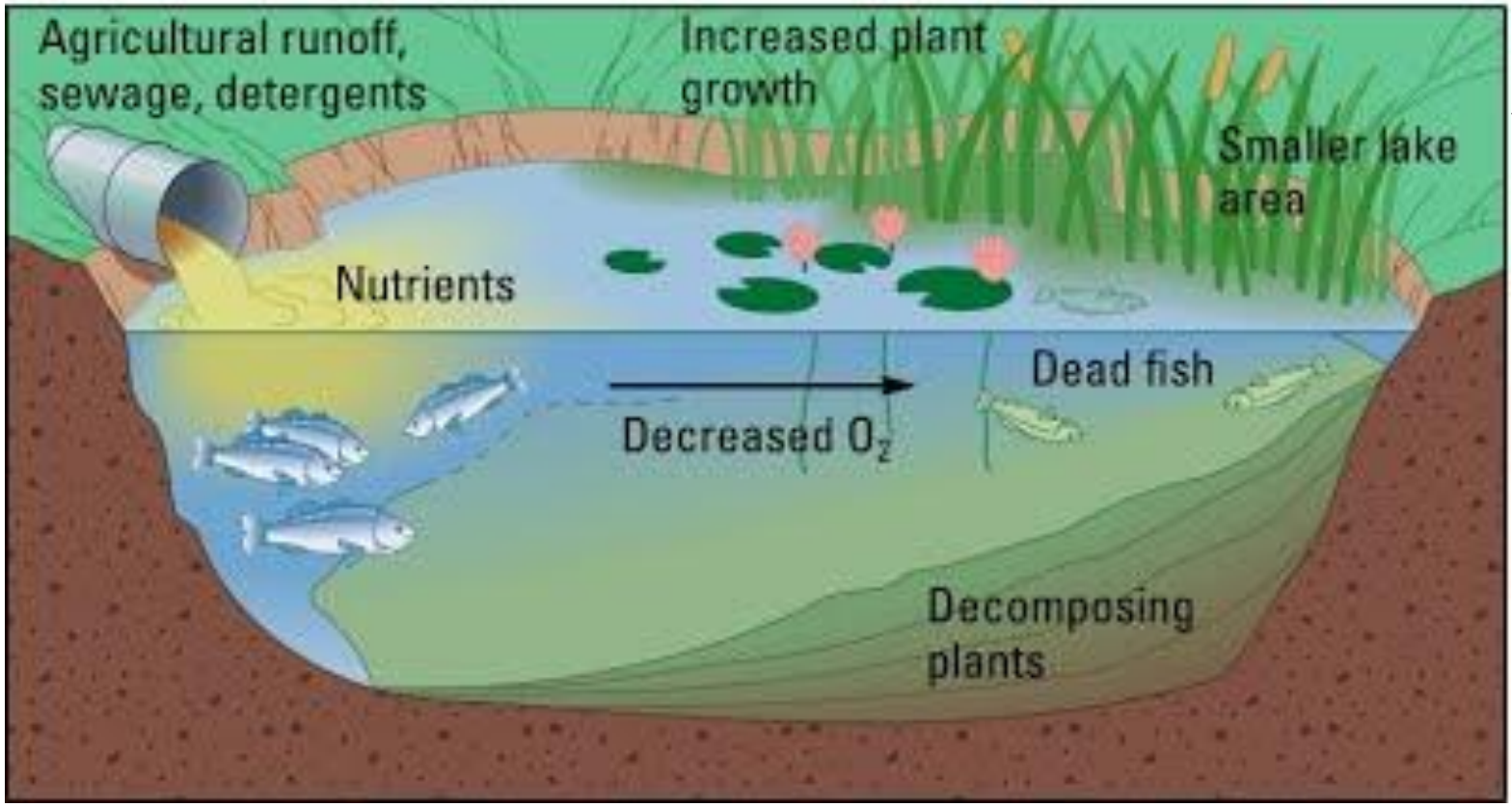
بیماری های با منشا انگلی مثل مالاریا، پیوک و بیماری کوری رودخانه ای.

مواد مغذی:

منظور از مواد مغذی ترکیبات فسفر و نیتروژن است که به روشهای مختلفی می تواند وارد آب شده و آب را آلوده کند. این ترکیبات وقتی که در آب وارد می شوند به رشد جلبکهـا کمـک نمـوده و باعث بهم خوردن تعادل اکوسیستمها می شوند.

پدیده مغذی سازی:

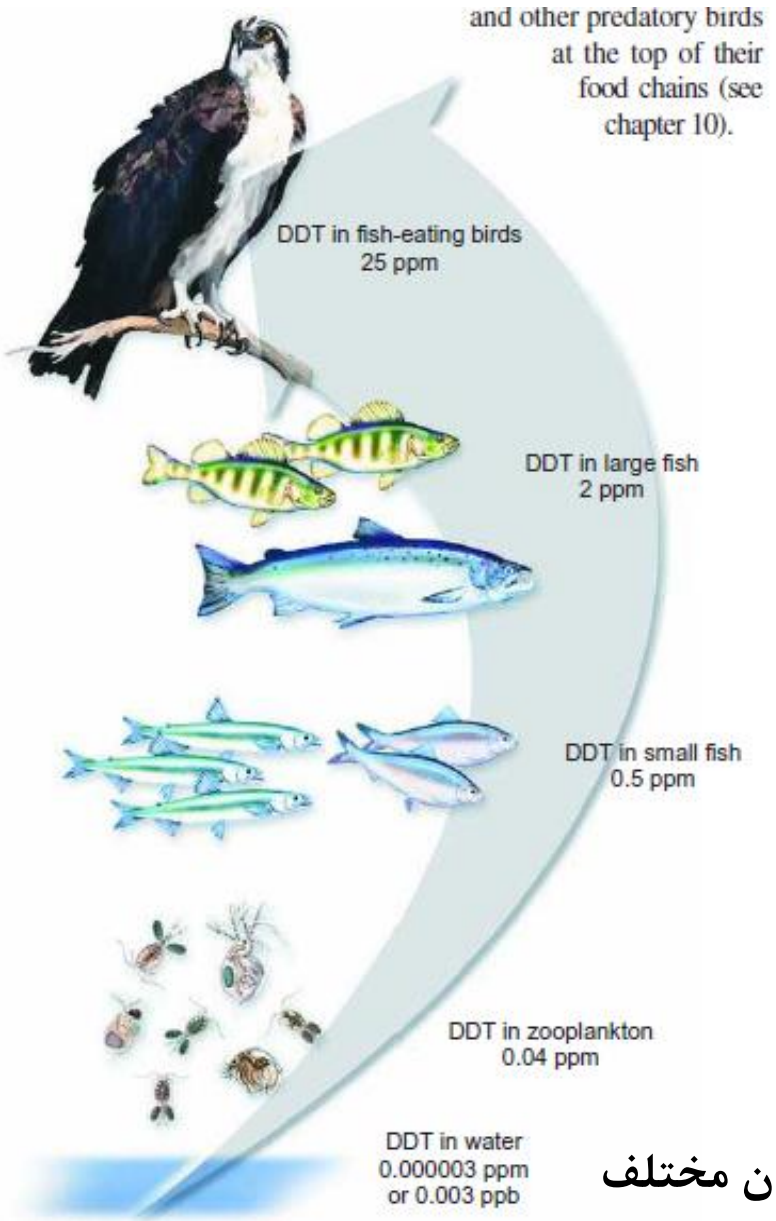
(نیتروژن، فسفر، نور خورشید و دی اکسیدکربن)


Agricultural runoff, sewage, detergents
Increased plant growth
Smaller lake area
Nutrients
Dead fish
Decreased O_2
Decomposing plants

رشد جلبک در سطح آب و مرگ ماهی ها به دلیل پدیده مغذی سازی

مواد آلی مصنوعی:

شوینده ها و مواد آفت کش، حشره کش ها و علف کشها باعث تغییراتی در بو ، مزه و رنگ آب شده و باعث مسمومیت آب و خطر برای جانوران و گیاهان می شوند.
یکی از مهمترین آفت کش هایی که قبلا استفاده می شده سم DDT بوده که به دلیل خاصیت تجمعی بودنش خطرات زیادی بر جانداران مختلف دارد.



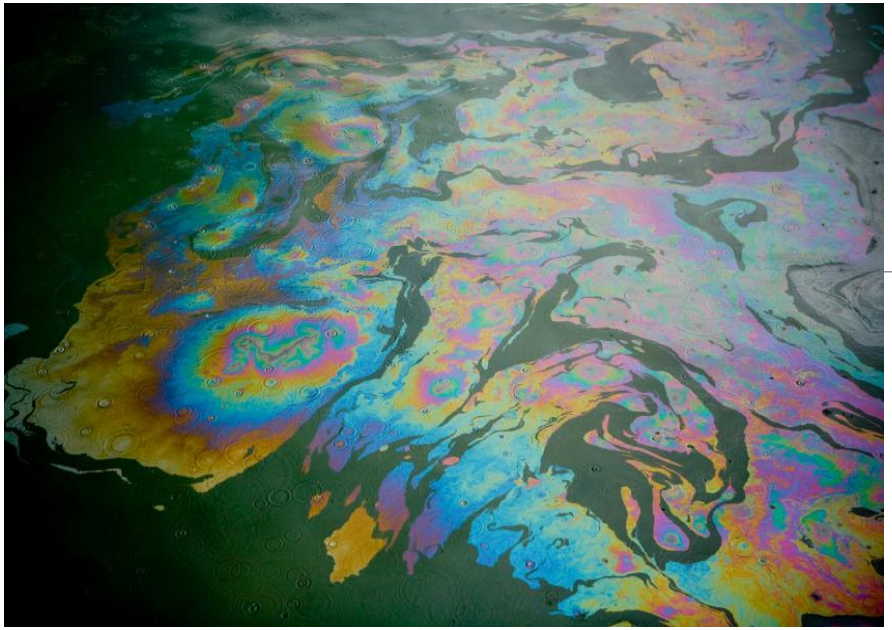
پدیده افزایش غلظت DDT در زنجیره غذایی جانداران مختلف

نفت (مهترین آلودگی زیست محیطی در اکوسیستم های آبزی)

مهمترین عوامل آلودگی نفتی آب دریاها می باشد.

- تخلیه مخازن حاوی ضایعات نفتی نفت کشها به دریا
- غرق شدن نفت کش ها
- فوران نفت و روغن به هنگام حفاری های اکتشافی نفت
- انفجار چاههای نفت و دستگاههای استخراج نفت
- فرسودگی لوله های انتقال نفت
- ریختن زباله و پسماندهای صنایع نفتی مستقر در سواحل دریاها

تابش خورشید و تبخیر نفت



لکه های نفتی روی آب

مشکلات ایجاد شده برای پلیکان ها در اثر ورود نفت به خلیج مکزیک در سال ۲۰۱۰ میلادی

مواد شیمیائی معدنی و کانی ها :

مواد شیمیائی معدنی و کانی نمکهای معـدنی و اسـیدهای معـدنی و ترکیبـات فلزی که در حضور آب باعث اسیدی شدن آب، شـوری آب و سـمی شـدن آب می شوند جزء آلاینده های آب هستند.

اسیدی شدن: (مثل باران اسیدی) استخراج معادن سـولفید FeS2و عبـور آب از رگـه های این معادن بطور طبیعی یا از طریق فرایند های مصنوعی باعث افزایش اسیدیته آب می گردد .

شوری: فاضلابهای صنعتی، حمل مواد معدنی توسط آبیاری و غیره باعث شوری آب می شود. همچنین استفاده از نمک در شاهراهها و شستشوی آن باعث شـوری آبهـا مـی شـود.

سمیت: فلزات سنگین باعث سمیت آب می شوند. جیوه، سرب، کادمیوم، کـرم و نیکل از جمله این عناصـر هسـتند. بـا جمـع شـدن در مـدت طـولانی در بـدن موجودات زنده باعث سمیت و نهایتاً مرگ موجود زنده می شوند.

رسوبات :

تأثیرات زیان آور رسوبات عبارتست از:

- مشکلات مربوط به لایروبی کانالها، چشمه ها، بنادر و مخازن
- نابودی جانوران آبزی و از بین بردن زیستگاه آنها
- کاهش نفوذ نور به داخل آب و کاهش فرایند فتو سنتز
- کدورت آب و افزایش هزینه تصفیه آن

ورود رسوبات به دریاچه

مواد رادیواکتیو:

مهمترین منشاء تولید مواد رادیواکتیو عبارتند از:

- استخراج از معدن و فرآیند هایی روی سنگ معدن دارای رادیو اکتیو سودمند
- استفاده از مواد رادیو اکتیو در سلاحهای هسته ای
- استفاده از مواد رادیو اکتیو در تولید انرژی هسته ای (نیرو گاهها ی هسته ای – اتمی)

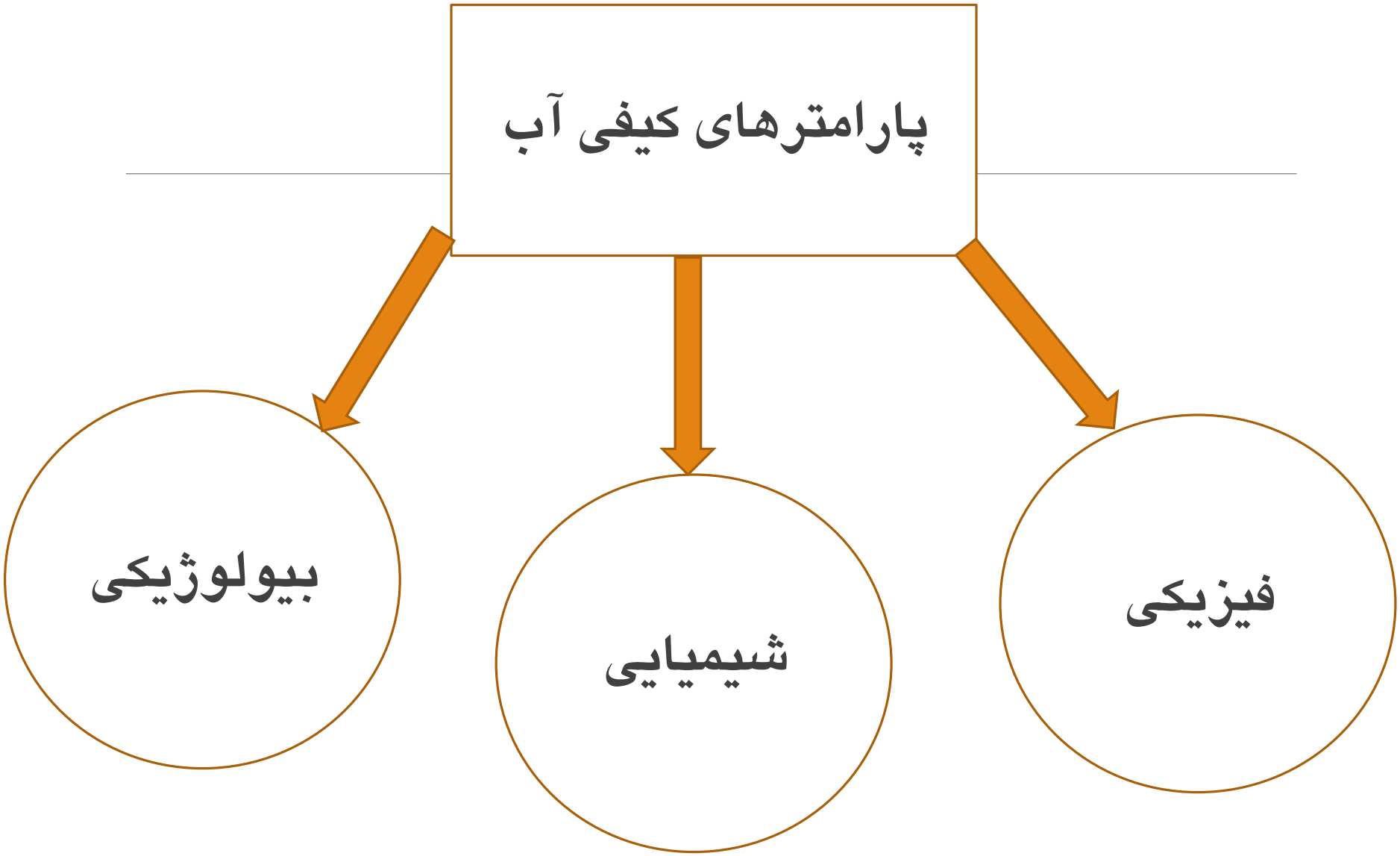
حرارت:

اثرات افزایش حرارت در آبهای طبیعی:

- میزان اکسیژن محلول در آب را کاهش می دهد (DO)
- سرعت واکنشهای شیمیایی را افزایش می دهد
- درجه حرارت نامناسب برای زندگی آبزیان تولید می شود

پسماندهای جامد

پسماند های غذائی، نخاله های ساختمانی، خاکستر و مواد باقی مانده جامد قابل اشتعال و غیر قابل اشتعال مثل پلاستیک، چرم و منسوجات و... و مواد زائد جامد و نیمه جامد ناشی از عملیات تصفیه آب (لجن و غیره)


پارامترهای کیفی آب
بیولوژیکی
شیمیایی
فیزیکی

پارامترهای کیفی آب

Parameter	WHO Limit (2004)
pH	6.5 – 8.5
T (°C)	15
EC (µs/cm)	750
Ca^{2+} (mg/l)	75
Mg^{2+} (mg/l)	30
Na^{+} (mg/l)	200
K^{+} (mg/l)	100
NH_4^{+} (mg/l)	0.2
Cl^{-} (mg/l)	250
NO_3^{-} (mg/l)	10
SO_4^{2-} (mg/l)	250
HCO_3^{-} (mg/l)	200
HPO_4^{2-} (mg/l)	0.30
Total Hardness(TH)	100

حد مجاز پارامترهای کیفی آب بر اساس استانداردها وضع می شود.

پارامترهای فیزیکی کیفیت آب
(Physical Quality Parameters)

آن دسته از خصوصیات آب است که بوسیله حواس بینایی، لامسه، چشایی و یا بویایی قابل تشخیص می باشند.

پارامترهای فیزیکی کیفیت آب شامل:

۱- مواد جامد معلق (total suspended solid)

۲- کدورت (Turbidity)

۳- رنگ (Color)

۴- طعم و بو (Taste & Odor)

۵- درجه حرارت (Temperature)

۱– مواد جامد معلق (TSS):

مواد جامد (total solid) شامل:

- مواد جامد معلق (total suspended solid) و
- مواد جامد محلول (total dissolved solid)

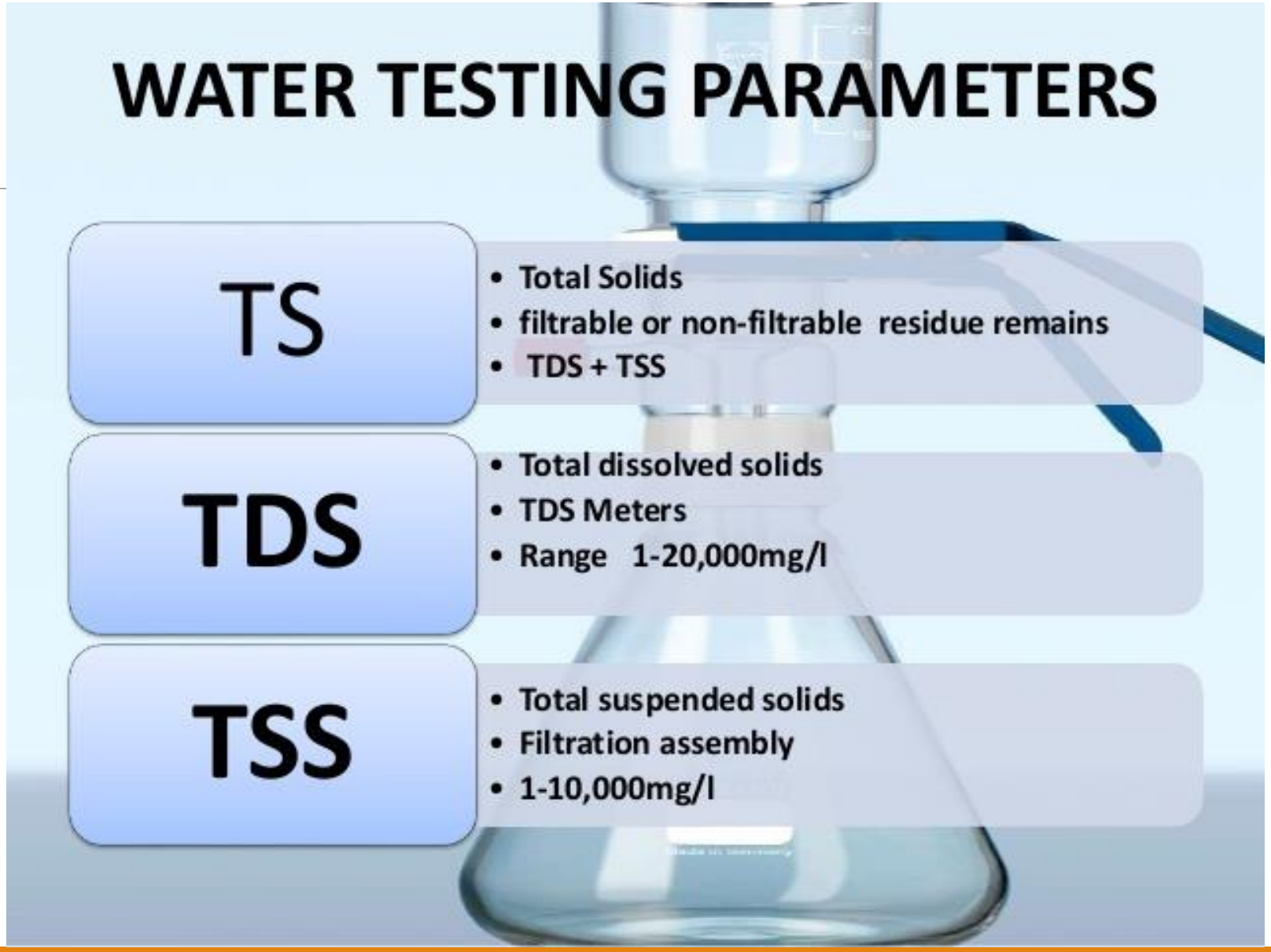
ذرات جامد معلق :

- ذرات آلی (organic matter)
- معدنی (mineral matter).

جامدات محلول+جامدات معلق= جامدات کل

TS=TSS+TDS

WATER TESTING PARAMETERS



TS

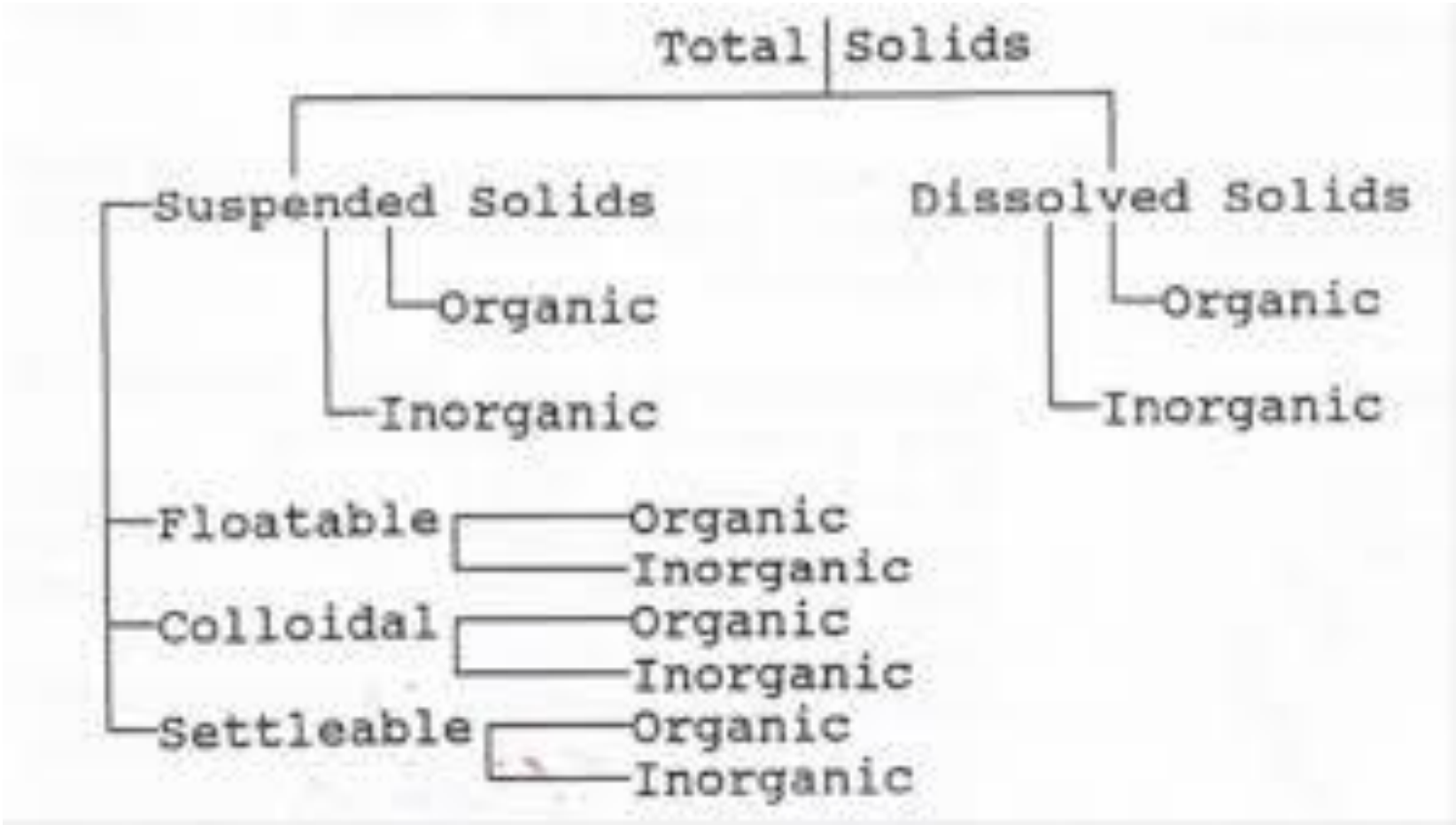
- Total Solids
- filtrable or non-filtrable residue remains
- TDS + TSS

TDS

- Total dissolved solids
- TDS Meters
- Range 1-20,000mg/l

TSS

- Total suspended solids
- Filtration assembly
- 1-10,000mg/l


Total Solids
Suspended Solids
Organic
Inorganic
Dissolved Solids
Organic
Inorganic
Floatable
Organic
Inorganic
Colloidal
Organic
Inorganic
Settleable
Organic
Inorganic

منشا ایجاد جامدات معلق:

- فرسایش خاک توسط باد یا آب،
- ریشه گیاهان و جامدات بیولوژیکی،
- فاضلاب شهری و صنعتی

اثرات:

۱- این مواد از نظر زیبایی به آب لطمه می زنند؛

۲- محلهایی را برای جذب سطحی مواد شیمیایی و بیولوژیکی به وجود می آورند. در نتیجه فرایندهای تصفیه آب پرهزینه تر خواهد شد.

۳- جامدات معلق آلی ممکن است به صورت بی هوازی مورد تجزیه قرار گیرند و نهایتاً مواد جانبی نامطبلوبی را به وجود آورند.

۴- جامدات معلق فعال از نظر بیولوژیکی ممکن است شامل ارگانیسمهای بیماریزا نظیر ارگانیسمهایی که در زنجیره های جلبک تولید کننده سم هستند، باشند.

اثرات جامدات معلق (ادامه)

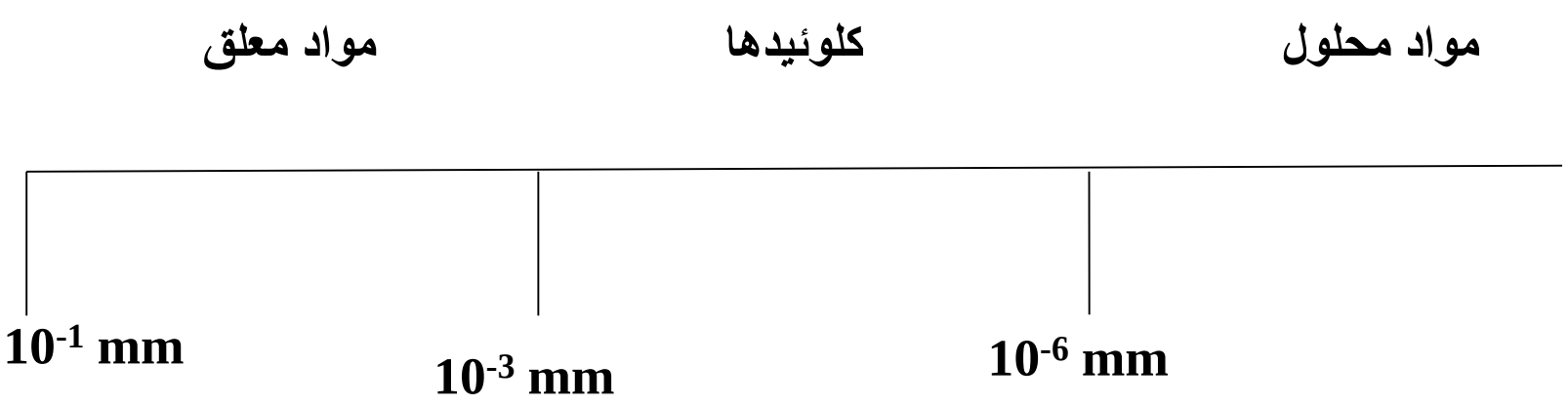
۵- محدودیت استفاده از آب برای مقاصد کشاورزی و صنعتی

۶- افزایش دانسیته آب و کاهش حلالیت گازها به ویژه اکسیژن

۷- افزایش رسوبات در بستر رودخانه ها و کاهش عمق آب

اندازه گیری:

آزمایش وزن سنجی (اندازه گیری جرم رسوب)



۲– کدورت:

کدورت معیاری برای میزان جذب نور و یا پراکندکی نور توسط مواد معلق در آب است

منشا ایجاد کدورت:

- فرسایش مواد کلوئیدی نظیر خاک رس، لای، خرده سنگ ها
- اکسید های فلزی خاک
- ریشه های گیاهی و میکروارگانیزم ها.
- فاضلابهای صنعتی و خانگی
- صابون ها و شوینده ها

اثرات کدورت:

۱- مواد کلوئیدی کدورت زا سطوحی را برای جذب ارگانیسمهای بیولوژیکی و یا مواد شیمیایی مضر و یا عامل طعم و بوی نا مطبوع فراهم می کنند.

۲- گند زدایی آبهای کدر به علت خواص جذبی برخی از کلوئیدها و حفاظت از میکروارگانیسمها در برابر مواد گند زدا، عملی مشکل به شمار می رود.

۳- تجمع ذرات کدورت زا در بسترهای متخلخل آب منجر به ته نشینی موادی می گردد که می توانند اثرات سوئی بر گیاهان و جانوران آبزی بگذارند .

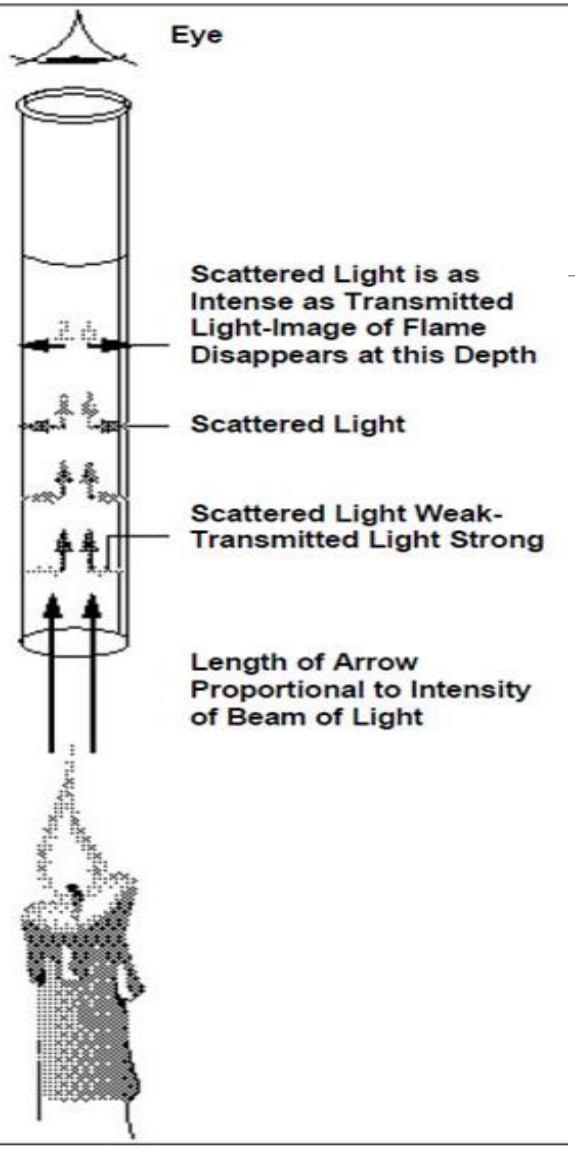
۴- کدورت آب باعث افزایش دمای آب شده، در نتیجه اکسیژن محلول در آب کاهش یافته و فتوسنتر گیاهان کم می شود.

۵- مانع از نفوذ نور خورشید به آب می شود.

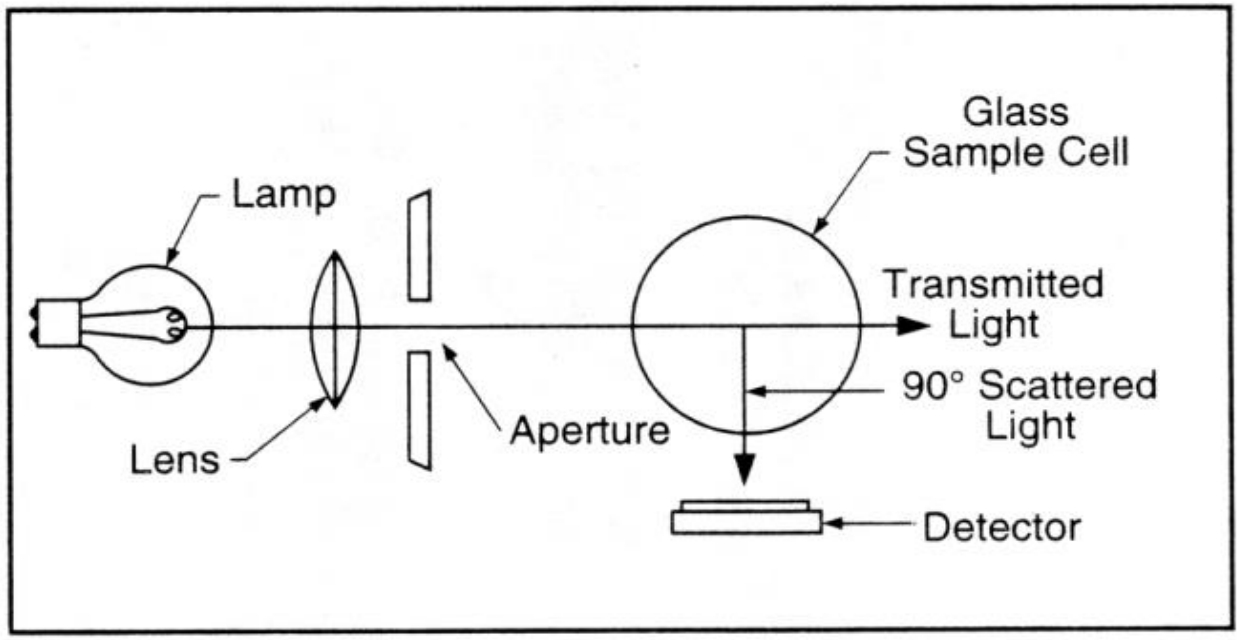
اندازه گیری کدورت

یک واحد کدورت جکسون (JTU)برابر با کدورت ایجاد شده توسط یک میلی گرم سیلیس Sio_2 در یک لیتر آب مقطر است

مزیت استفاده از کدورت سنج جکسون هزینه پایین و سهولت استفاده از آن می باشد. اما برای اندازه گیری کدورت های کم دقیق نمی باشد.

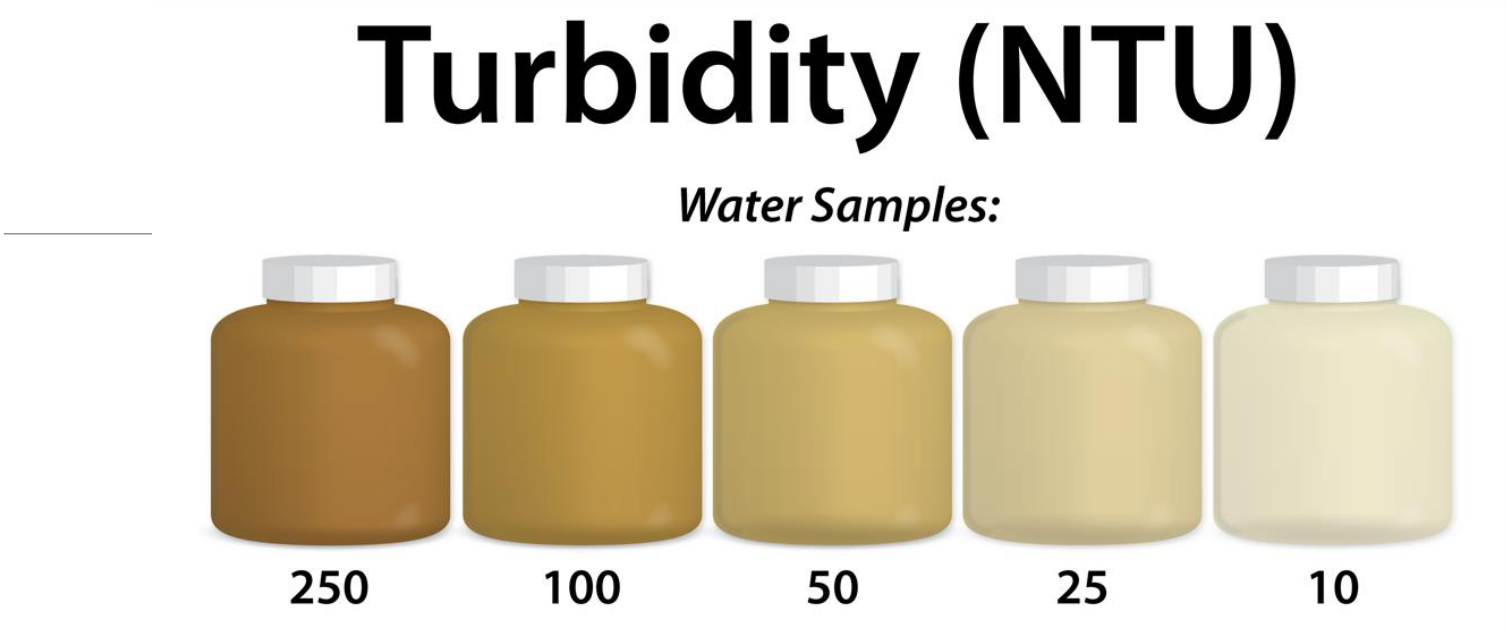


کدورت سنج جکسون



اساس کار کدورت سنج های الکتریکی

ماده شیمیایی فورمازین $(C_2H_4N_2)$برای ایجاد کدورت واحد در آب استفاده می شود و داده های بدست آمده از کدورت سنج بر حسب واحدهای کدورت فورمازین یا FTU بیان می شوند.



استفاده از عبارت NTU **برای تاکید بر آزمایش انجام شده مطابق با اصل پراکندگی نور می باشد.**

استاندارد ایران حداکثر مقدار مجاز کدورت در آب شرب را 5 NTU **تعیین نموده است.**

کدورت سنج الکتریکی

کدورت سنج الکتریکی مجهز به حسگر

مزیت استفاده از کدورت سنج های الکترونیکی:

دقت زیاد آن به ویژه در اندازه گیری کدورت های کم می باشد

معایب کدورت سنج الکترونیکی:

قیمت بالای آن و نیاز به برق (برق مستقیم یا باتری) است.

۳– رنگ:

رنگ آشکار:

رنگ آب اگر در نتیجه تاثیر نور بر مواد معلق بوجود آید، اصطلاحا رنگ آشکار نامیده می شود.

رنگ حقیق:

رنگی که در اثر مواد جامد محلول پدید آمده است و پس از جداسازی مواد معلق همچنان در آب باقی می ماند بنام رنگ حقیقی خوانده می شود.

منشا ایجاد رنگ در آب:

- مواد آلی مثل برگ درختان، ریشه ها، چوب،

- اکسیدهای فلزی

- فاضلاب شهری

- پسابهای صنعتی ناشی از صنایع نساجی و عملیات رنگرزی، صنایع غذایی، تولید مواد شیمیایی، استخراج سنگ معدن، پالایش و عملیات مربوط به کشتارگاه ها

به عنوان مثال:
اکسیدهای آهن، رنگ قرمز کم رنگ به آب می دهند. اکسیدهای منگنز موجب قهوه ای و یا تیره رنگ شدن آب می شوند.

اثرات رنگ:

۱- آب رنگی از لحاظ زیبایی برای عموم قابل پذیرش نیست.

۲- آبی که به مقدار زیاد دارای رنگ باشد برای مصارفی نظیر شستشوی لباس، رنگرزی، تهیه کاغذ، تولید لبنیات، صنایع نساجی و تولید پلاستیک مناسب نیست.

۳- ترکیبات آلی که سبب بروز رنگ حقیقی می شوند ممکن است موجب افزایش نیاز کلر آب شده

۴- ترکیب مواد آلی تولید کننده رنگ با کلر خطر ساز است؛ ترکیبات فنل (اجزای تشکیل دهنده شناخته شده محصولات ناشی از تجزیه سبزیها) همراه با کلر طعم و بوی بسیار نا خوشایندی تولید می کنند.

۴– طعم و بو :

مواد معدنی، فلزات، مواد نفتی، محصولات نهایی واکنش های بیولوژیکی و اجزای تشکیل دهنده فاضلاب در طعم و بوی آب موثر هستند .

اثرات:

۱- از آن جا که آب همواره به عنوان ماده ای بی طعم وبی بوشناخته شده است، مصرف کننده چنین تصور می کند که مزه وبو همراه با آلودگی هستند و از اینرو ترجیح می دهد که از آب بی طعم وبی بو استفاده نماید. حتی اگر چنین آبی در واقع تندرستی وی را به خطر اندازد.

۲- بعضی از مواد تولید کننده طعم وبو ممکن است سرطان زا باشد.

اندازه گیری بو:

آزمایش آستانه بو TON

$$TON = \frac{A + B}{A}$$

که در آن A حجم آب بودار برحسب میلی لیتر

B حجم آب بدون بوی لازم برای تهیه یک مخلوط ۲۰۰ میلی لیتری می باشد.

عدد آستانه بویایی متناظر با حجم های متعدد نمونه ها

Volume of Sample (mL) Diluted With Odor-Free Water to 200 mL	Threshold Odor Number
0.8	256
1.6	128
3.1	64
6.3	32
12.5	16
25	8
50	4
100	2
200	1

۵– دما :

اثرات:

۱- آبهای خنکتر معمولاً دارای تنوع وسیعتری از گونه های بیولوژیکی هستند.

۲- در دماهای بالاتر، موجودات ذره بینی که در استفاده از منابع غذایی و تولید مثـل کارایی بیشتر دارند تکثیر پیدا می کنند درحالی که سایر گونه های موجودات زنده از لحاظ جمعیتی دچار کاهش بسیار می شوند ویا به طور کلی از میان می روند .

۳- سرعت رشد بی رویه جلبکها، ترشح طبیعی روغنها توسط جلبکها باعث طعم وبـو می شود و گونه های بزرگتر از موجودات زنده درآب تحت تاثیر قرار می گیرند.

۴- تغییرات دما بروی سرعت واکنش های شیمیایی و مقدار حلالیت مواد تاثیر دارد.

۵- افزایش پتانسیل خوردگی در لوله ها و تاسیسات.

مشخصات فیزیکی کیفیت آب شرب بر اساس استاندارد شماره ۱۰۵۳

ردیف	ویژگی	حد مطلوب	مقدار مجاز	واحد اندازه‌گیری
۱	کدورت	کم‌تر یا مساوی ۱	حداکثر ۵	NTU[a]
۲	رنگ	-	حداکثر ۱۵	پلاتین، کبالت برای رنگ حقیقی آب T.C.U[b]
۳	بو	حداکثر ۲ واحد در ۱۲ درجه سلسیوس و حداکثر ۳ واحد در ۲۵ درجه سلسیوس	-	رقم آستانه بو(TON[c])
۴	pH	۶/۵ ۸/۵	۶/۵ ۹/۰	-

یادآوری ۱ نظر به این‌که کدورت، رنگ و pH علاوه بر قابل پذیرش بودن آب، در کیفیت بهداشتی آب به طور غیرمستقیم نقش دارند، برای آن‌ها حداکثر مجاز تعریف شده است.

یادآوری ۲ تامین کدورت کم‌تر یا مساوی یک ان تی یو در خروجی تصفیه‌خانه‌های متعارف آب[۱]، الزامی است.

a- Nephelometric Turbidity Unit
b- True Color Unit
c- Threshold Odor Number

پارامترهای شیمیایی کیفیت آب
(Chemical Quality Parameters)

منظور از پارامترهای شیمیایی کیفیت آب، آن دسته از ترکیبات یا عناصری است که به دلیل خاصیت حلال بودن آب در آن وجود دارند شامل:

- **مقدار کل جامدات محلول در آب،**
- **هدایت الکتریکی آب،**
- **قلیائیت،**
- **سختی،**
- **فلورایدها،**
- **فلزات،**
- **مواد آلی**
- **مواد مغذی.**

1- مقدار کل جامدات محلول (total dissolved solid):

موادی که در آب پس از فیلتر کردن آن باقی می مانند مواد محلول در نظر گرفته می شوند

جامدات محلول+جامدات معلق= جامدات کل

TS=TSS+TDS

واحد سنجش TDS ، میلی گرم در لیتر mg/l یا PPM

منابع:

- مواد محلول در آب در اثر انحلال مایعات، جامدات و گازها در آب تولید می شوند.

- مواد معدنی حل شده در آب شامل انواع فلزات و گازها می باشند که در اثر تماس آب با آنها در اتمسفر و یا در خاک تولید شده اند.

- مواد حاصل از تجزیه گیاهان، مواد شیمیایی آلی و گازهای آلی ، اجزای آلی محلول در آب را تشکیل می دهند.

اثرات:

- مواد معدنی، گازها و مواد آلی حل شده در آب ممکن است از لحاظ زیبایی موجب بروز رنگ، طعم و بوی نامطبوع شوند.

-برخی از ترکیبات شیمیایی سمی بوده و در اثر واکنش با سایر مواد موجود در آب ممکن است ترکیبات سرطانزا تولید کند.

- آب نسبت به اجزای محلول دارای حالت تعادل است. آبی که به حالت اشباع نرسیده است خورنده بوده و سریعا موادی را که با آنها در تماس است را در خود حل می کند.

یونهایی که سهم اصلی در میزان مواد محلول در آب دارند عبارتند از:

سدیم Na^{-}، کلسیم Ca^{-2} ، منیزیم Mg^{-2}، بی کربنات HCO_3^{-} ، سولفات SO_4^{-2} و کلراید CL^{-}.

TDSمتر جیبی

TDS متر پرتابل (قابل حمل)

جدول ۳- حداکثر مجاز و مطلوب مواد شیمیایی معدنی غیرسمّی موجود در آب آشامیدنی

(ابعاد بر حسب میلی‌گرم بر لیتر)

ردیف	نوع ترکیب		حداکثر مطلوب	حداکثر مجاز
۱	کل مواد جامد محلول	(TDS)[a]	۱۰۰۰	۱۵۰۰
۲	سختی کل بر حسب	$CaCO_3$	۲۰۰	۵۰۰*
۳	کلرور بر حسب	Cl	۲۵۰	۴۰۰*
۴	سولفات بر حسب	SO_4	۲۵۰	۴۰۰*
۵	هیدروژن سولفوره	H_2S	۰/۰۵	–
۶	آهن بر حسب	Fe	۰/۳	–
۷	منگنز بر حسب	Mn	۰/۱	۰/۴
۸	آلومینیوم بر حسب	Al	۰/۱	۰/۲* ۰/۱
۹	روی بر حسب	Zn	۳	–
۱۰	مس بر حسب	Cu	۱	۲
۱۱	نیترات بر حسب	NO_3	–	۵۰[b]
۱۲	نیتریت برحسب	NO_2	–	۳[b]
۱۳	کلسیم برحسب	Ca	۳۰۰	–
۱۴	منیزیم بر حسب	Mg	۳۰*	–
۱۵	آمونیاک بر حسب	NH_3	۱/۵	–
۱۶	سدیم بر حسب	Na	۲۰۰	۲۰۰[c]

یادآوری ۱ نظر به این‌که بین یون منیزیم و سولفات از نظر تغییر طعم و امکان اختلال در جهاز هاضمه ارتباطی وجود دارد، از این رو در شرایطی که مقدار منیزیم از ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر بیش‌تر باشد، مقدار سولفات نباید بیش از ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد.

یادآوری ۲ حداکثر مجاز کل مواد جامد محلول، کلرور، سولفات، آلومینیوم و سدیم، به علت اهداف غیر بهداشتی بوده و در راستای منافع ملی ارائه شده است.

2- قابليت هدايت الكتريكي (Electrical Conductivity (EC

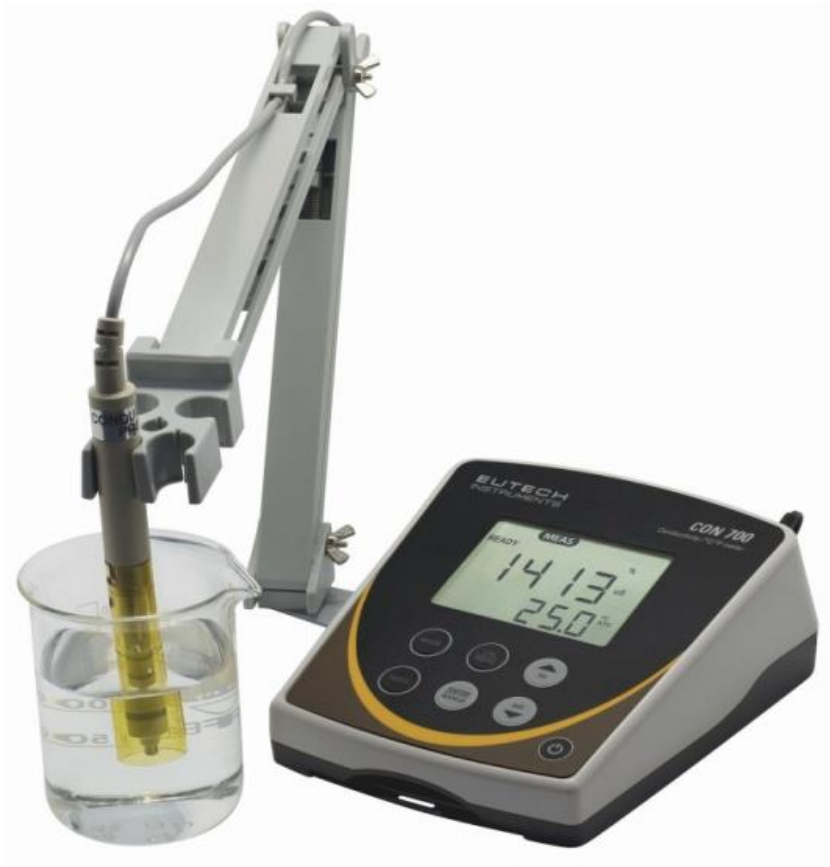
نشـان دهنـده قـدرت يـوني يـك محلـول بـراي انتقـال جريـان الكتريسـيته اسـت و تابعي از قدرت يوني آب (مقدار كاتيون ها و آنيون هاي موجود در آب) می باشد.

هدايت الكتريكي را بـا واحـد ميكروزيمنس بر سانتي متر و يـا ميكرو مو بر سانتيمتر اندازه گيری می كنند.

EC متر جيبی

EC متر پرتابل (قابل حمل)

EC متر آن لاین



EC متر رومیزی

۳- pH آب

$$pH = - \log [H+]$$

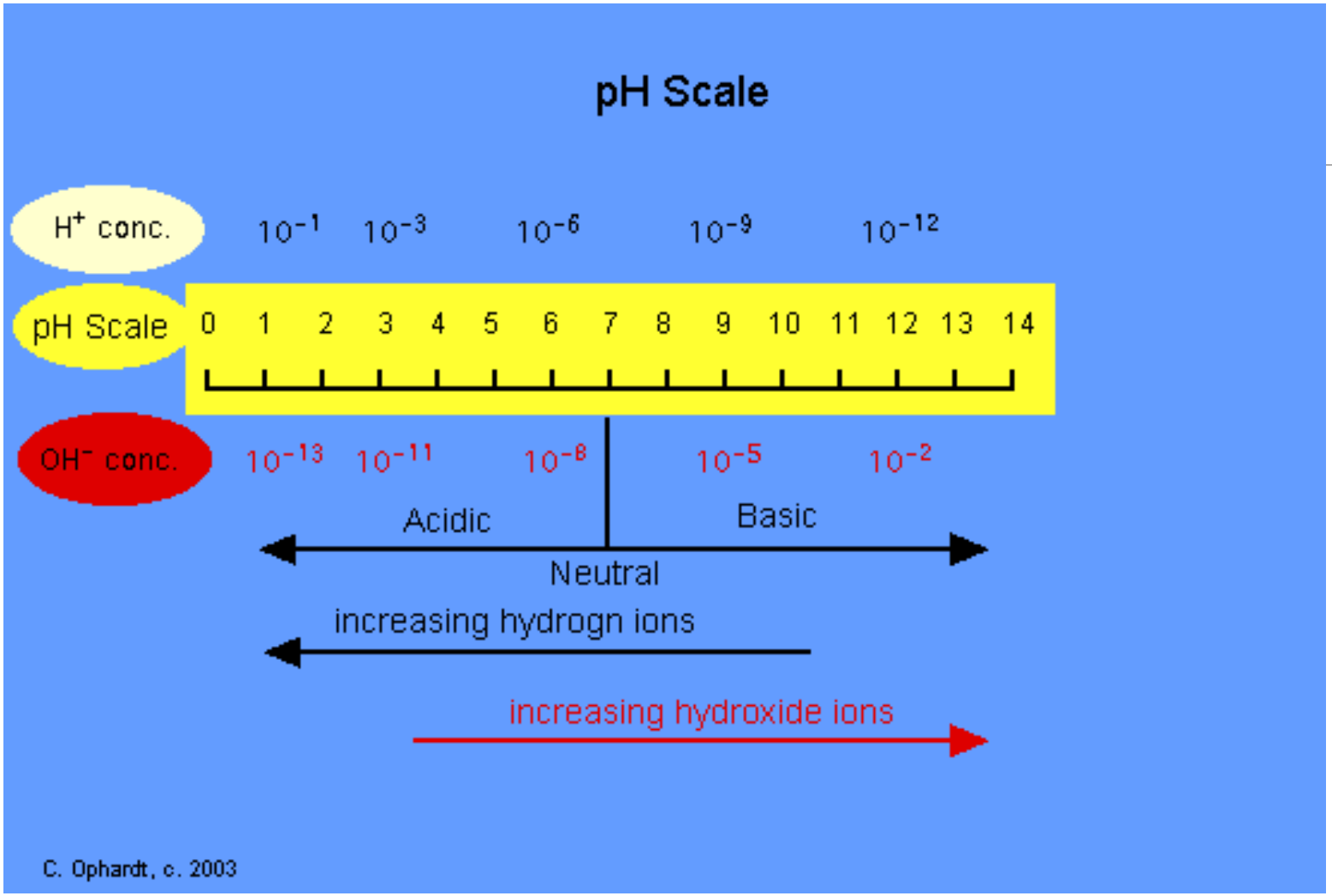
مشاهده می شود که pH یک مقیاس لگاریتمی دارد و بنابراین اگر یک واحد pH تغییر کند میزان اسیدیته آب 10 برابر تغییر می کند. به عنوان مثال pH=5میزان اسیدیته آب 100 برابر pH=7است.

pH متر جیبی

pH متر پرتابل (قابل حمل)

pH متر رومیزی

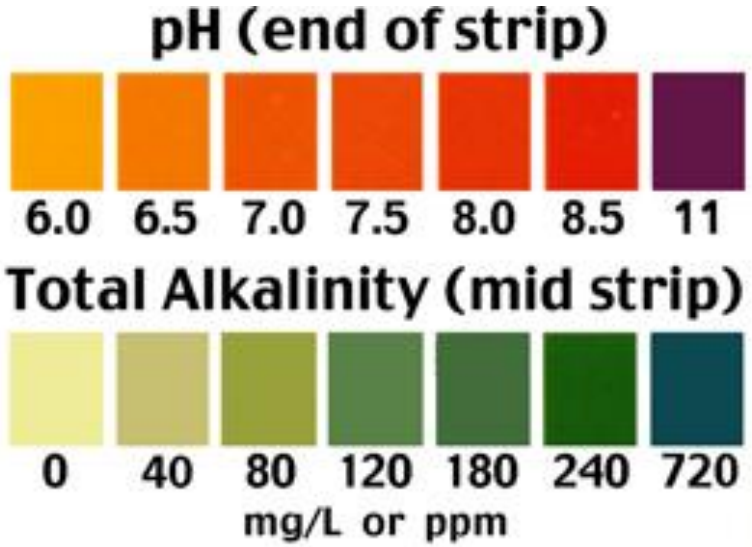
pH=6.5-8 برای گونه های مختلف آبزی مناسب می باشد.


pH Scale
H+ conc.
10-1 10-3 10-6 10-9 10-12
pH Scale
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
OH- conc.
10-13 10-11 10-8 10-5 10-2
Acidic
Basic
Neutral
increasing hydrogn ions
increasing hydroxide ions
C. Ophardt, c. 2003

4- قلیائیت Alkalinity

یون هایی که برای خنثی سازی یون های هیدروژن در واکنش شرکت می کنند.

" توانایی آب جهت خنثی سازی اسیدها "



مهمترین اجزای تشکیل دهنده قلیائیت:

OH^-

HCO_3^-

CO_3^{-2}

منشاء قلیائیت:

تجزیه مواد معدنی موجود در خاک یا اتمسفر ، تجزیه میکروبی مواد آلی، دی اکسید کربن هوا، شوینده ها، کودهای شیمیایی، افت کشها و ...

$$CO_2 + H_2O \Leftrightarrow H^+ + HCO_3^-$$

$$HCO_3^- \Leftrightarrow H^+ + CO_3^{-2}$$

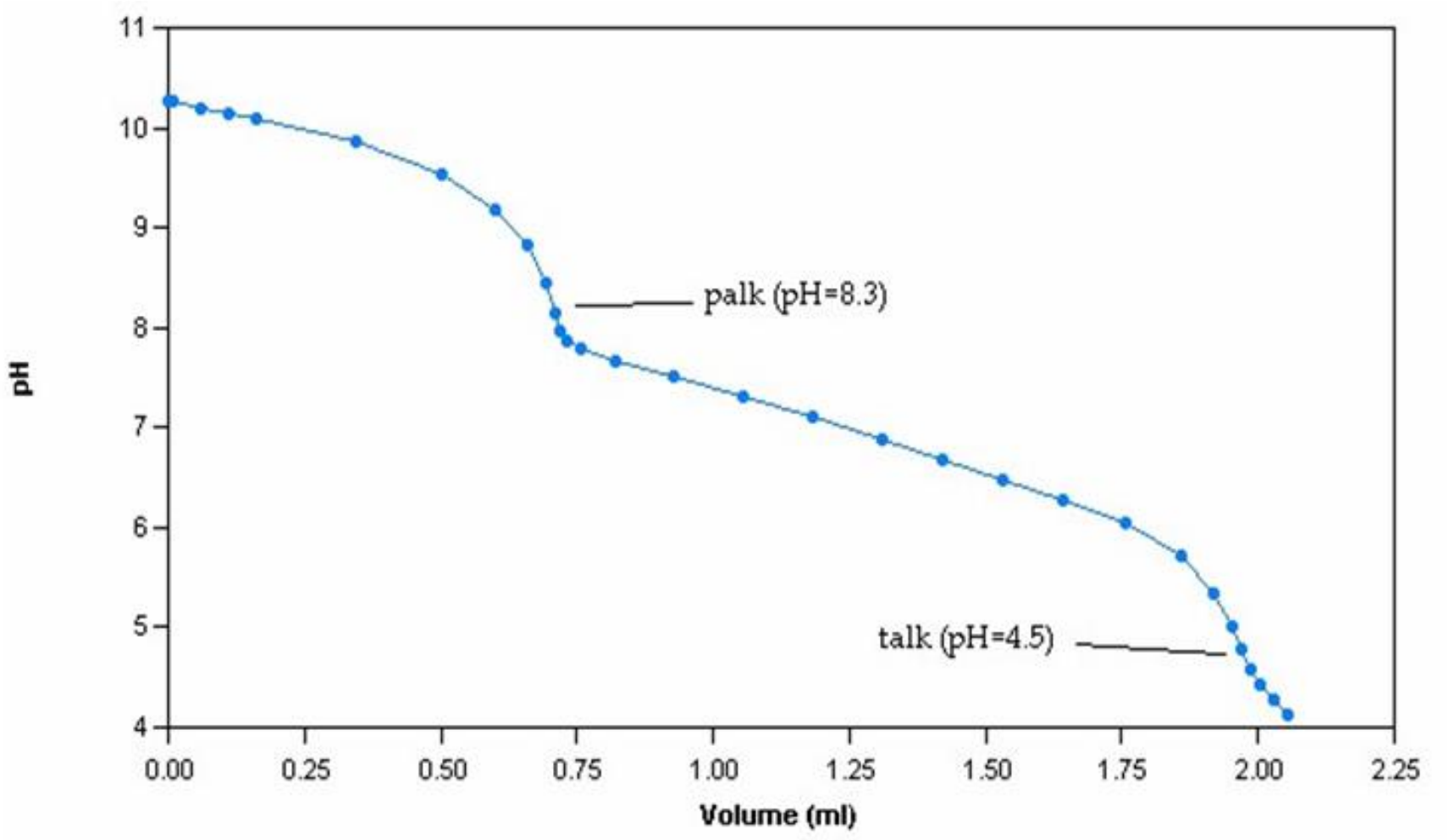
$$CO_3^{-2} + H_2O \Leftrightarrow HCO_3^- + OH^-$$

اثرات قلیائیت:

-قلیائیت در مقادیر زیاد طعم تلخی به آب می دهد.

-رسوب حاصل از واکنش قلیائیت با بعضی از کاتیونها می تواند باعث مسدود شدن لوله ها و دیگر ملزومات شبکه آبرسانی شود.

- کمبود آن در آب باعث اسیدی شدن آب و خوردگی لوله ها و تاسیسات می شود.


11
10
9
8
7
6
5
4
pH
palk (pH=8.3)
talk (pH=4.5)
0.00
0.25
0.50
0.75
1.00
1.25
1.50
1.75
2.00
2.25
Volume (ml)

5- سختی آب Hardness

سختی آب بصورت غلظت کاتیونهای چند ظرفیتی در محلول تعریف می شود .

مجموع یونهای کلسیم و منیزیم

سختی کربناتی یا سختی موقت:

عمدتا به کمک حرارت و یا ازدیاد pH کاهش می یابد.

$$Ca(HCO_3)_2 \xrightarrow{\Delta} CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

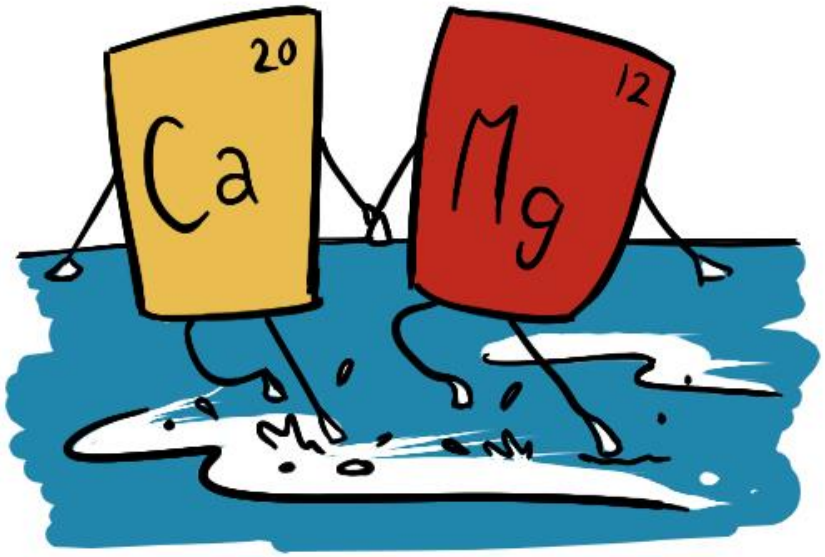
$$Mg(HCO_3)_2 \xrightarrow{\Delta} Mg(OH)_2 + 2CO_2$$

سختی غیر کربناتی یا سختی دائمی:

با حرارت دادن قابل حذف نیست. سختی دائم مربوط به دیگر املاح کلسیم و منیزیم مثل نمکهای سولفات ها ، کلرید یا نیترات آنهاست.

منشا سختی در آب:

هوازدگی سنگ های آهکی $CaCO_3$، دولومیت $CaCO3.MgCO_3$و سنگ گـچ $CaSO_4.2H_2o$ و یا تماس طولانی مدت آب با این نوع سنگ ها به ویژه در مـورد آبهای زیرزمینی.



مقدار حداکثر ۵۰۰ میلی گرم در لیتر برای آب آشامیدنی توصیه می شود.

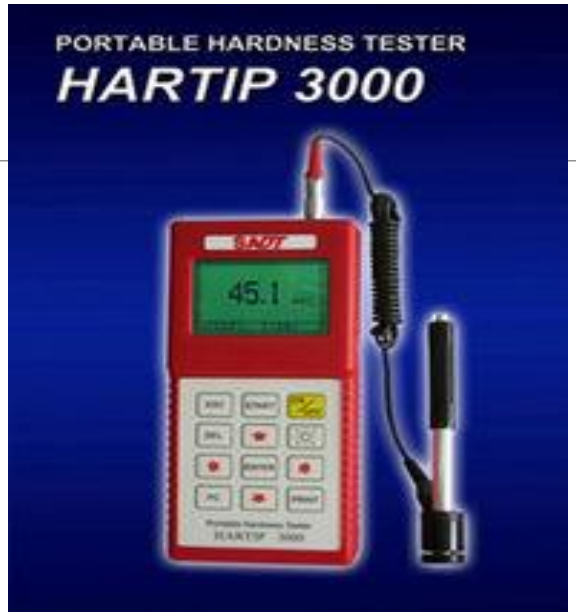
اثرات سختی آب:

-مصرف صابون به وسیله آبهای سخت افزایش می یابد. صابون کف نمی کند.

-رسوب متشکل از سختی و صابون به دیواره وان حمام ، دستشویی و ماشین ظرفشویی می چسبد.

-باقیمانده های رسوب سختی و صابون ممکن است در منافذ باقی بماند و حالت خشن نامساعد بر پوست باقی بگذارد.

-جرم گرفتن دیگ بخار در نتیجه رسوب سختی کربناتی



دستگاه پرتابل اندازه گیری سختی

دستگاه رومیزی اندازه گیری سختی

دستگاه های اندازه گیری همزمان پارامترهای کیفی آب

۶-فلوراید

فلوراید در آب آشامیدنی در مقادیر کمتر از استاندارد باعث بروز پوسیدگی دندان و در مقادیر بالاتر از حد استاندارد باعث فلوئوروزیس استخوانی و دندانی می شود.

برطبق استاندارد ملی شماره ۱۰۵۳ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مقدار حد مجاز فلوراید در آب آشامیدنی بایستی بین ۰/۵ تا ۱/۵ میلی گرم در لیتر باشد.

سن افراد	مقدار مجاز فلوراید (mg/l)
نوزادان	۰/۶
بچه ها	۱
افراد بالغ	۲/۷

دما (درجه سانتی گراد)	مقدار مجاز فلوراید (mg/l)
۰-۱۰	۲/۴
۱۰-۲۰	۱/۴

۷- فلزات

فلزات غیر سمی مانند سدیم، کلسیم، منیزیم، آهن و ...

غلظت آهن بیش از 0.3 mg/L و غلظت منگنز بیش از 0.05 mg/Lمی تواند رنگ آب را تغییر دهد.

فلزات سمی مانند آرسنیک (حشره کش ها، آفت کش ها)، باریم، کادمیم (صنایع رنگ، پلاستیک، باتری ها)، کروم (ناشی از صنایع تولید کاغذ، پتروشیمی، نیروگاهها، کودهایی شیمیایی)، سرب (بنزین، تایر، روغن موتور، حشره کش ها)، جیوه (معادن استخراج طلا و نقره، صنایع کاغذ و رنگ، پلاستیک سازی) و نقره

فلزات سمی توسط زنجیره غذایی موجود در طبیعت تغلیظ می شوند (تجمع سازی) و بدین ترتیب بزرگترین خطر را برای ارگانیزم های نزدیک به قسمت بالایی زنجیره ایجاد می کنند.

۸- مواد آلی

- مواد آلی قابل تجزیه توسط فعالیت های بیولوژیکی

مواد آلی قابل تجزیه آن دسته از مواد هستند که می توانند به راحتی به عنوان مواد غذایی توسط میکروارگانیزم های طبیعی مورد استفاده قرار بگیرند. شامل نشاسته، چربی ها، پروتئین ها

- موادآلی غیر قابل تجزیه توسط فعالیت های بیولوزیکی

مواد آلی غیر قابل تجزیه موادی است که در برابر تجزیه بیولوژیکی از خود مقاومت نشان می دهد. موادی مثل سلولز، حشره کش های آلی، ترکیبات نفتی و برخی از اسیدها.

اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی(BOD)

Biochemical Oxygen Demand

$$BOD_5 = \frac{DO_I - DO_F}{P}$$

P: درصد حجمی آب یا فاضلاب مورد آزمایش برای رسیدن به حجم ۳۰۰ میلی لیتر نمونه آزمایش

DO_I: غلظت اولیه اکسیژن محلول در نمونه رقیق شده

DO_F: غلظت نهایی اکسیژن محلول در نمونه مورد آزمایش پس از ۵ روز

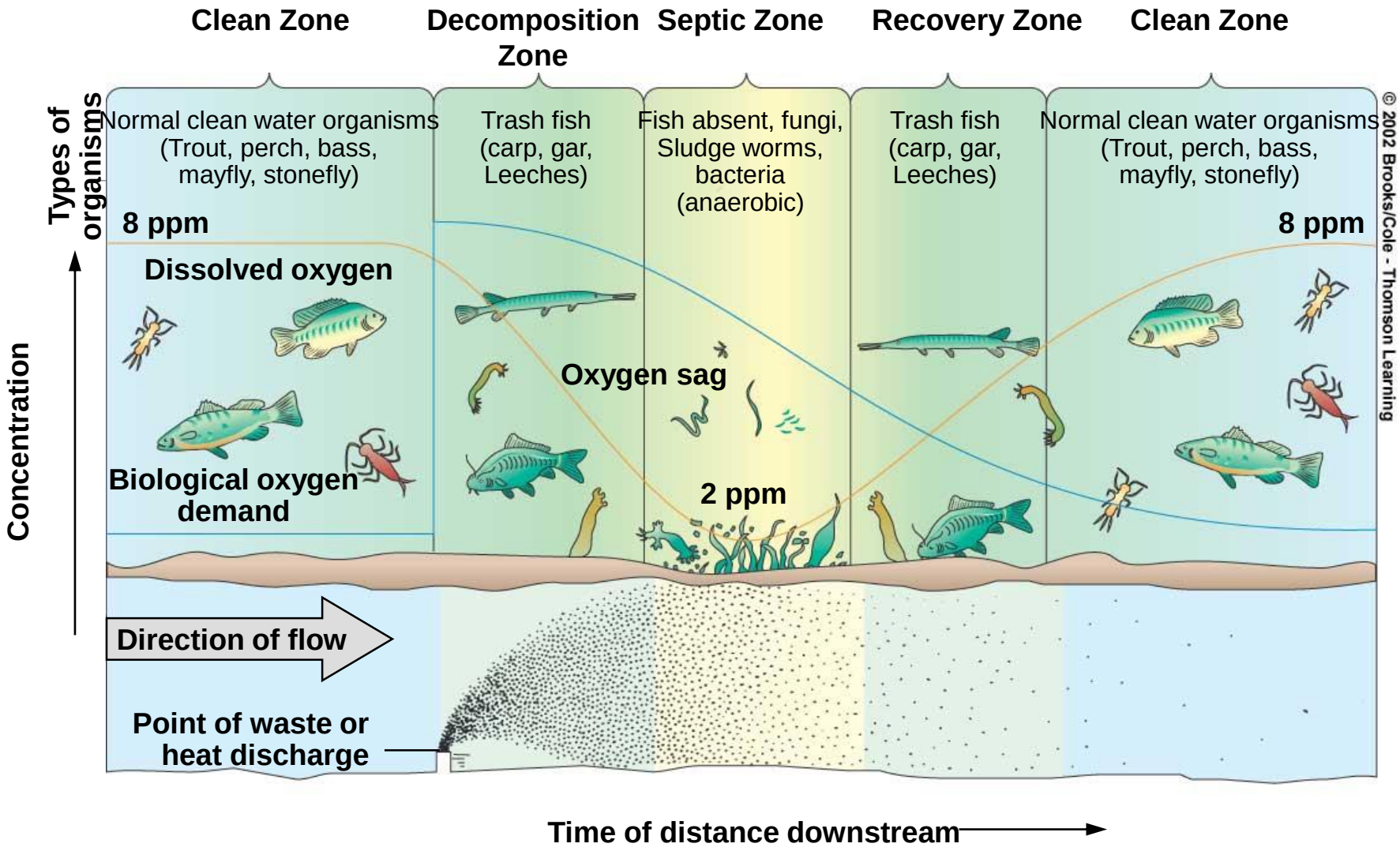
نمونه ای از دستگاههای اندازه گیری DO

مثال: نمونه ای به حجم ۵ میلی لیتر از فاضلاب یک کارخانه برای تعیین میزان BOD_5 آن انتخاب شده است. مقادیر غلظت های اولیه و نهایی اکسیژن محلول در آن به ترتیب ۹/۲ میلی گرم بر لیتر و ۶/۹ میلی گرم بر لیتر تعیین شده است. مقدار BOD_5 نمونه چقدر است؟

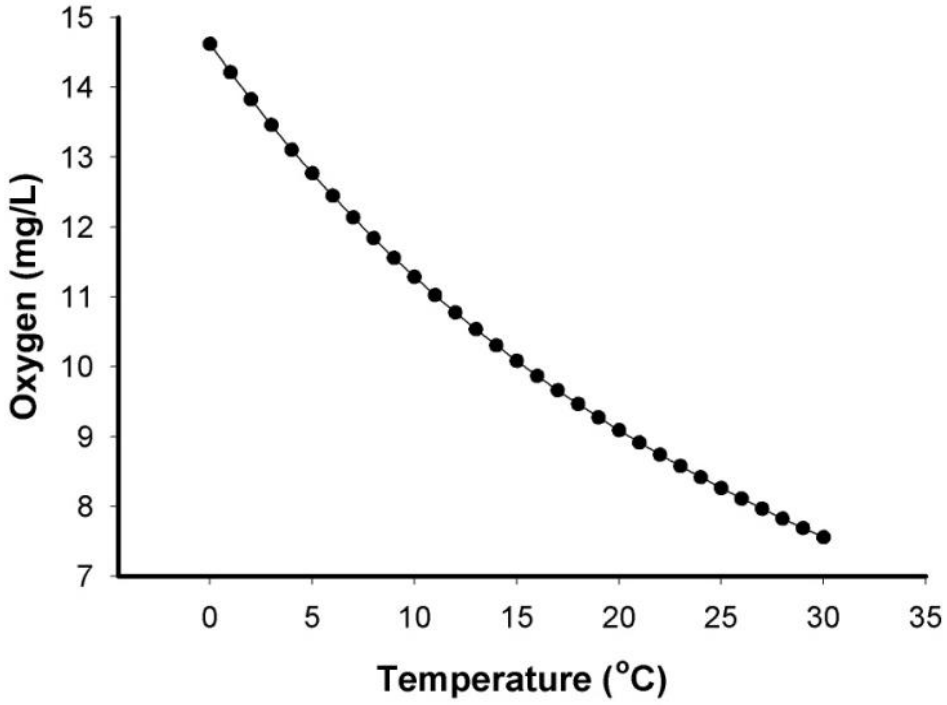
حل:

$$P = \frac{5}{300} = 0.0167$$

$$BOD_5 = \frac{9.2 - 6.9}{0.0167} = 138 \ \text{mg/l}$$



منحنی تغییرات اکسیژن محلول و BOD در آب رودخانه



تغییرات اکسیژن محلول در آب با دما

مقدار اکسیژن محلول در آب در دماهای مختلف

Temperature (°C)	Oxygen Solubility (mg/L)
0	14.6
5	12.8
10	11.3
15	10.2
20	9.2
25	8.6
100	0

اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)

chemical Oxygen Demand

معرف مواد آلی قابل تجزیه و هم غیر قابل تجزیه (سلولز، حشره کش های آلی، ترکیبات نفتی) توسط باکتریها می باشد. آزمایش CODبه سهولت و در زمان کمی (تقریبا ۳ ساعت) قابل انجام می باشد.

$$\frac{BOD}{COD} = 0.6 - 0.7$$

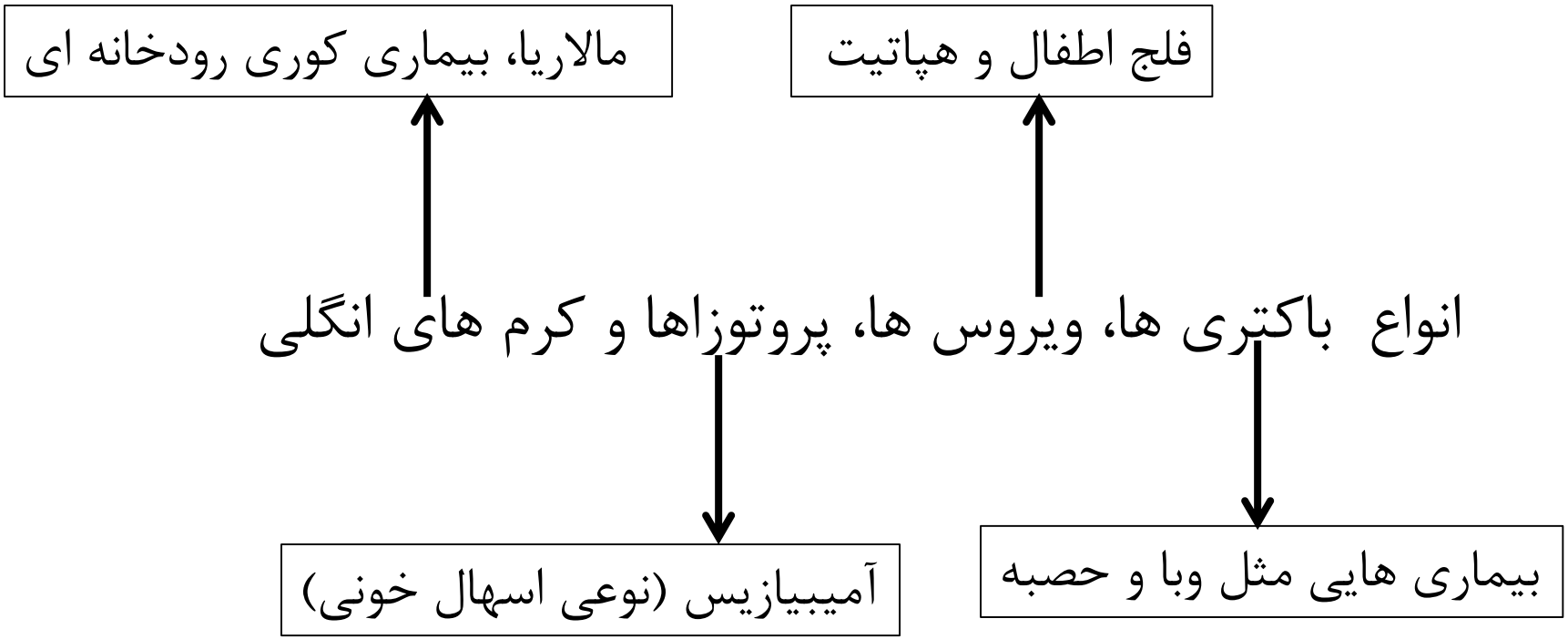
۹- مواد مغذی

موادی که برای رشد و تولید مثل گیاهان و جانوران ضروری است (نیتروژن و فسفر)

برای رفع مشکل مغذی سازی در آبها راهکارهای زیر وجود دارد:

- حذف نیتروژن و فسفر در تصفیه خانه ها. این کار سخت و هزینه بر است.
- حذف فسفر از شوینده ها و استفاده از ترکیبات جایگزین که خطر کمتری داشته باشد.
- استفاده محدودتر و کنترل شده کودهای شیمیایی.

پارامترهای بیولوژیکی کیفیت آب (عوامل بیماری زا)



ارگانیزم های شاخص:

ارگانیزمی است که حضورش بیانگر آن است که آلودگی وجود دارد.

ارگانیسن شاخص باید:

۱- به راحتی قابل شناسایی باشند.
۲- همیشه در نقاطی که عوامل بیماری زا تجمع می نمایند، حضور دارند.
۳- برای حفظ سلامت کارکنان آزمایشگاه، ارگانیزم های شاخص خود بیماری زا نباشند.
۴- در محیط به سادگی و با سرعت نسبتا زیاد تکثیر و گسترش یابند.

اشریشیا کلیفرم (کلیفرم روده ای)

دلایل اصلی استفاده از کلیفرم روده ای بعنوان یک باکتری شاخص :

۱- در برابر شرایط نامساعد محیطی (مثل دما یا PHزیاد) مقاومت بالا دارند. بطوری که اگر به دلیل نامساعد بودن محیط کلیفرم روده ای از بین برود می توان با اطمینان اظهار داشت که هیچ ویروسی یا باکتری بیماری زایی در محیط وجود ندارد.

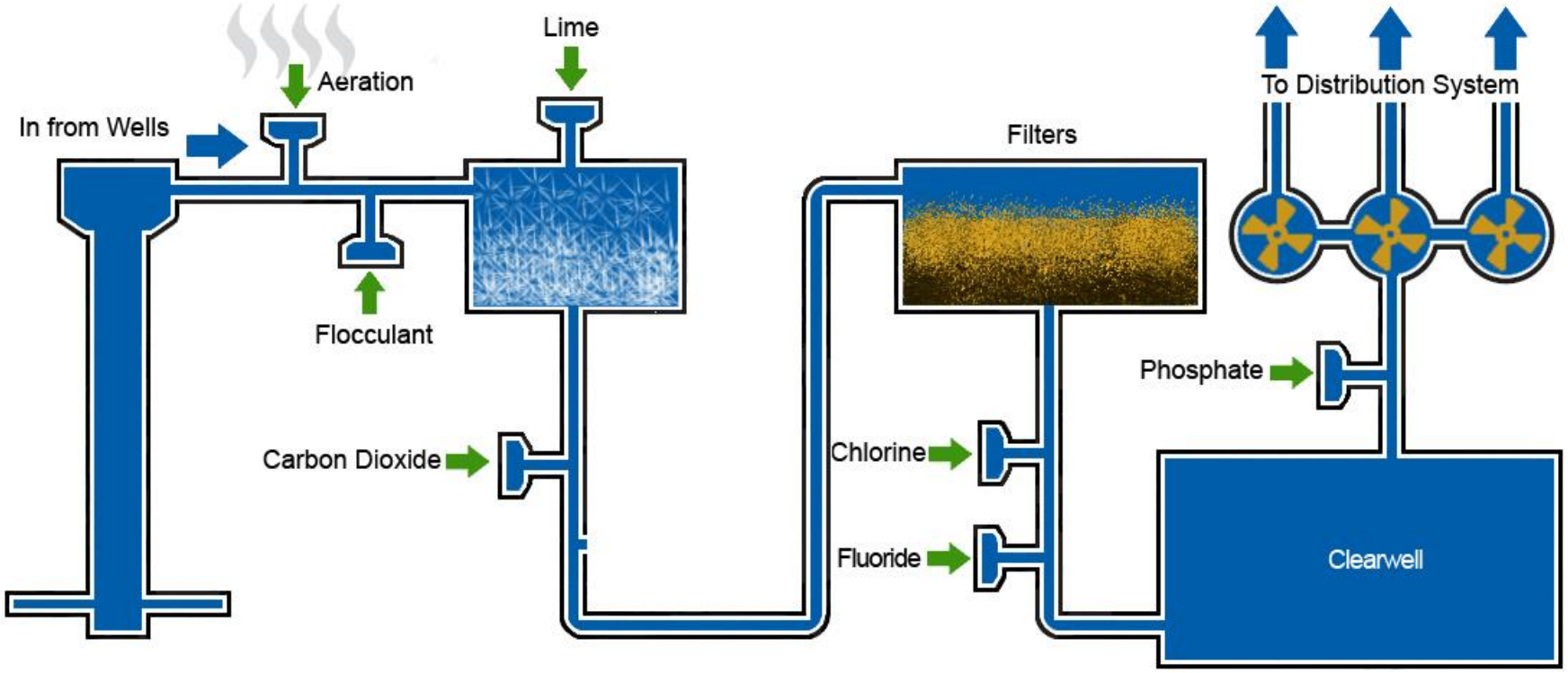
۲- تعداد (غلظت) این باکتری بسیار زیاد است. بنابراین می توان اطمینان داشت اگر باکتری دیگری ناشی از فاضلاب های انسانی در نمونه وجود داشته باشد، کلیفرم روده ای نیز وجود دارد.

۳- کلیفرم روده ای به تعداد میلیونی در روده بزرگ انسان وجود دارد و بیماری زا نمی باشد، بنابراین وجود آن در نمونه های آب خطری را برای کارکنان آزمایشگاه ایجاد نمی کند .

میزان تصفیه مورد نیاز برای دستیابی به آب شرب مناسب بر حسب تعداد کلیفرم شمارش شده

گروه	کل کلیفرم در ۱۰۰mL	کلیفرم مدفوعی	درجه تصفیه مورد نیاز
۱	<۱	۰	ترجیحا کلرزنی
۲	<۵۰	۰ -۲۰	کلرزنی(گندزدایی)
۳	<۵۰۰۰	۲۰ -۲۰۰۰	تصفیه متداول+ کلرزنی
۴	۵۰۰۰ -۲۰۰۰۰	۲۰۰۰ -۲۰۰۰۰	پیش ته نشینی یا پیش کلرزنی+ تصفیه متداول
۵	>۲۰۰۰۰	>۲۰۰۰۰	ذخیره سازی طولانی مدت برای تبدیل شدن به یکی از گروه های فوق

تصفیه آب:

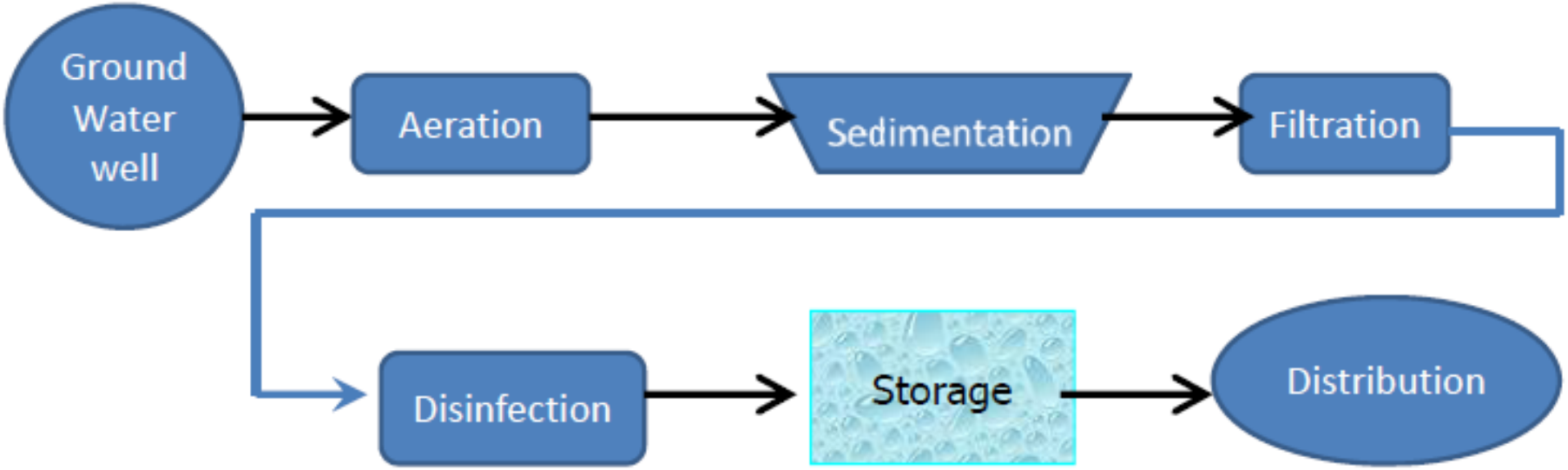


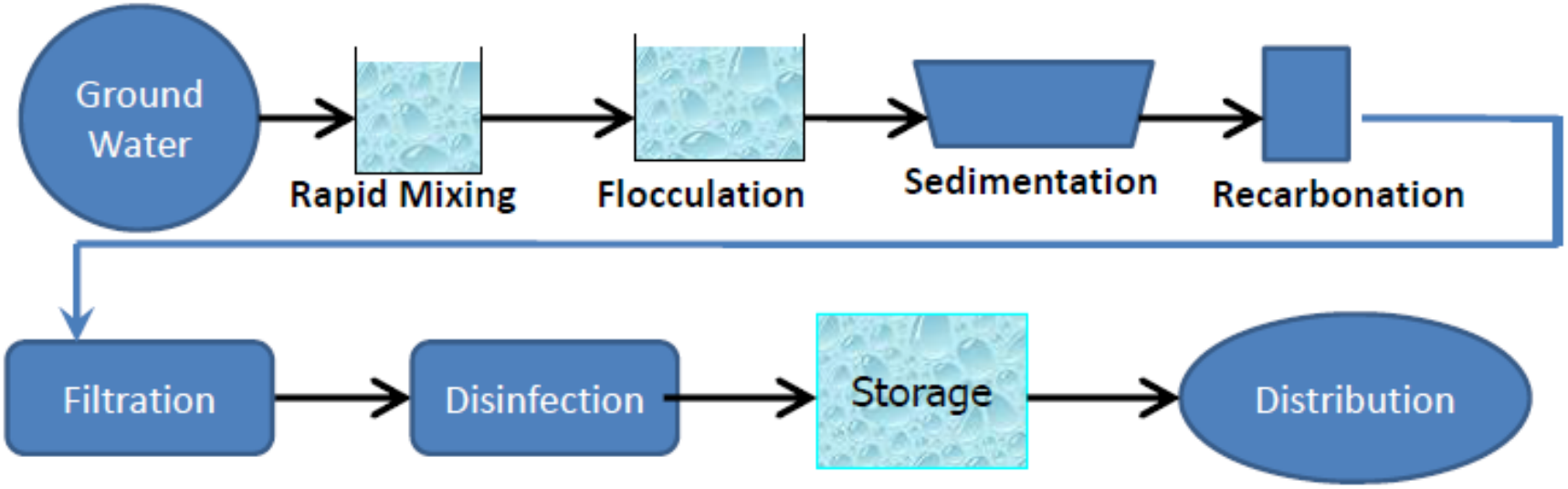
شمای کلی از مراحل تصفیه آبهای زیرزمینی

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).

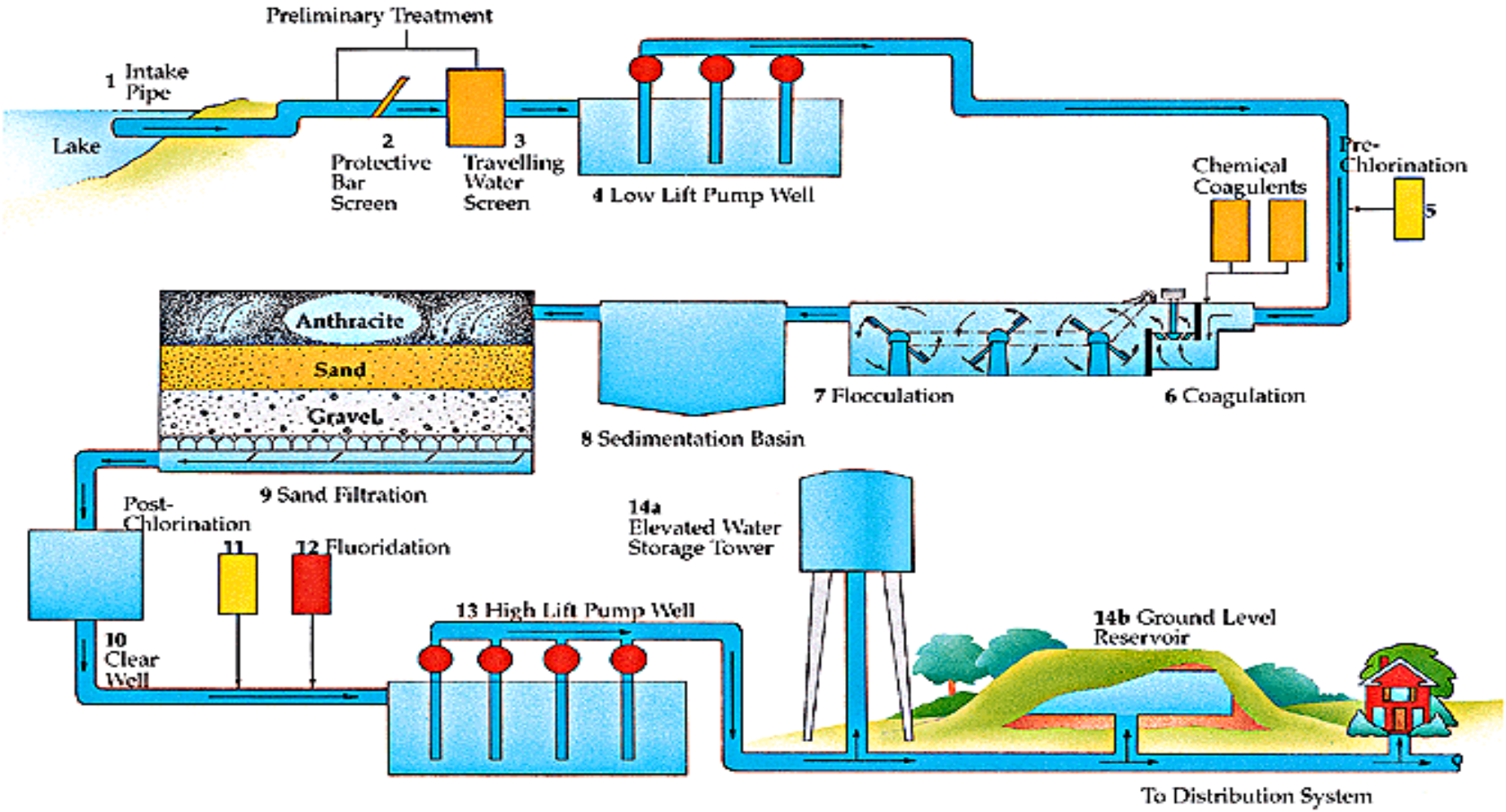

Ground Water well
Aeration
Sedimentation
Filtration
Disinfection
Storage
Distribution


Ground Water
Rapid Mixing
Flocculation
Sedimentation
Recarbonation
Filtration
Disinfection
Storage
Distribution

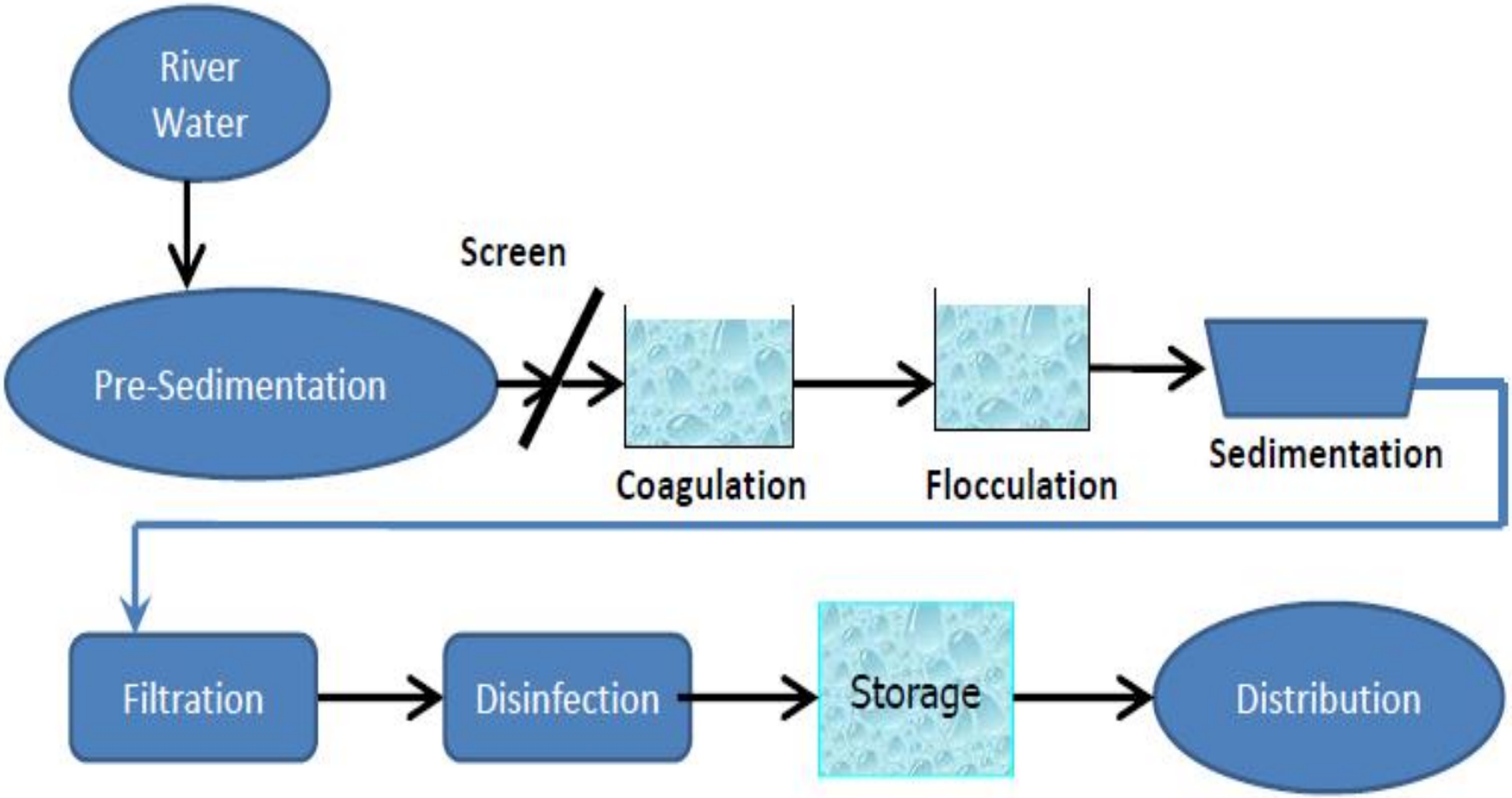
روش‌های تصفیه آب شرب از آبهای سطحی

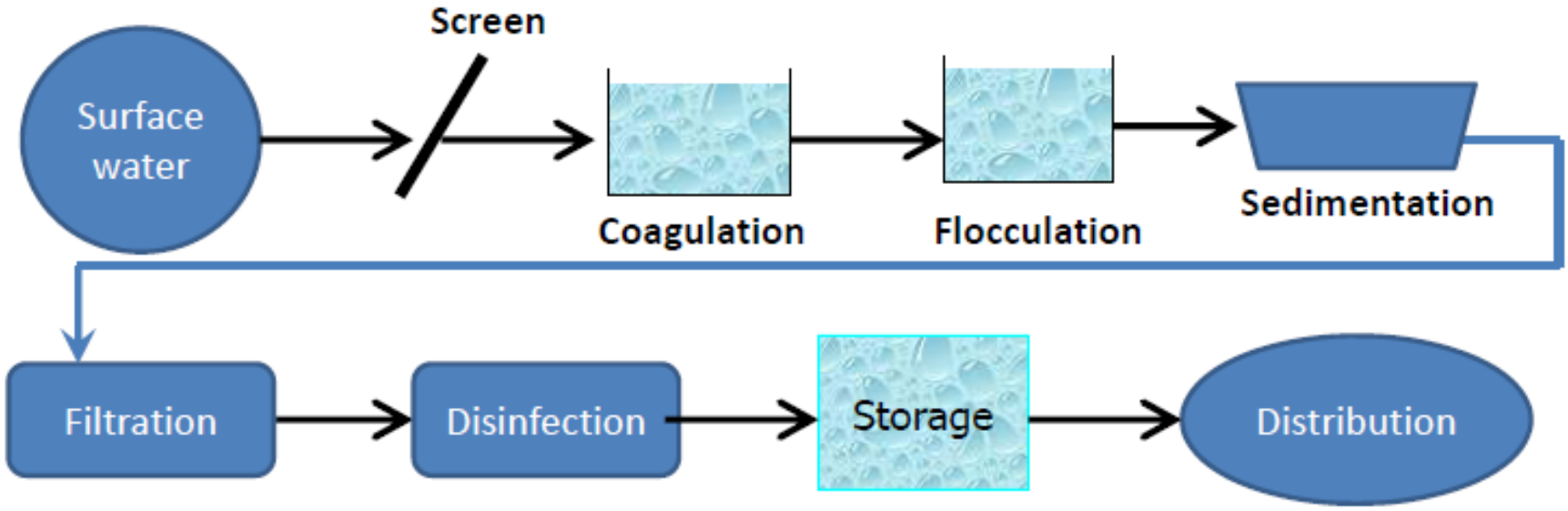
سیستم های تصفیه که معمولا برای تهیهٔ آب آشامیدنی از آبهای سطحی مورد استفاده قرار می گیرند به ترتیب عبارتند از:

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



شمای کلی از مراحل تصفیه آبهای سطحی


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


Surface water
Screen
Coagulation
Flocculation
Sedimentation
Filtration
Disinfection
Storage
Distribution

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.
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.

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.

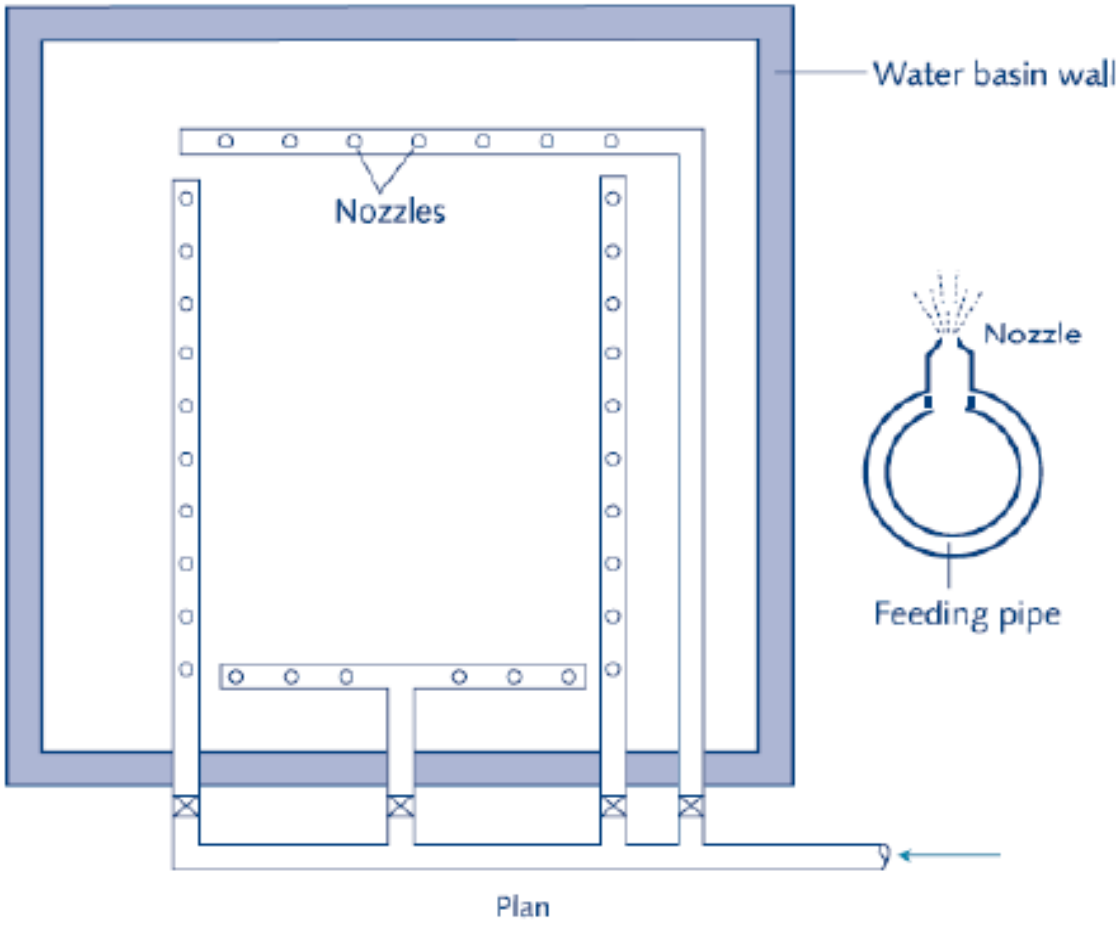
ج -ایجاد رسوب

واکنش بعضی از گازهای محلول با فلز آهن رسوبی تولید می شود که به نوبه خود مشکل ایجاد می کند.

اکسید آهن (Fe_2O_3) ضمن اینکه غیر محلول است و پیشرفت خوردگی را باعث می گردد، رنگ آب را نیز تغییر می دهد .

ایجاد رسوب روی لوله مکش پمپ آب از چاه

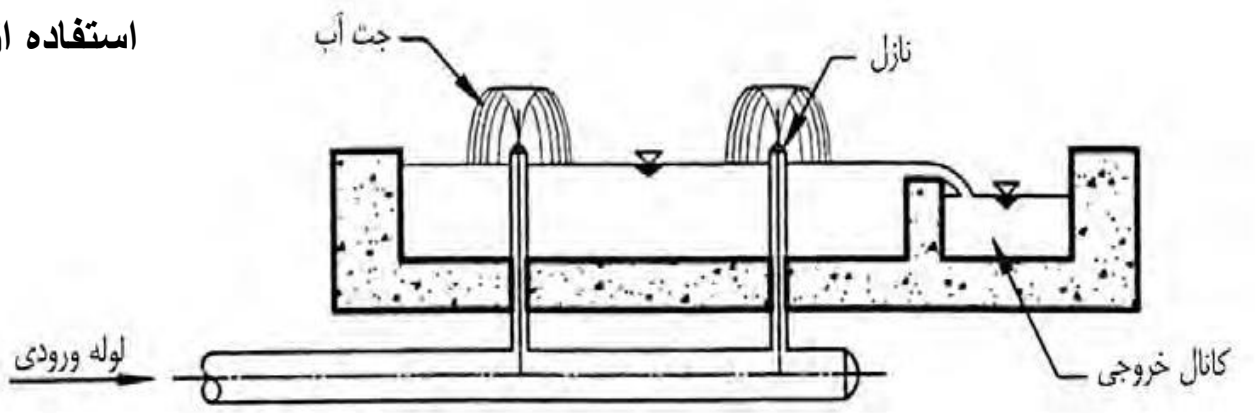
هوادهی (Aeration):



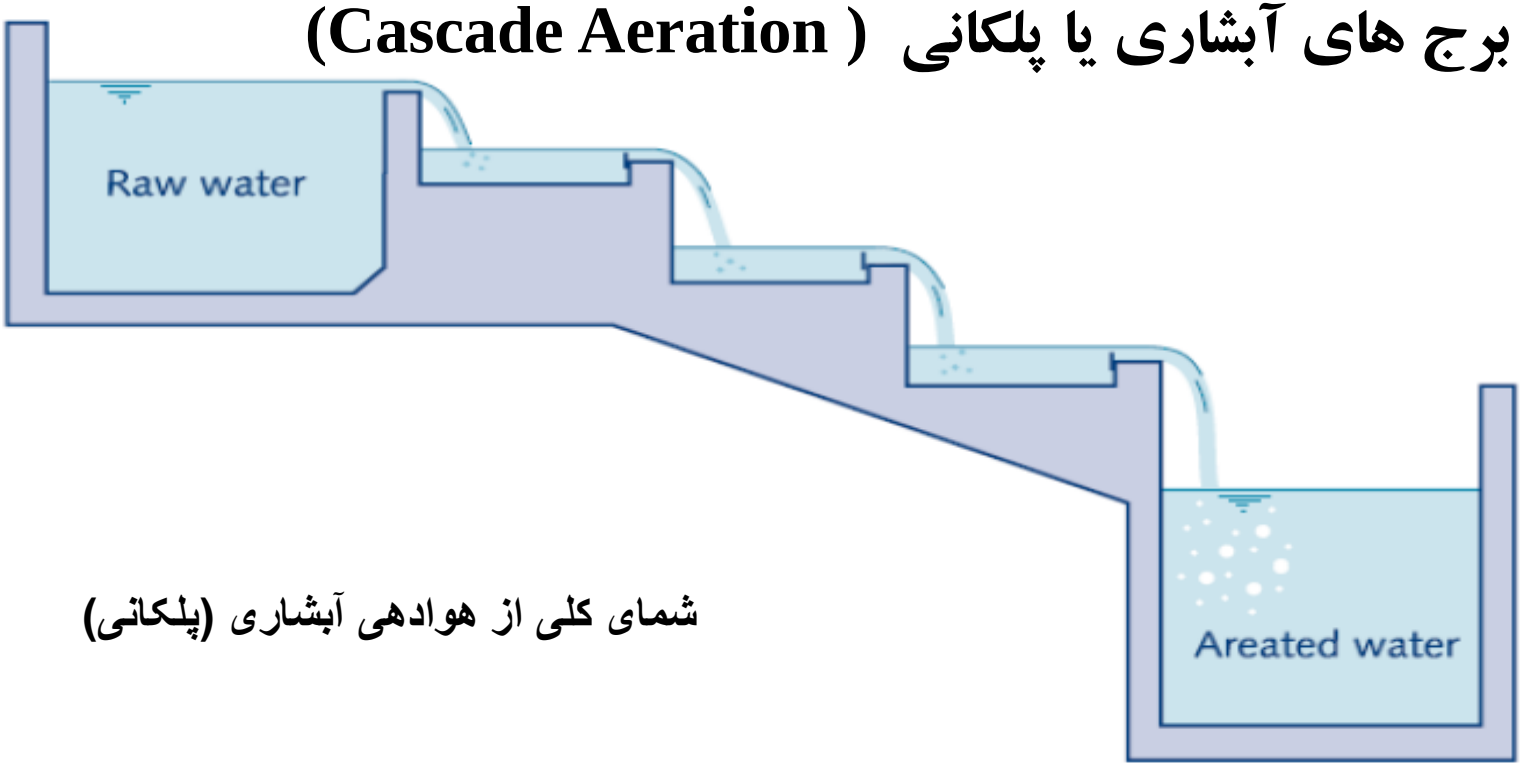
شمای کلی از هوادهی فواره ای

هوادهی افشانه ای یا فواره ای (Spray Aeration):

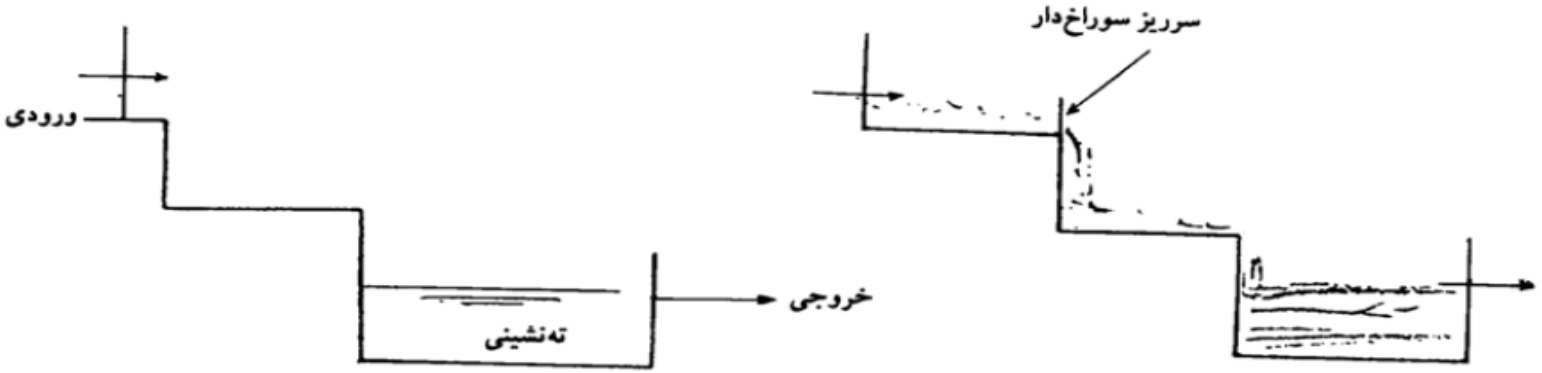
استفاده از فواره ها در هوادهی آب



هوادهی با برج های آبشاری یا پلکانی (Cascade Aeration)



شمای کلی از هوادهی آبشاری (پلکانی)



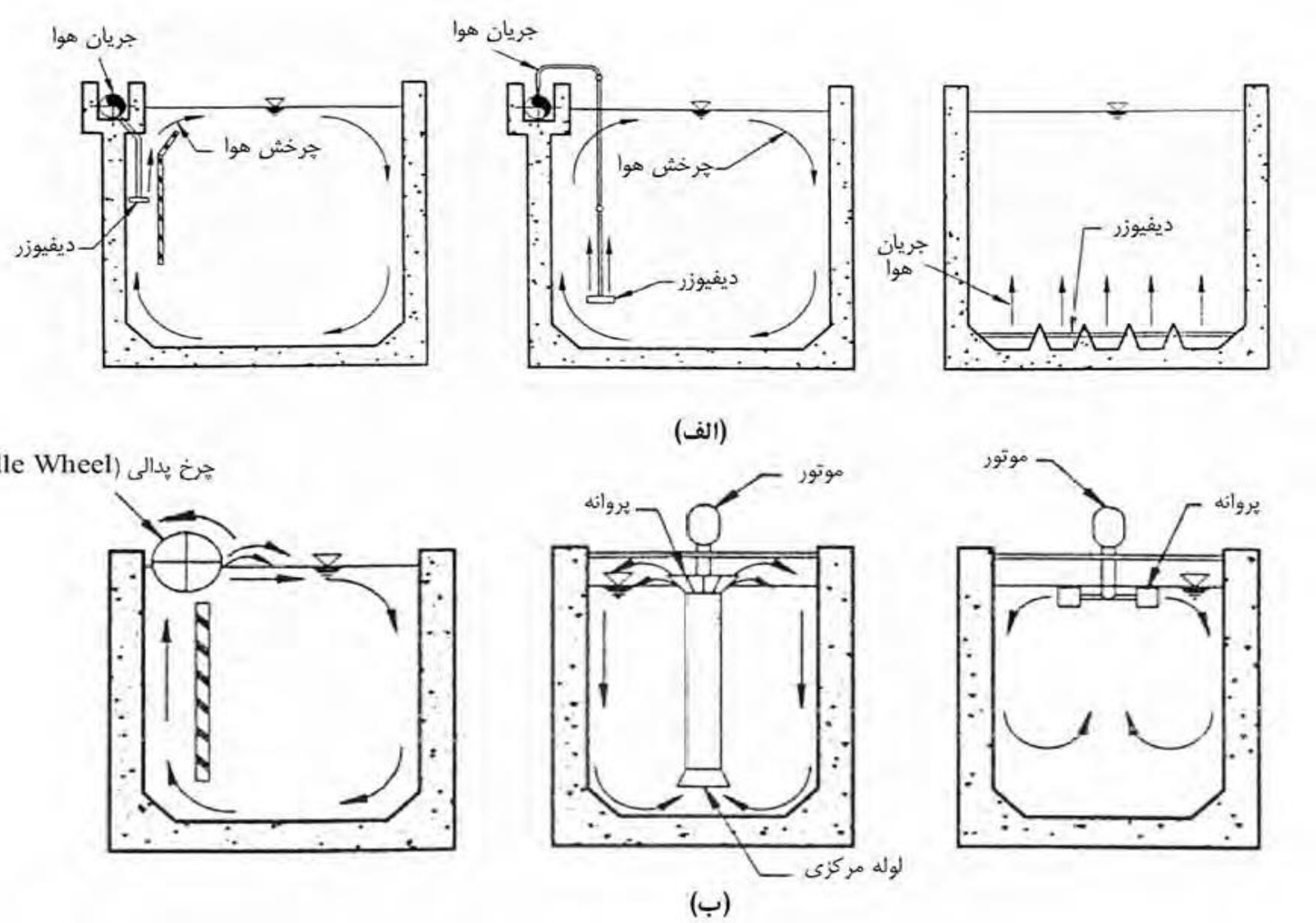
استفاده از برج های آبشاری در هوادهی آب

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

استفاده از برج های سینی دار در هوادهی آب

استفاده از برج های سینی دار در هوادهی آب

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



حوضچه هوادهی فاضلاب

انعقاد و لخته سازی : حذف کلوئیدها از آب

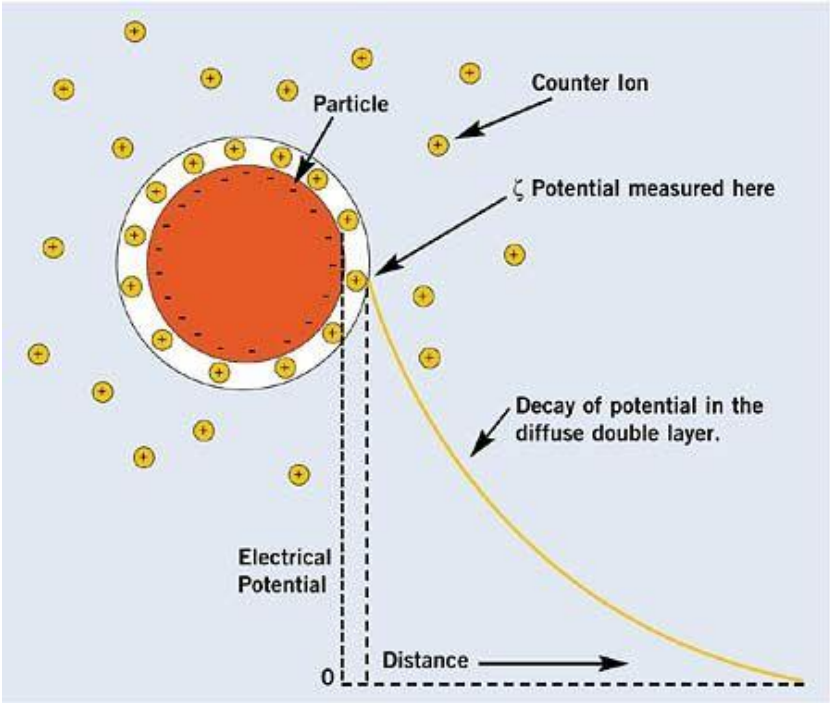
عوامل موثر بر ته نشینی ذرات:

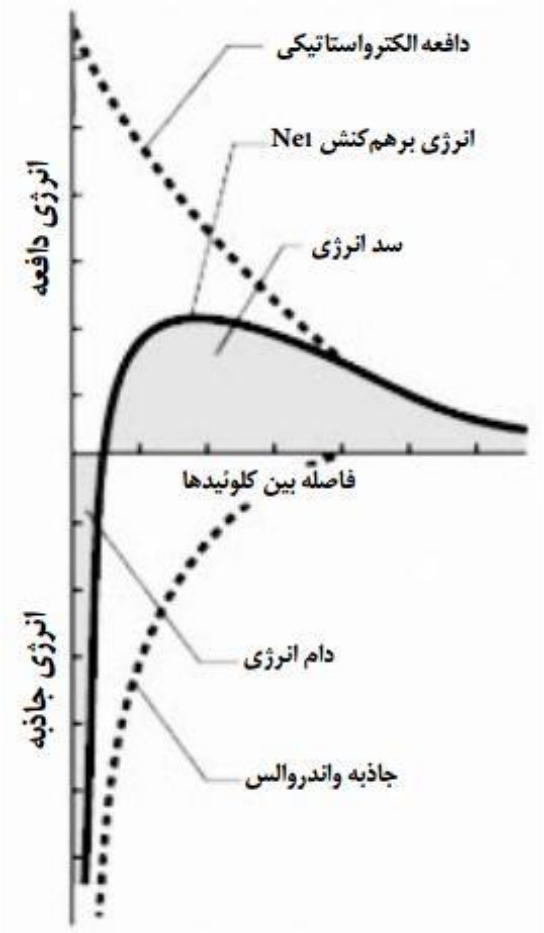
الف) اندازه ذرات

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 Net
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

ازمایشگاه آب و فاضلاب

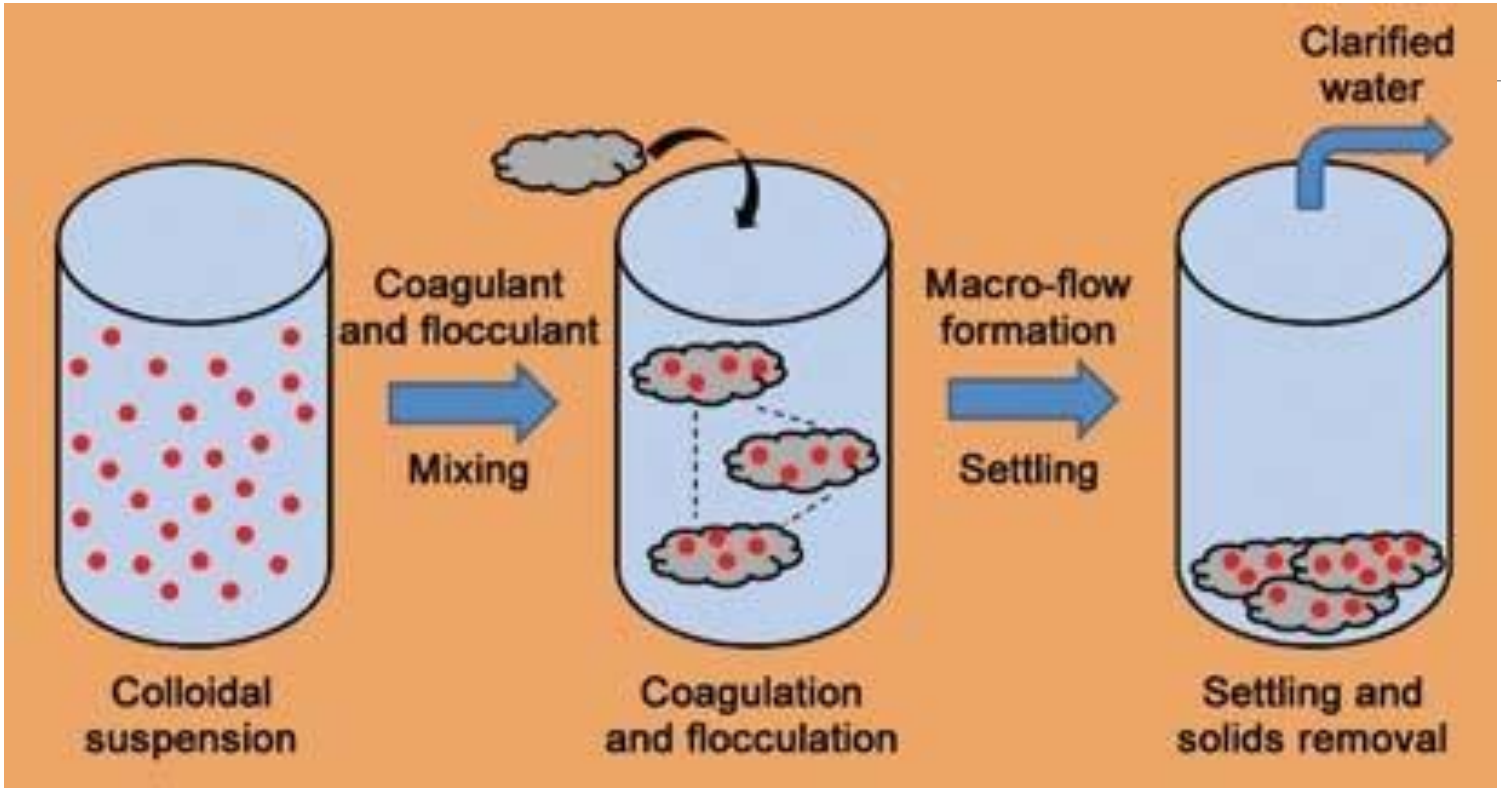
کلوئید های پایدار

کلوئید های ناپایدار

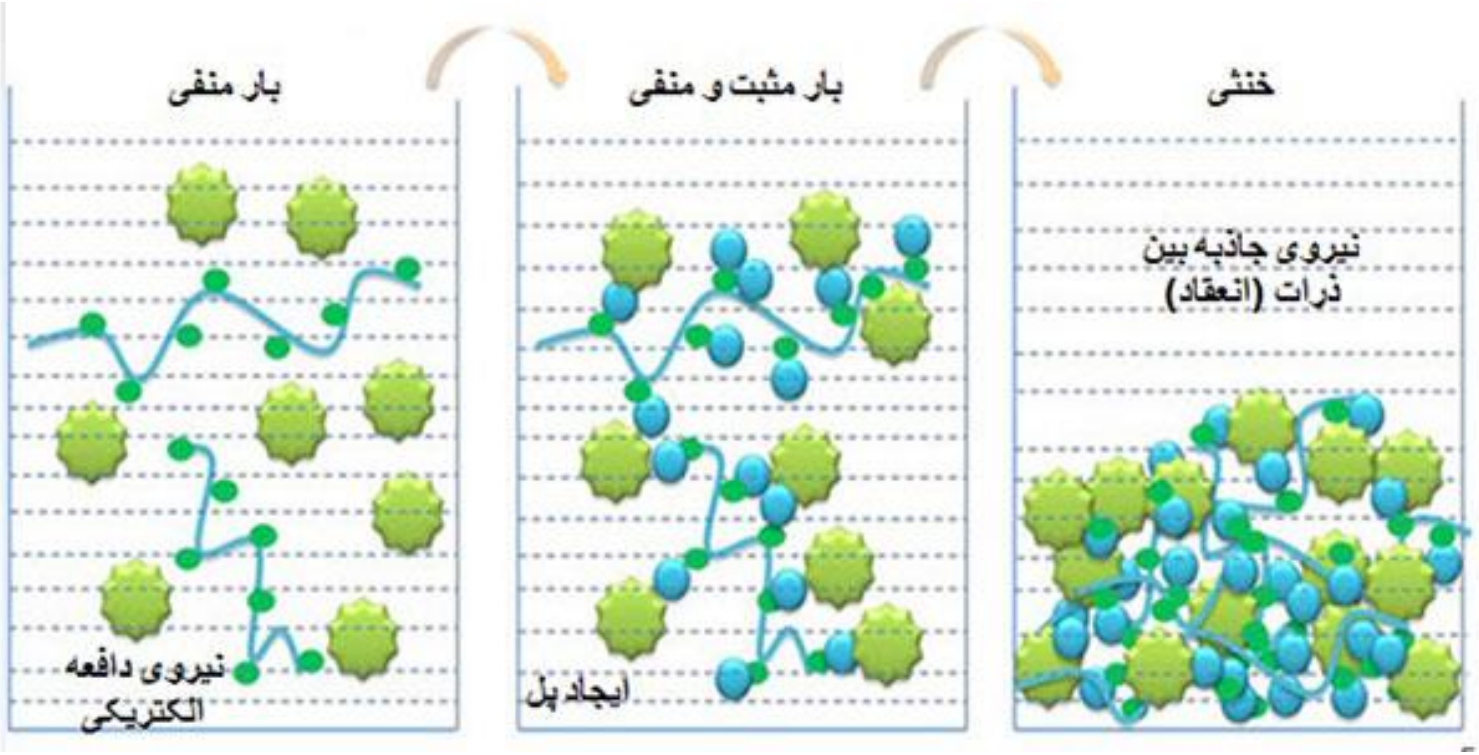
تشکیل فلوک های ریز

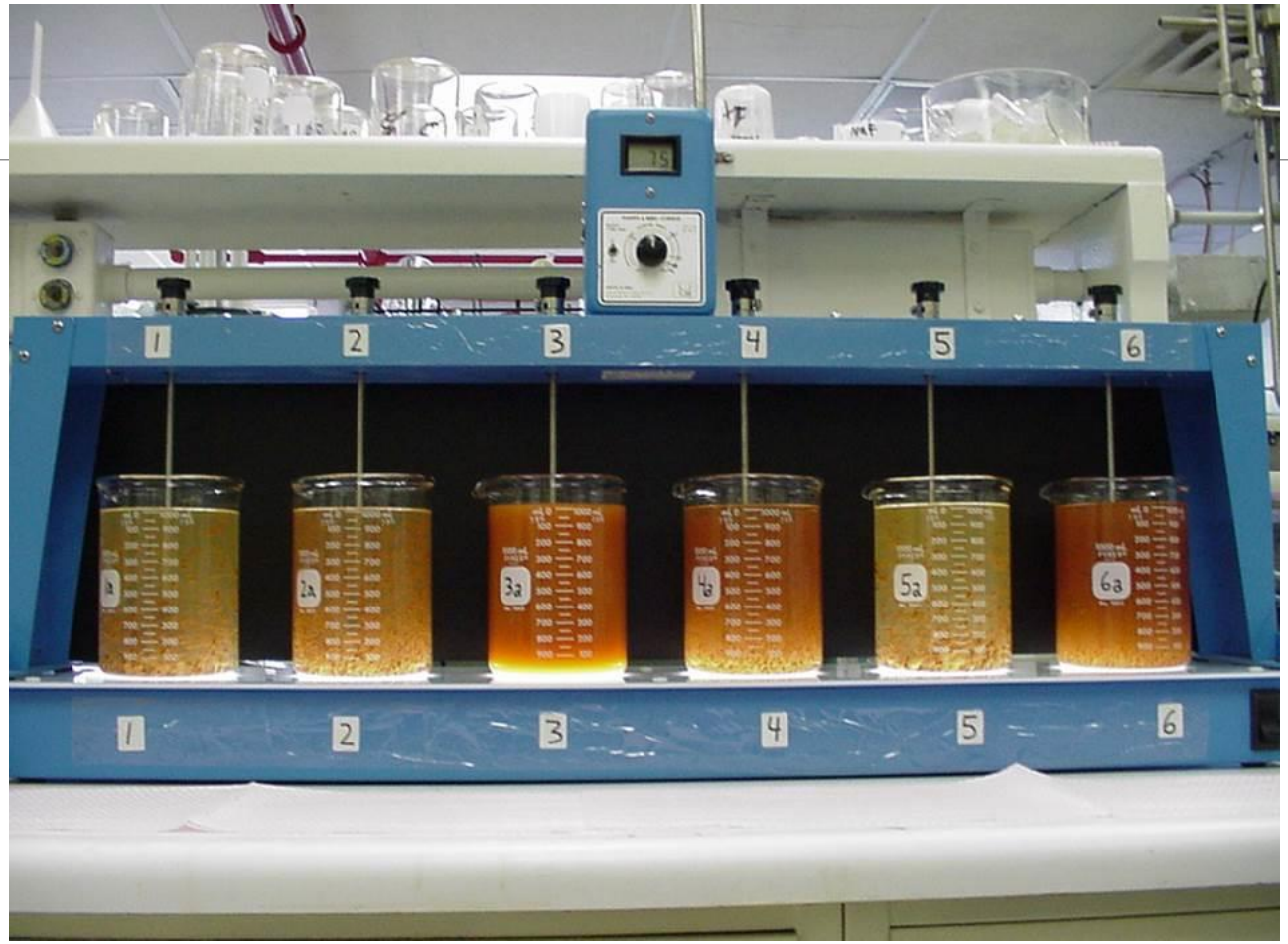
مواد منعقد کننده در تصفیه فاضلاب مورد استفاده قرار میگیرد، شامل ترکیبات رو به رو باشد:

۱.ترکیبات فلزاتی مانند آلومینیوم (سولفات آلومینیوم ,...)
۲. آهن (سولفات فرو $FeSO_4$، یا سولفات فریک یا کلرور فریک)
۳. ترکیبات الکترولیت

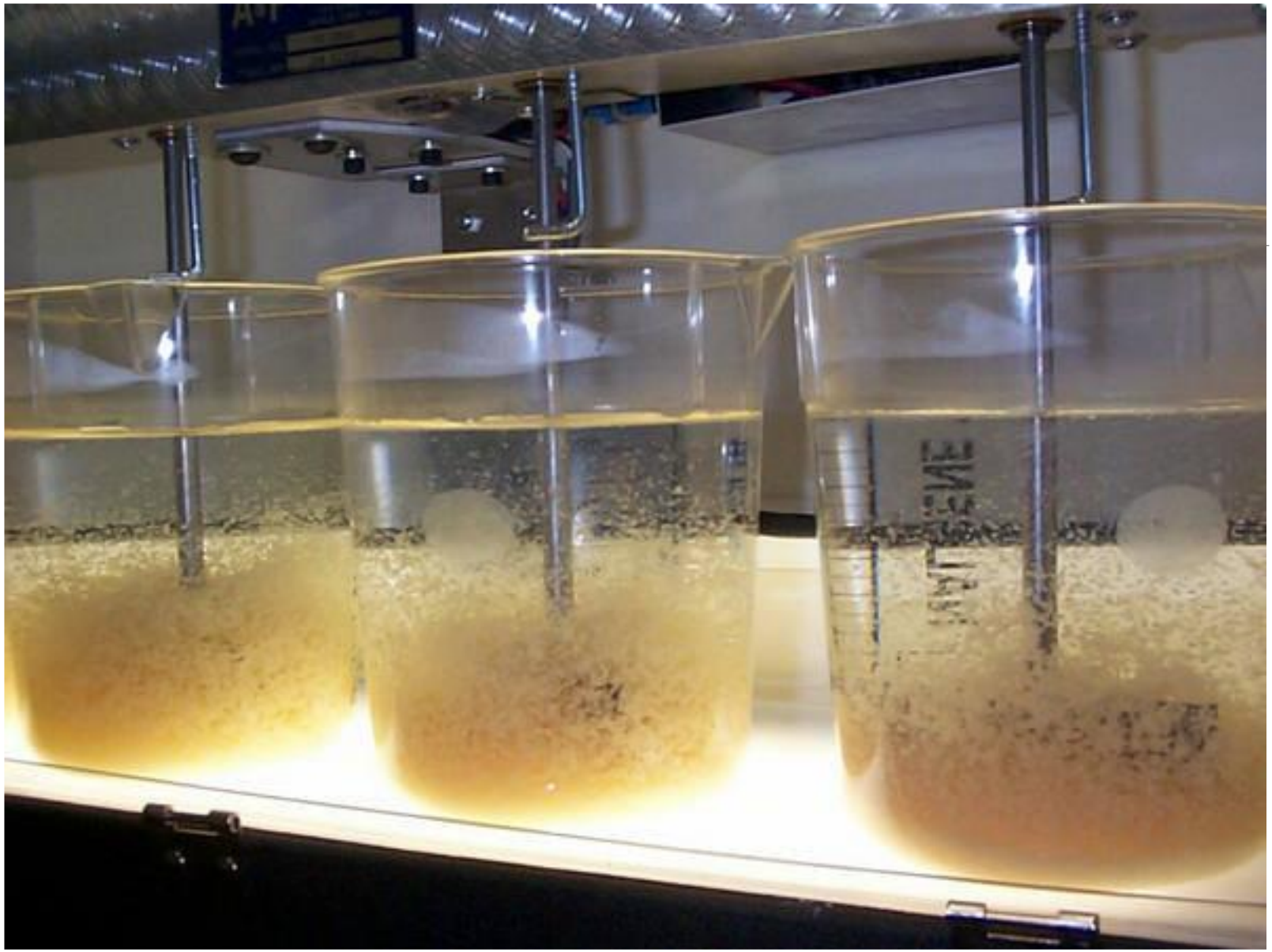


نحوه تبدیل مواد کلوئیدی به لخته های بزرگ با افزودن مواد منعقد کننده


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



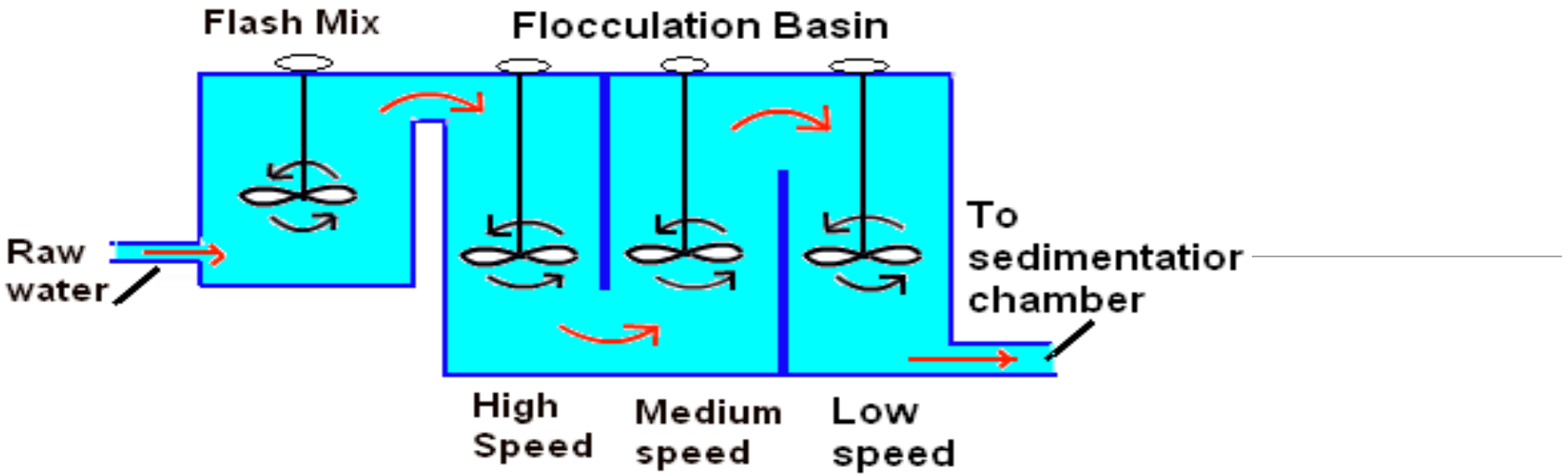
آزمایش جار

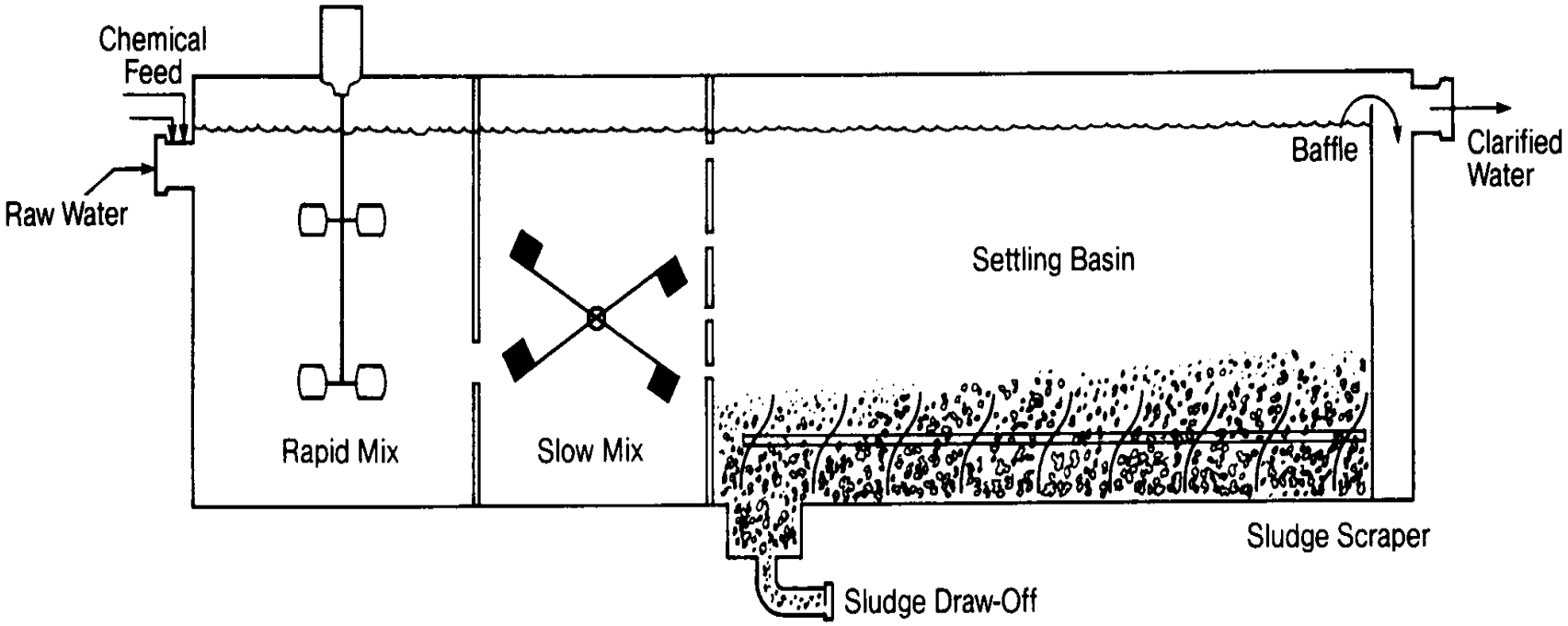


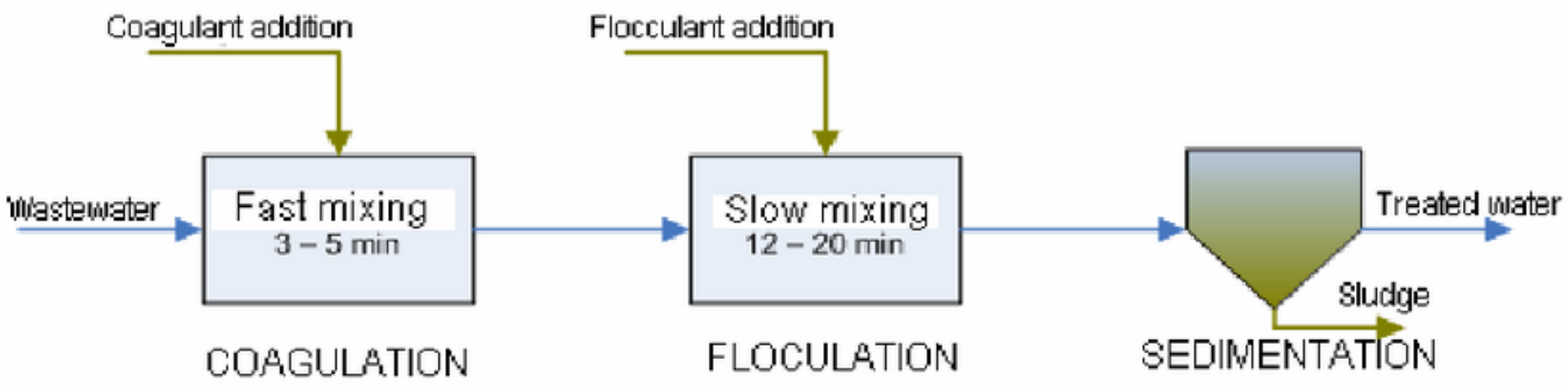
مراحل انعقاد:

فرایند انعقاد شامل مراحل زیر است:

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

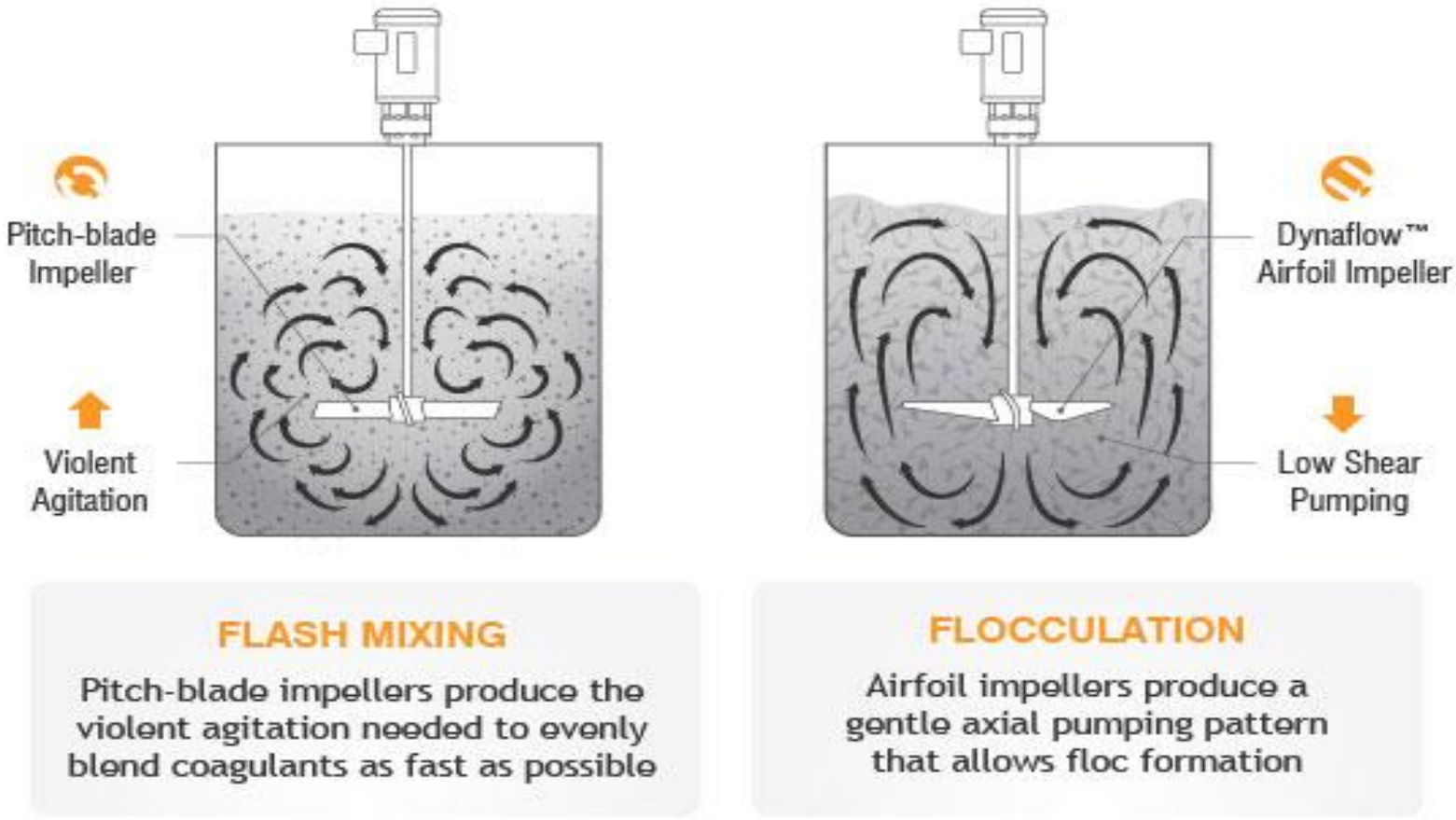

Flash Mix
Flocculation Basin
Raw water
To sedimentation chamber
High Speed
Medium speed
Low speed


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

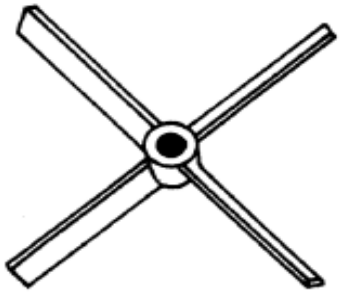

Coagulant addition
Flocculant addition
Wastewater
Fast mixing
3 – 5 min
Slow mixing
12 – 20 min
Treated water
Sludge
COAGULATION
FLOCULATION
SEDIMENTATION

دیوارهای بتنی منحرف کننده جریان در حوضچه انعقاد و لخته سازی

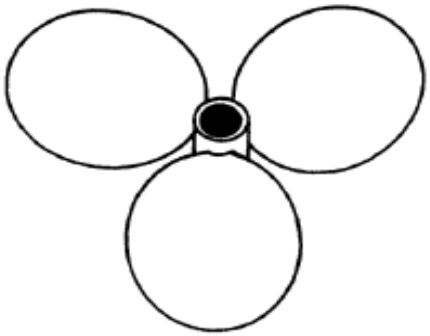
واحد اختلاط سريع



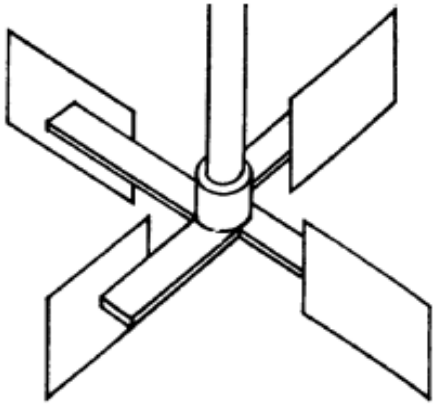
نحوه شکل گیری جریان در حوضچه اختلاط سریع و تانک لخته ساز



Axial Flow



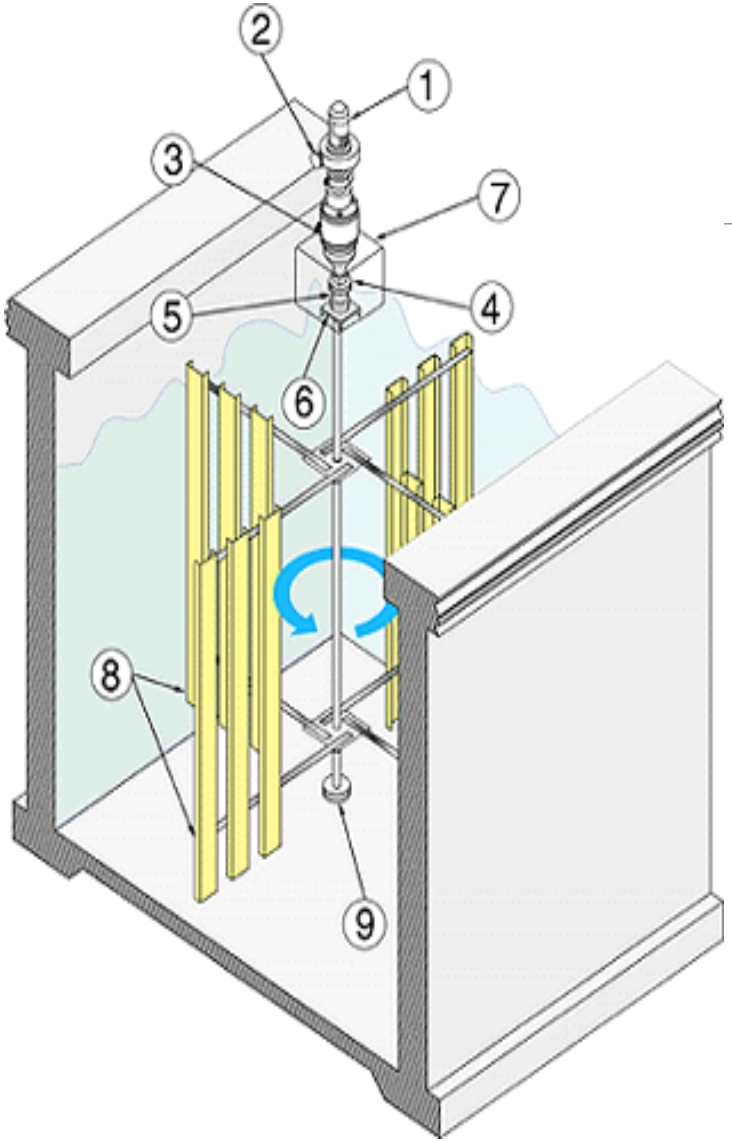
Propeller



Turbine

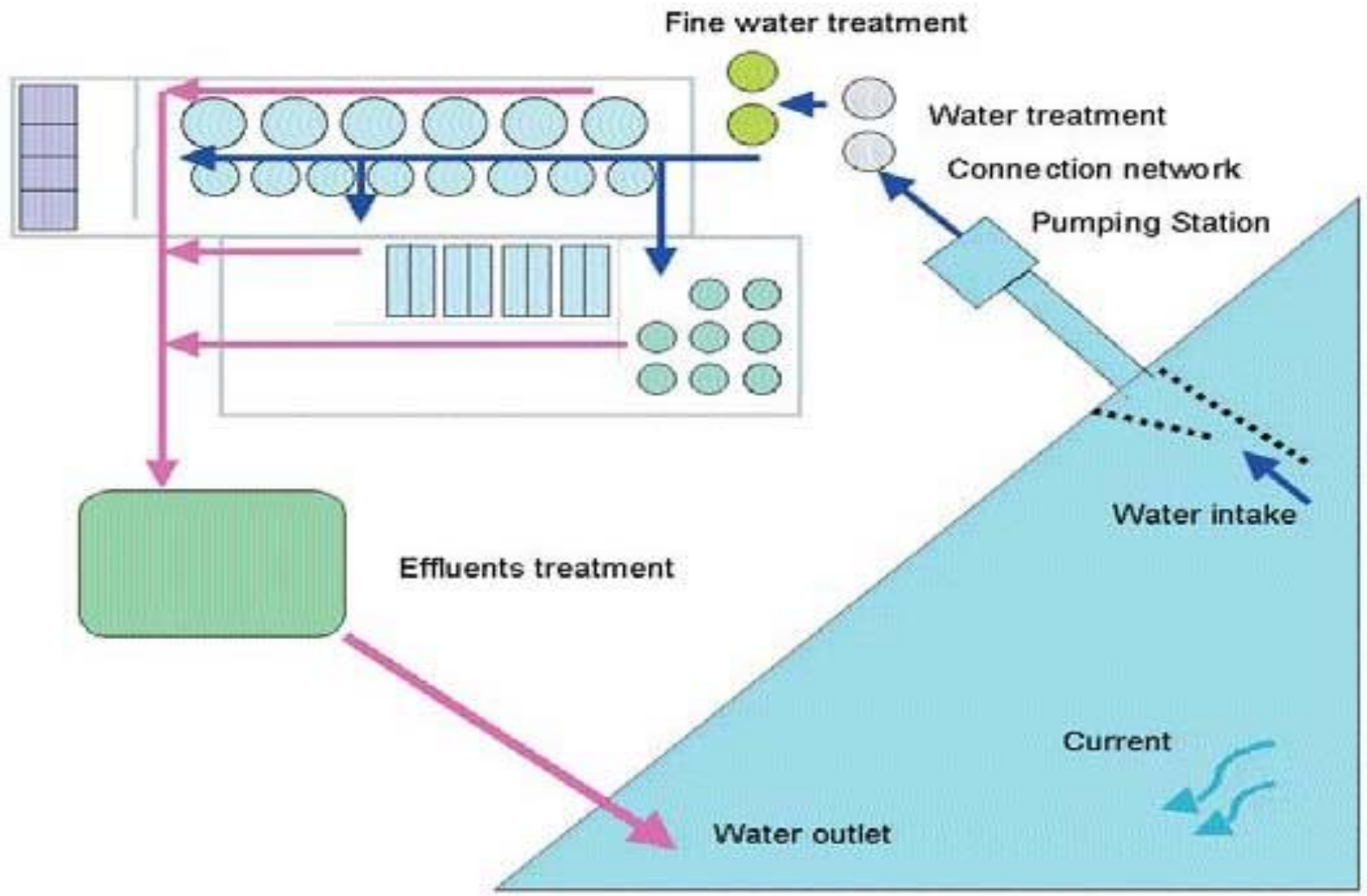
انواع مختلف همزن در واحد اختلاط سریع و لخته سازی

استفاده از همزن های پارویی در حوضچه انعقاد و لخته سازی

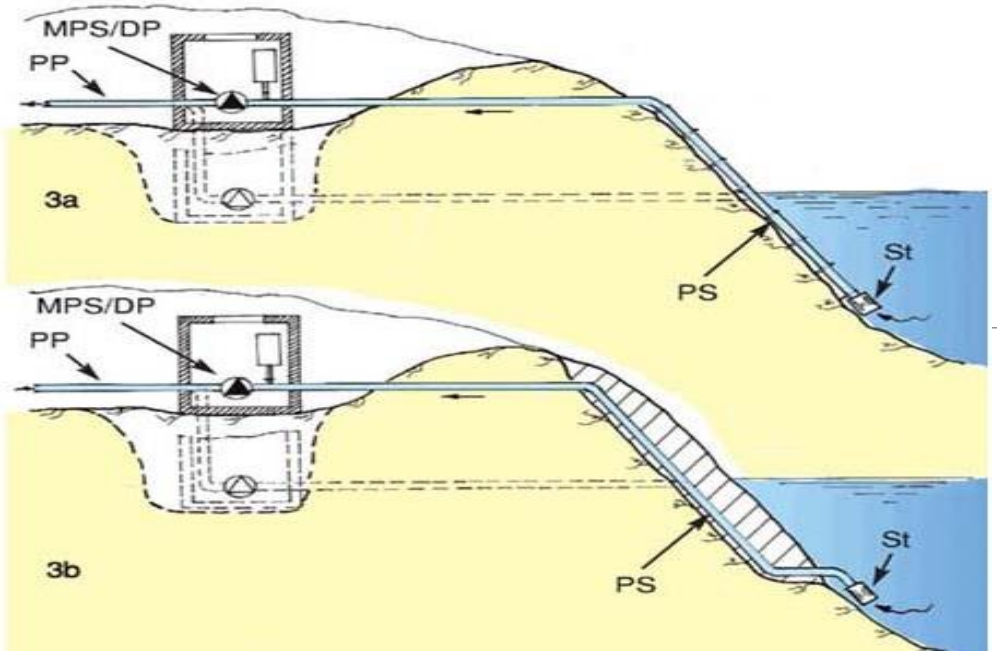


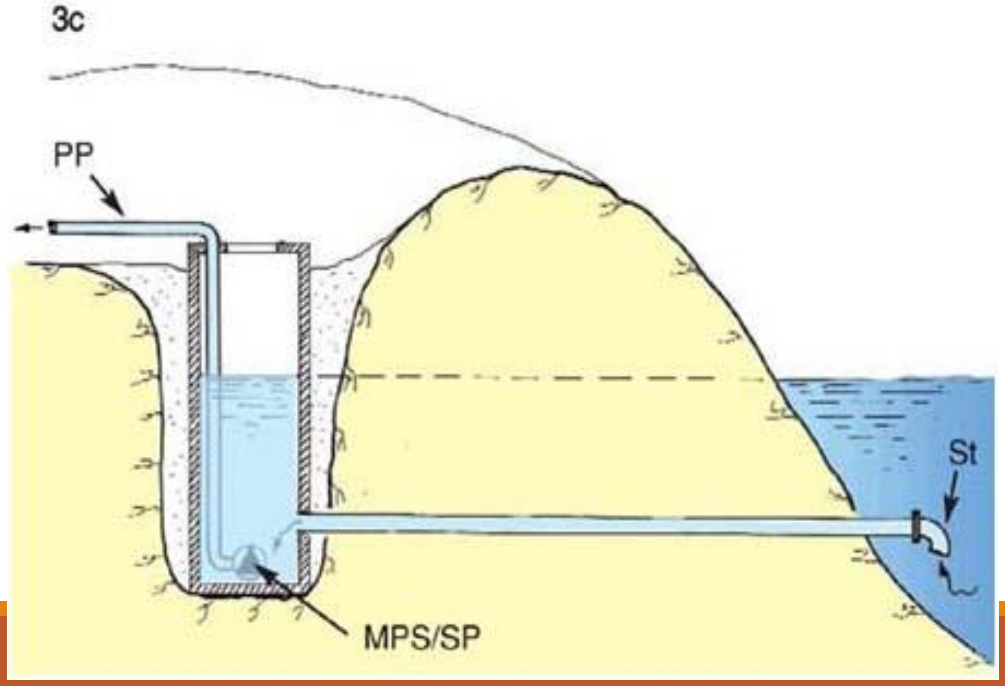
نوعی دیگر از همزن های پارویی در حوضچه انعقاد و لخته سازی

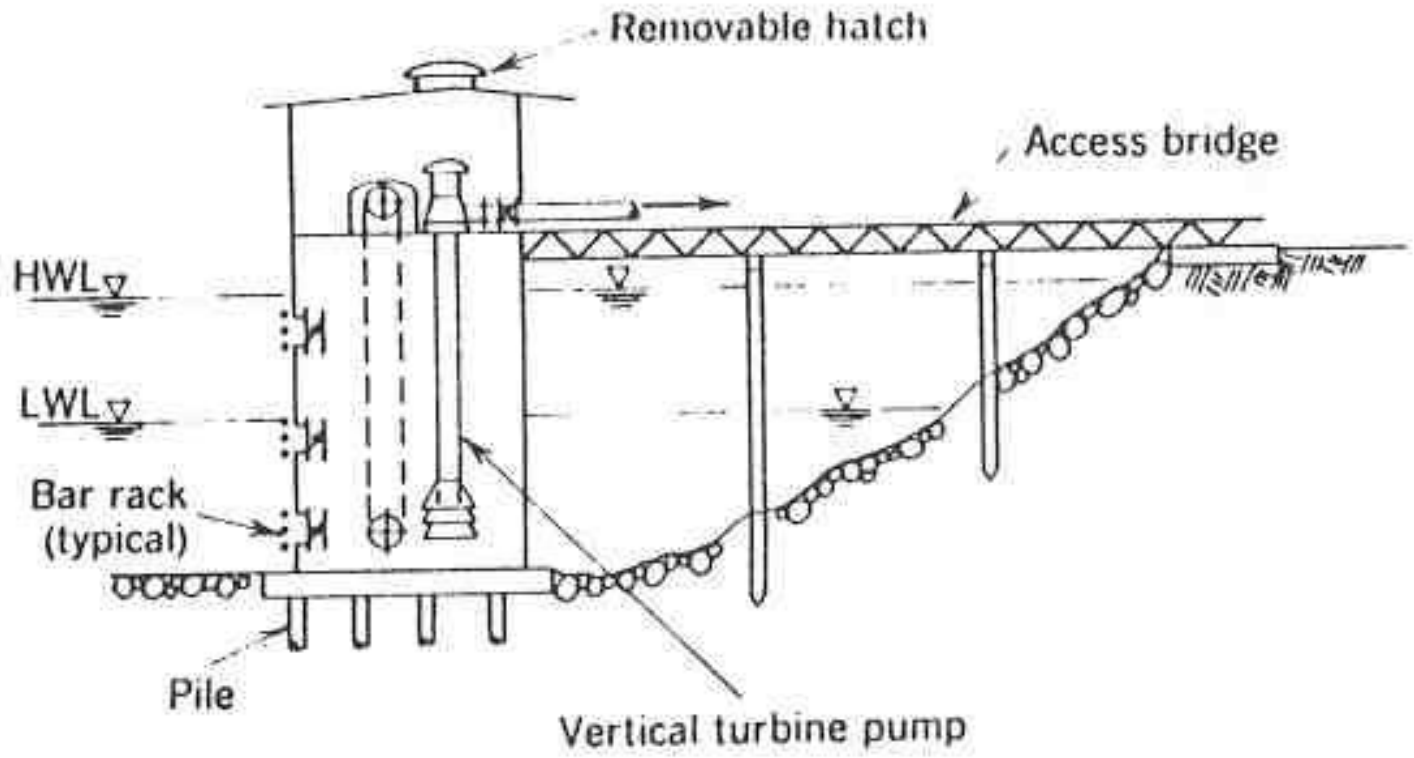
آبگیر (Intake)



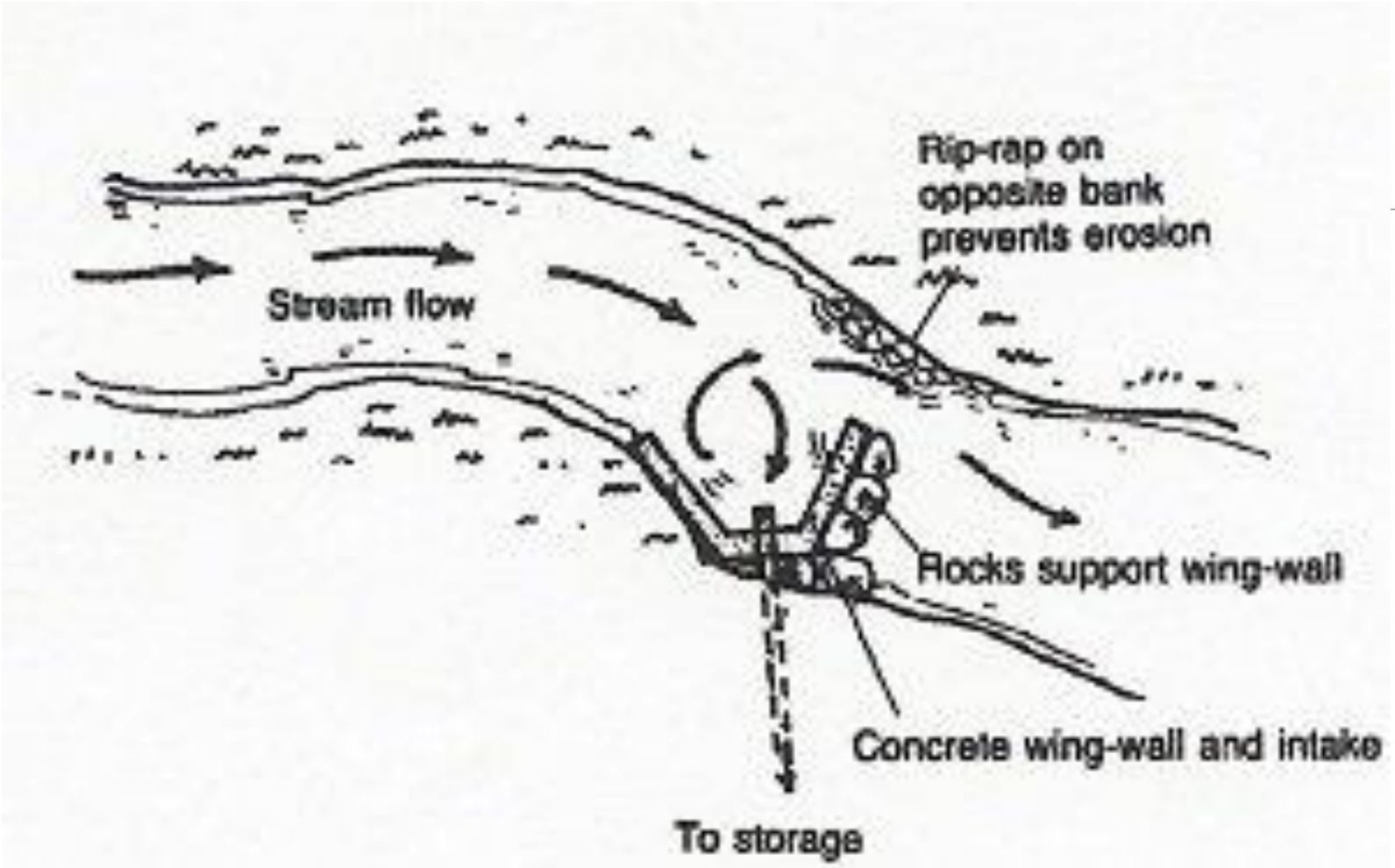
آبگیری از رودخانه و انتقال آن به تصفیه خانه آب


MPS/DP
PP
3a
PS
St
MPS/DP
PP
3b
PS
St

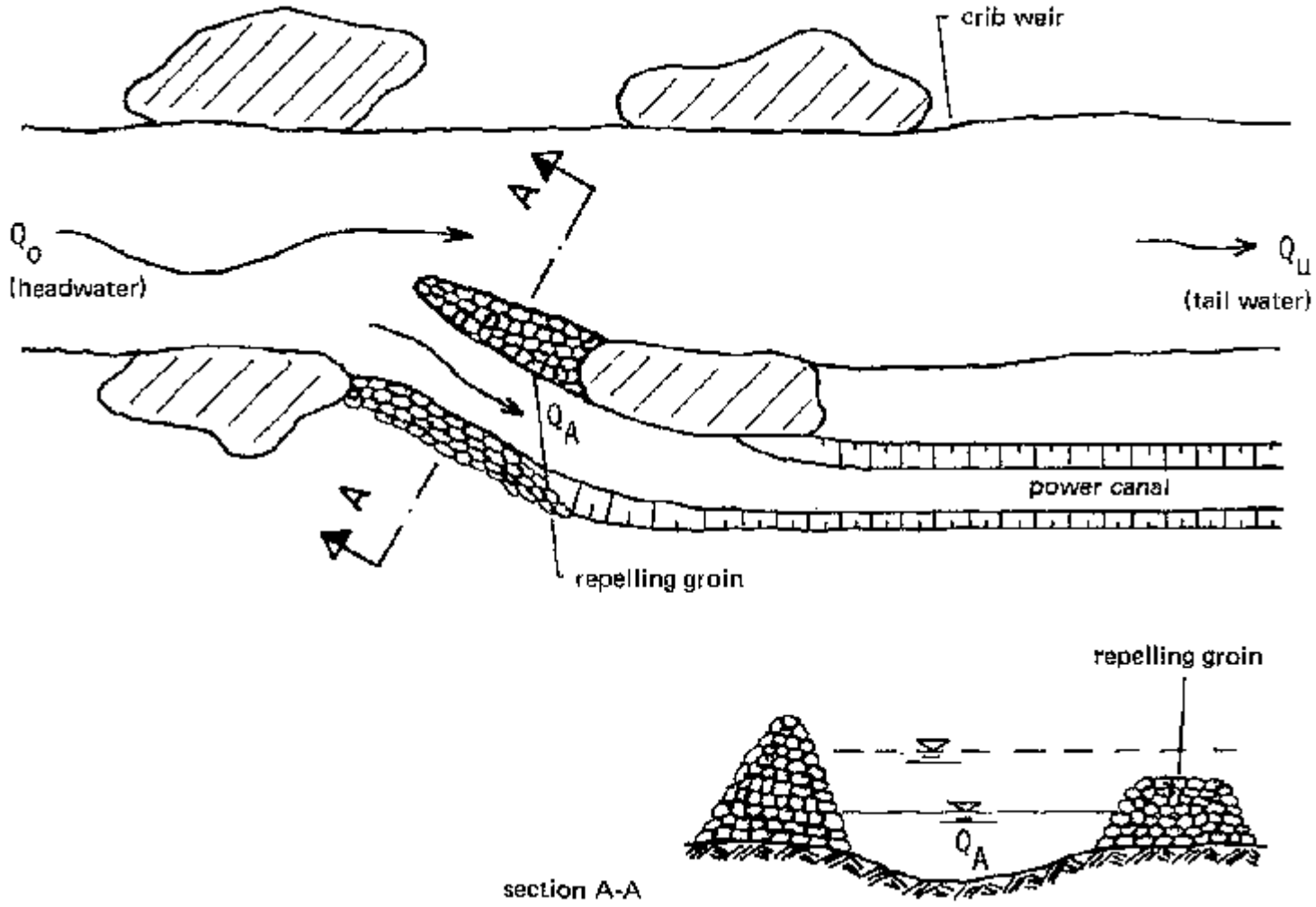

3c
PP
St
MPS/SP



آبگیری از دریاچه در ترازهای مختلف


Rip-rap on
opposite bank
prevents erosion
Stream flow
Rocks support wing-wall
Concrete wing-wall and intake
To storage

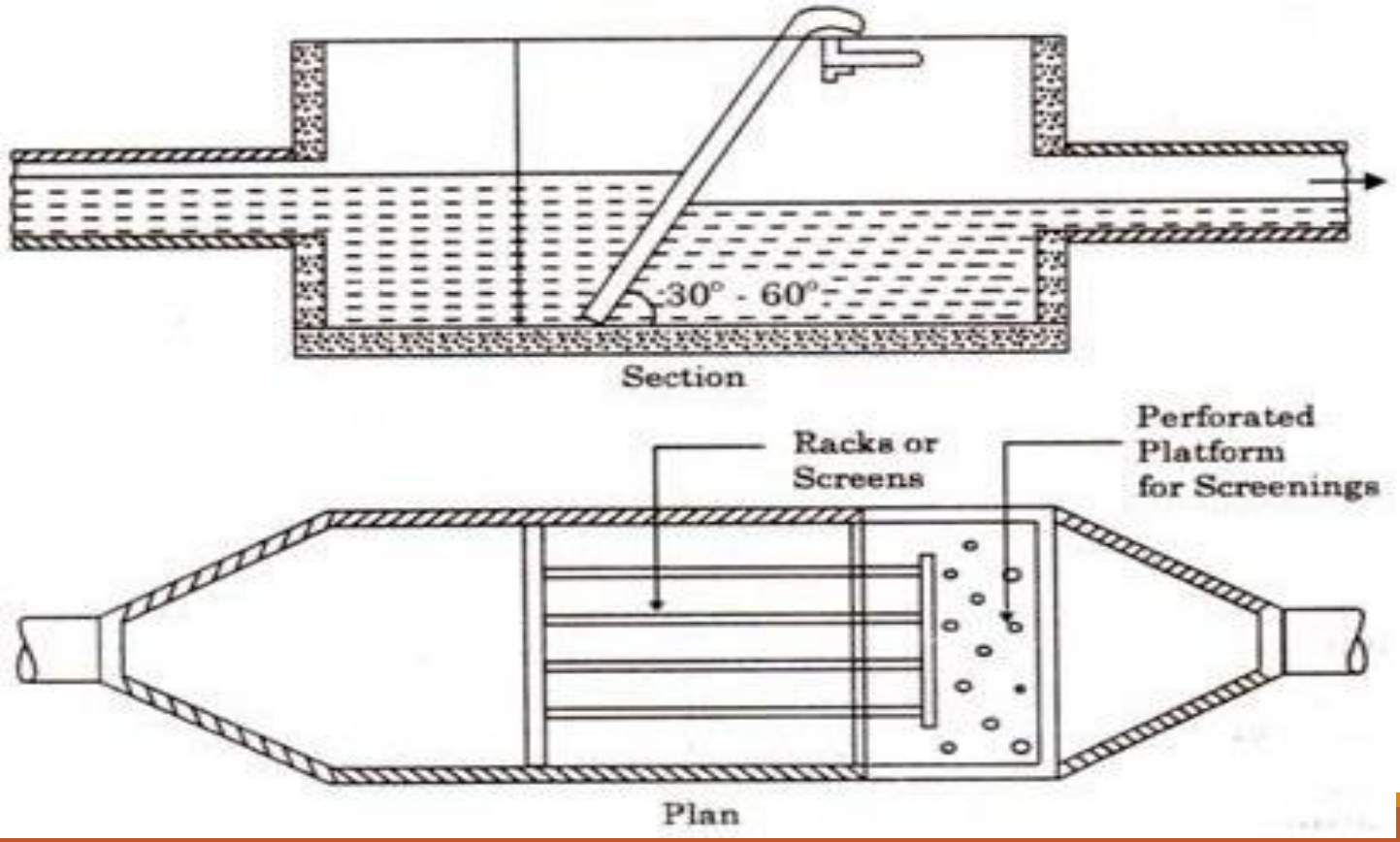
HYNDS


crib weir
A
Q_o
(headwater)
Q_u
(tail water)
Q_A
power canal
A
repelling groin
repelling groin
Q_A
section A-A

آشغالگیر (screen)

۱- جداسازی و حذف مواد بزرگ حمل شده با آب خام

۲- حفاظت از واحدهای بعدی تصفیه خانه در مقابل اشیای بزرگ



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.

روشهای پاکسازی :

الف- آشغالگیرهای میله ای با پاکسازی دستی

ب- آشغالگیرهای میله ای با پاکسازی اتوماتیک

واحد آشغال گیری با پاکسازی دستی

واحد آشغال گیری با پاکسازی مکانیزه

حوضچه پیش ته نشینی (pre-settlement basin)

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

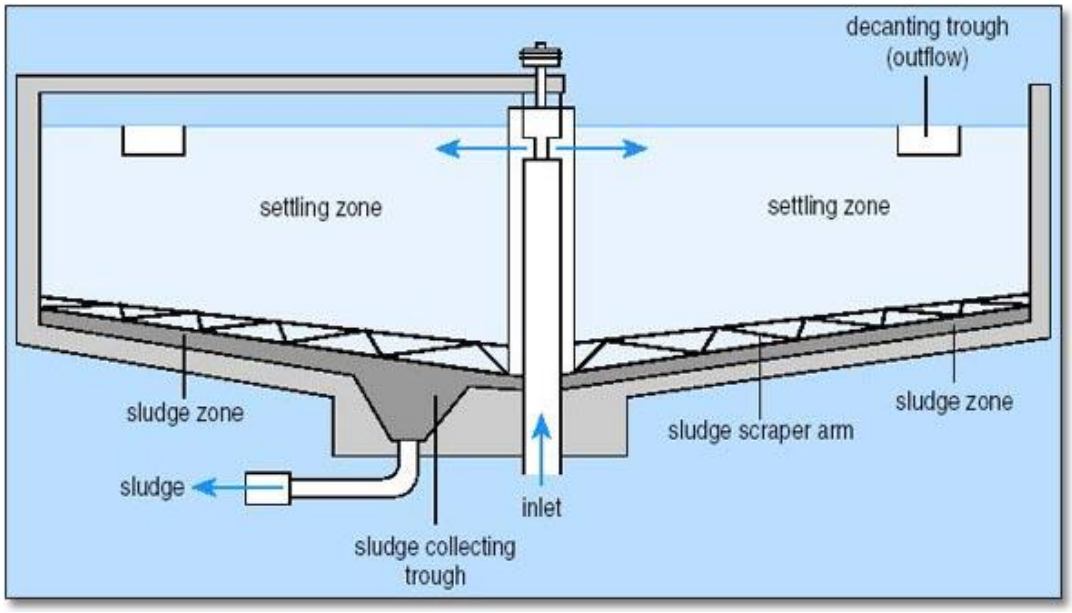
ذراتی مانند سنگ ریزه، شن، ماسه و سایر مواد ریگ دار آب خام طی فرایند ته نشینی از آب جدا می شوند.

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

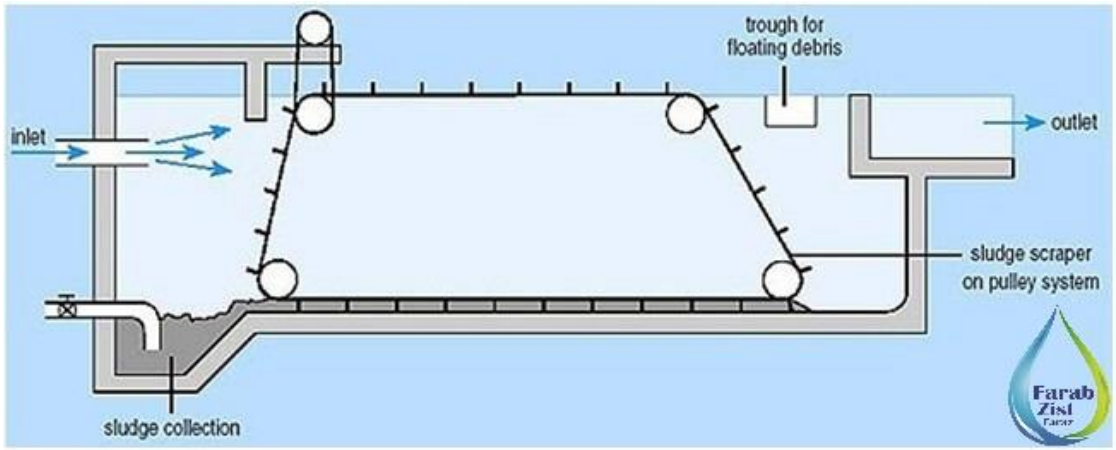
عمق این استخرها معمولاً بین ۳ تا۵ متر و نسبت طول به عرض بین ۳ تا ۶ متغیر است.

حدود ۶۰٪ از مواد معلق موجود در آب در زمان ماندی حدود ۴ ساعت، در این حوضچه ها ته نشین می شود.

حوضچه ته نشینی مستطیلی و دایره ای



شماتیک تانک ته نشینی دایره ای



شماتیک تانک ته نشینی مستطیلی

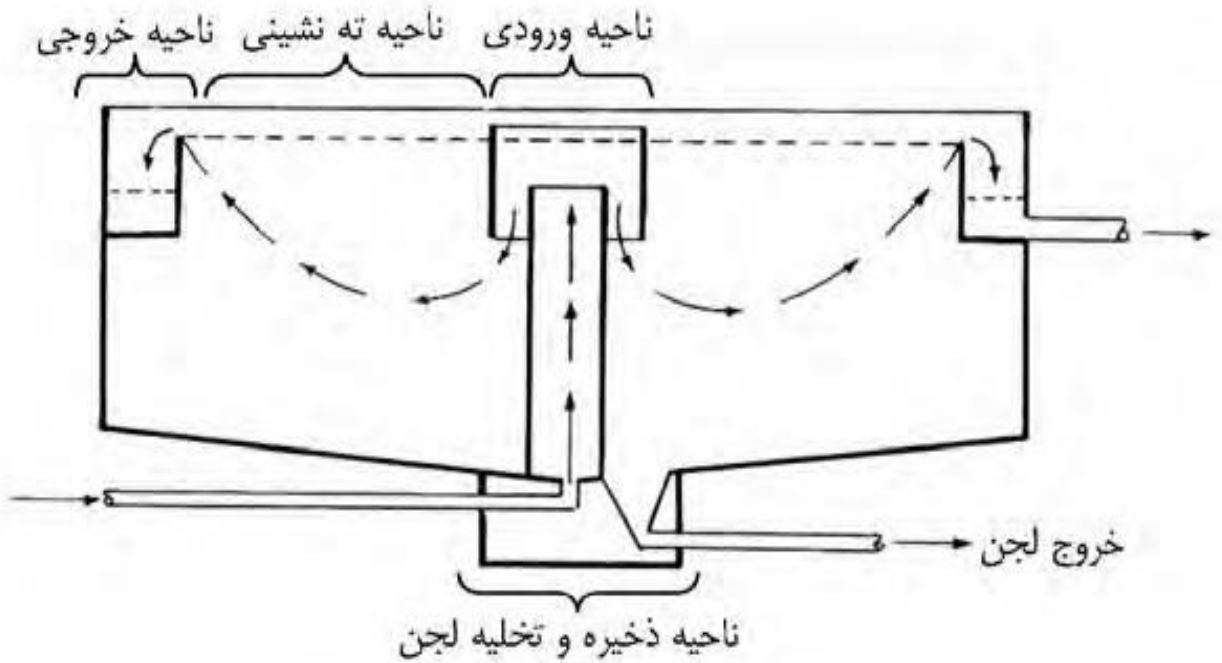
ناحیه بندی حوض ته نشینی:

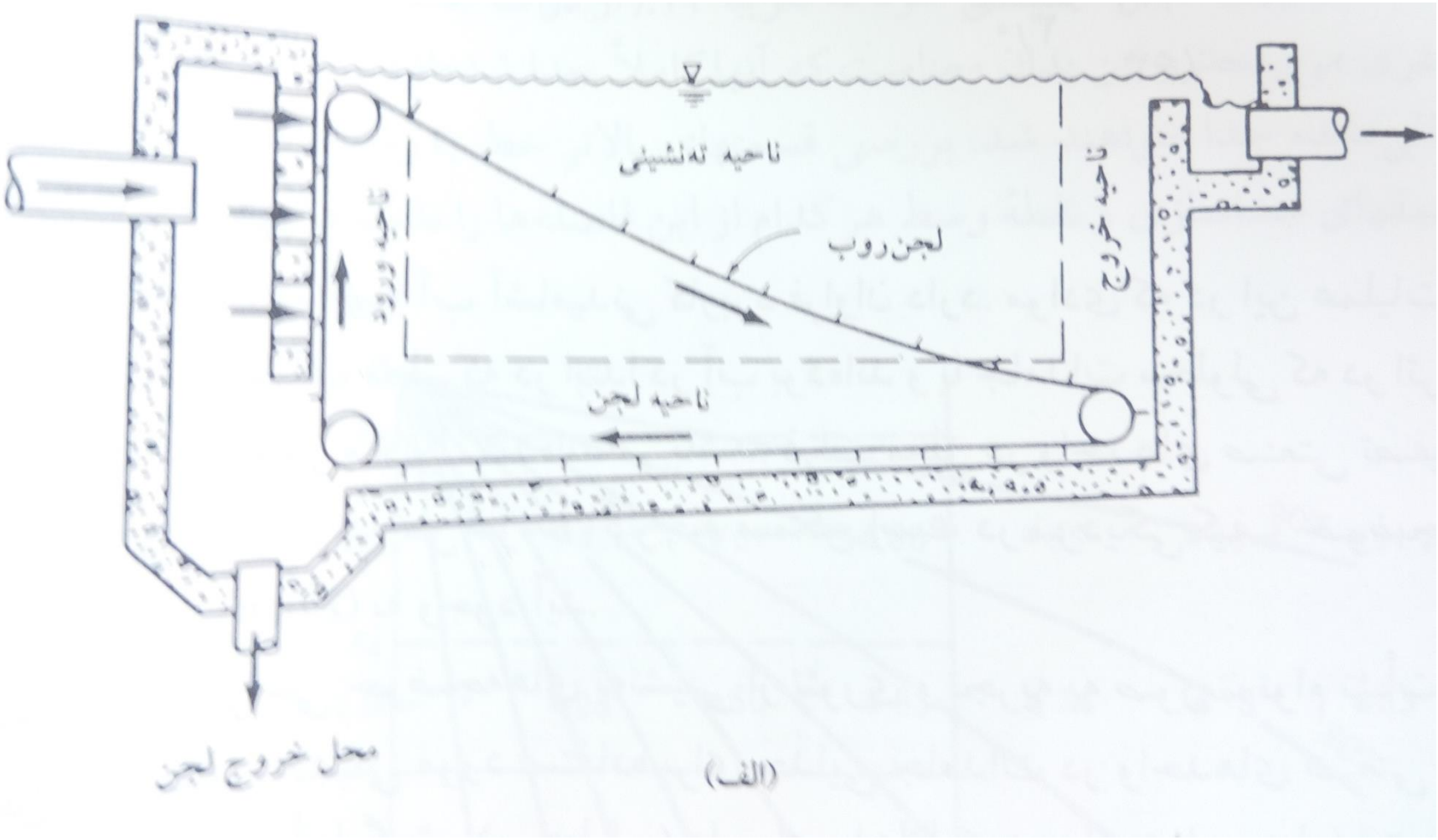
الف- ناحیه ورودی

ب - ناحیه ته نشینی

ج - ناحیه لجن

د -ناحیه خروجی

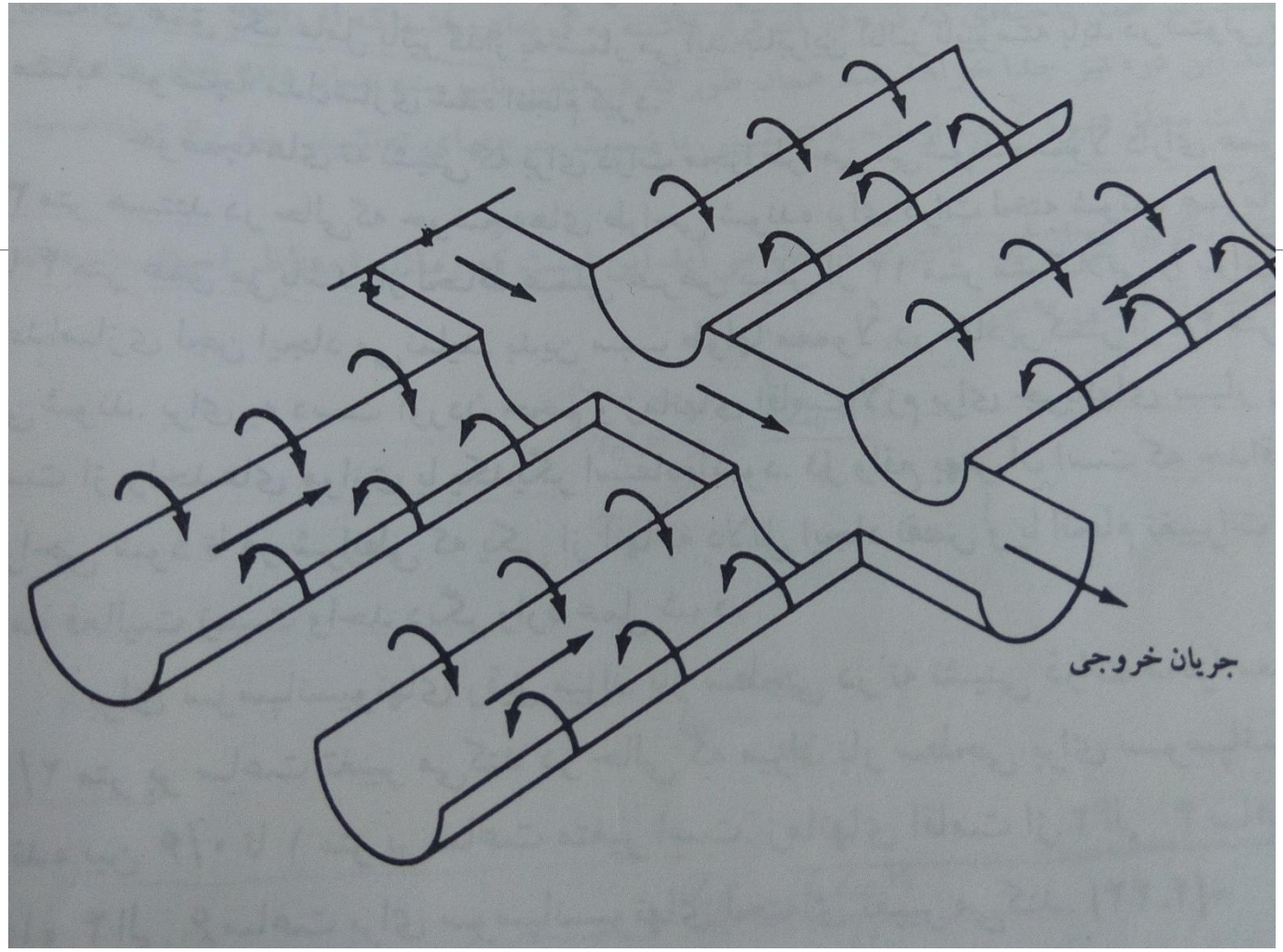



ناحیه ته‌نشینی
لجن‌روب
ناحیه ورود
ناحیه خروج
ناحیه لجن
محل خروج لجن
(الف)

تانک ته نشینی دایره ای و تیغه لجن روب کف

تانک ته نشینی مستطیلی

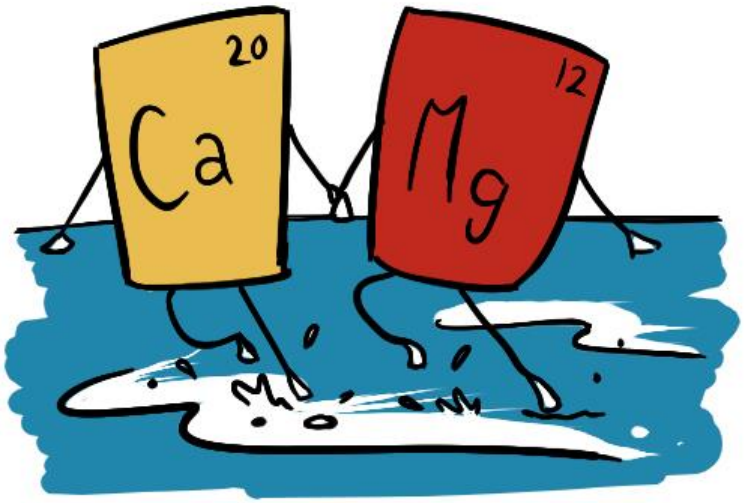
سرریز آب در تانک ته نشینی دایره ای



شماتیک سرریز در حوضچه های ته نشینی

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

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 غیرکربناتی 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:

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

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.

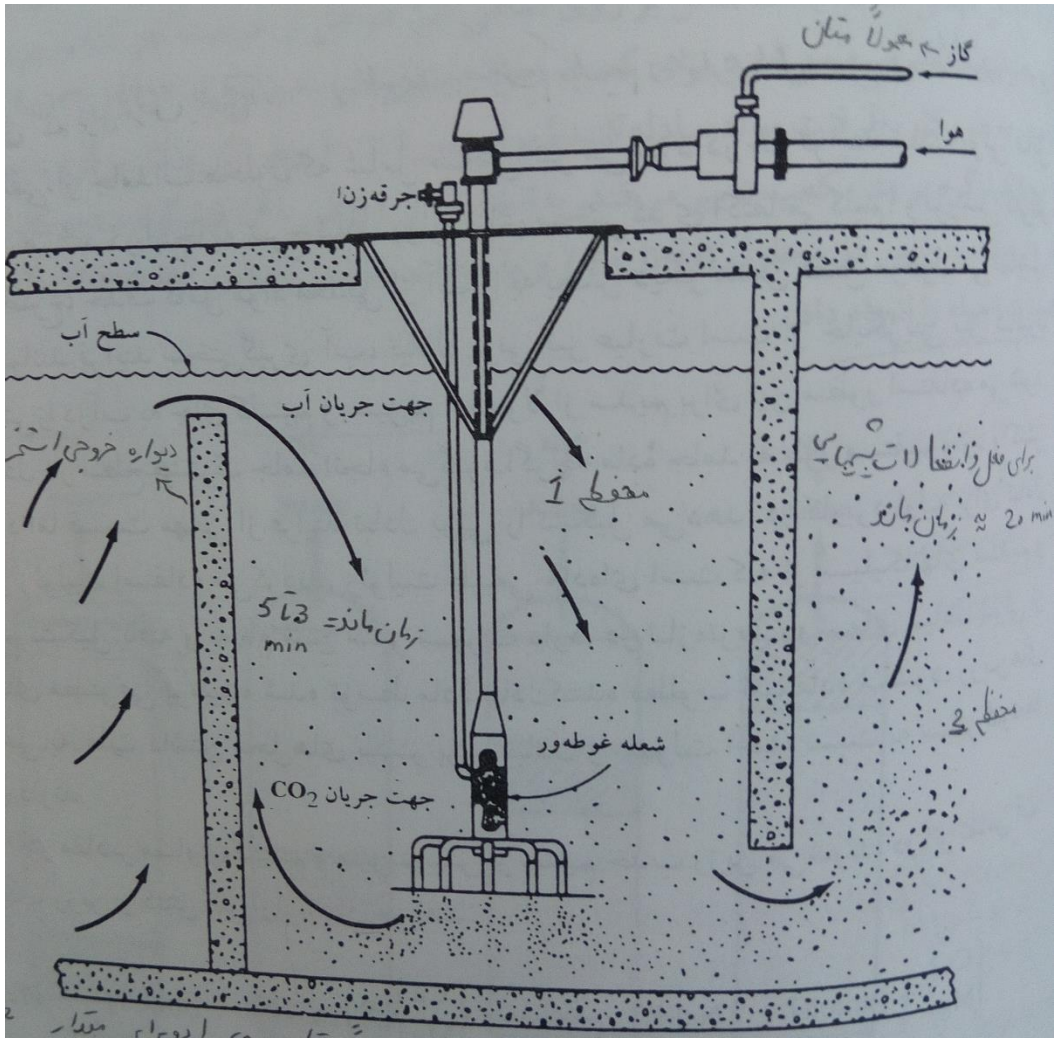
کربناسیون مجدد Recarbonation

- 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.

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

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

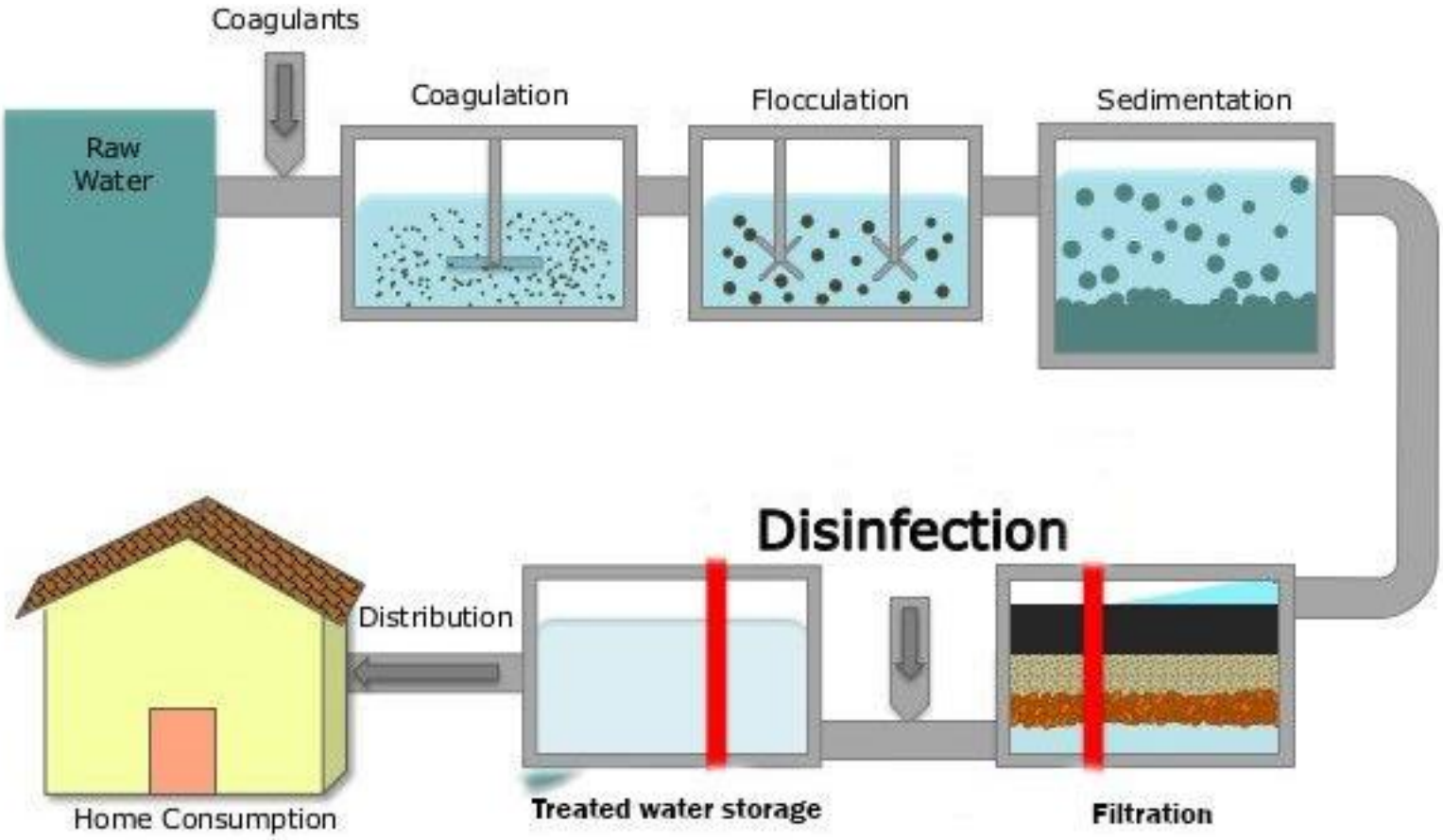
واحد کربناسیون مجدد

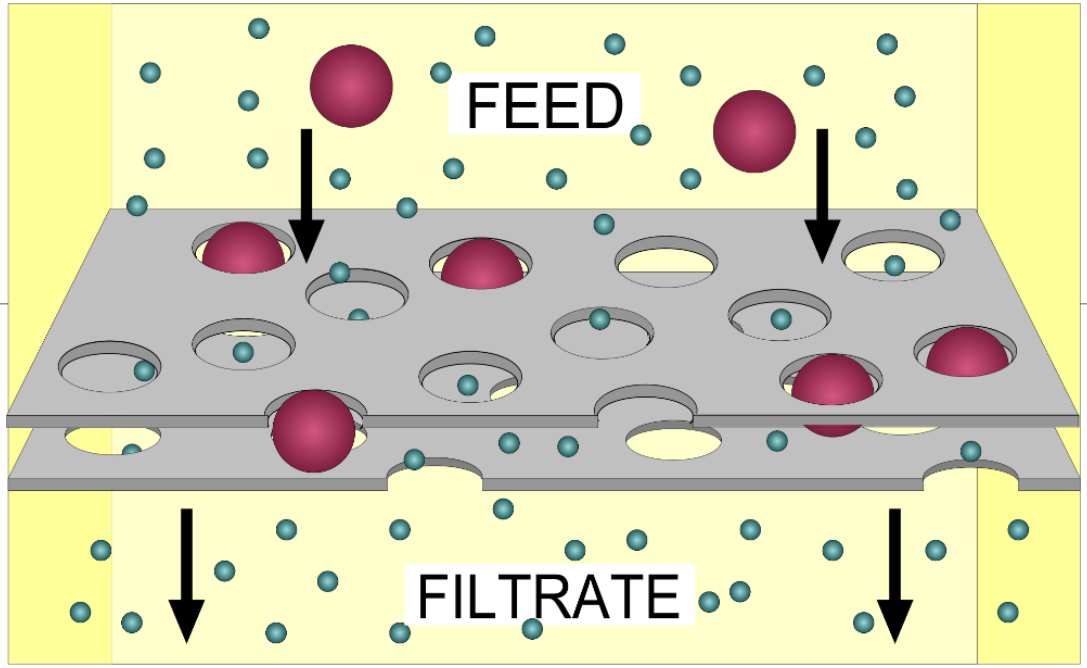


زمان ماند در محفظه اختلاط:
۳ تا ۵ دقیقه

زمان ماند در محفظه واکنش:
حداقل ۲۰ دقیقه

فیلتر کردن (Filtration)





حذف ذرات معلقی که در مراحل انعقاد و سختی گیری ته نشین نشده اند شامل:

باکتری ها، کلوئیدها، جلبک و میکروارگانیسم های مختلف

گل، رنگ، مواد آلی، پلانکتون، ذرات حاصل از سختی گیری

صافی ماسه ای/شنی کند (Filter Slow Sand)

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

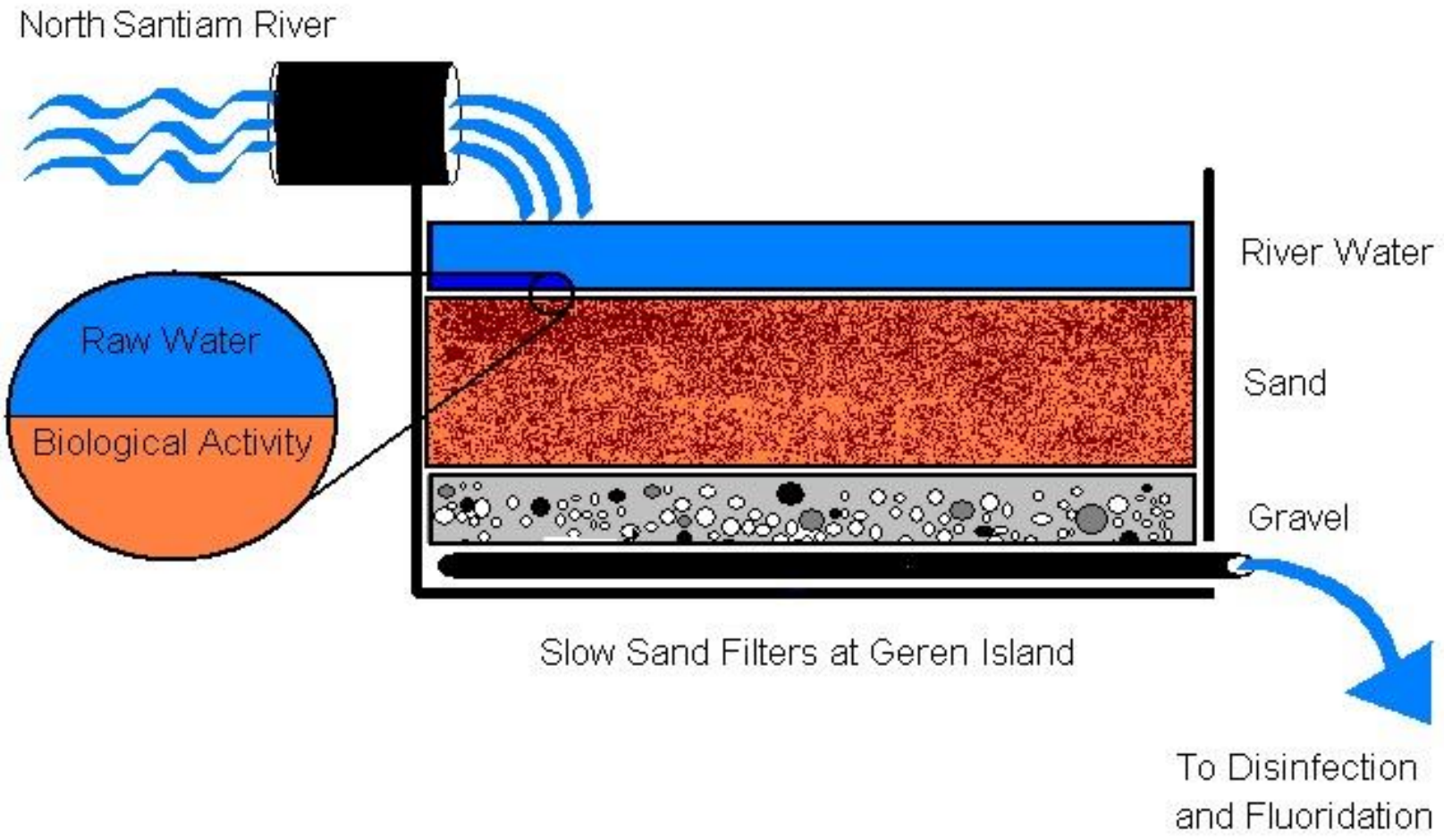
کاربرد صافی های ماسه ای/شنی کند:

الف) تصفیهٔ آبهای حاوی جامدات معلق

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

ج) تصفیهٔ آبهای سطحی با کدورت متوسط

بخش های مختلف صافی ماسه ای کند



صافی ماسه ای کند

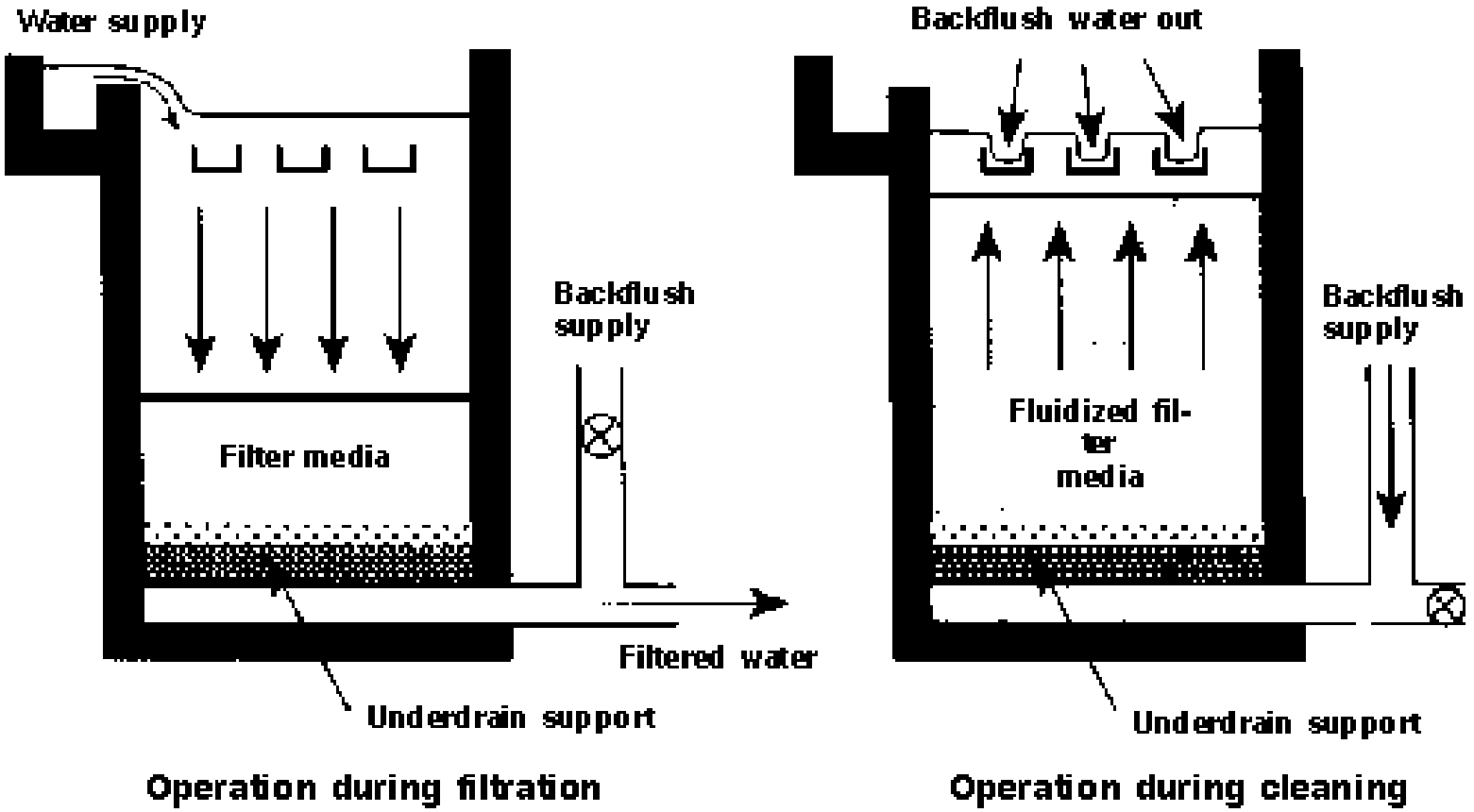
صافی ماسه ای تند (Rapid Sand Filter)

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

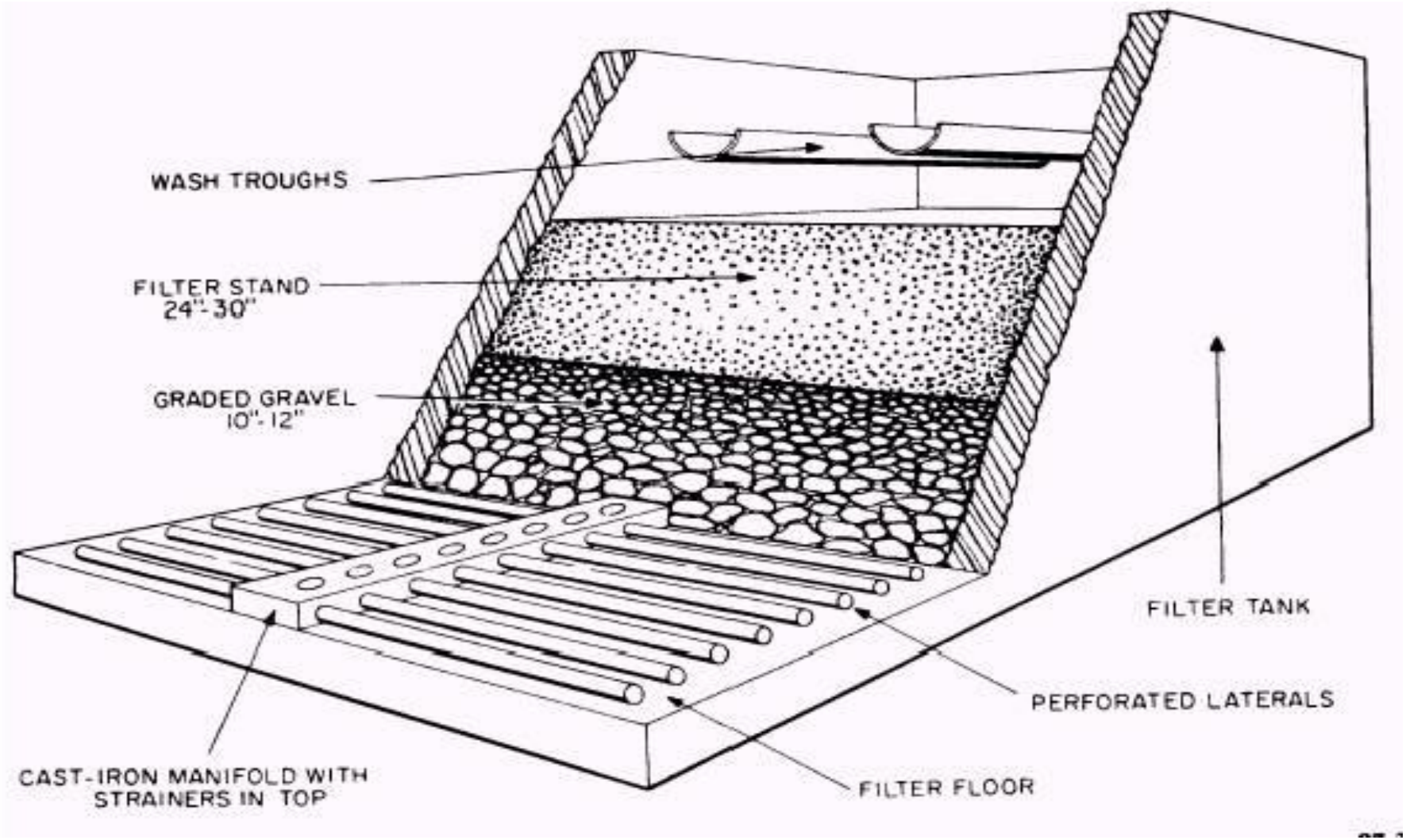
تمیز کردن این نوع فیلتر ها: شستشوی معکوس

زمان بین دو بکواش ۶ تا ۷۲ ساعت

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



مکانیسم عملکرد صافی ماسه ای تند


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

کاربرد صافی ماسه ای تند:

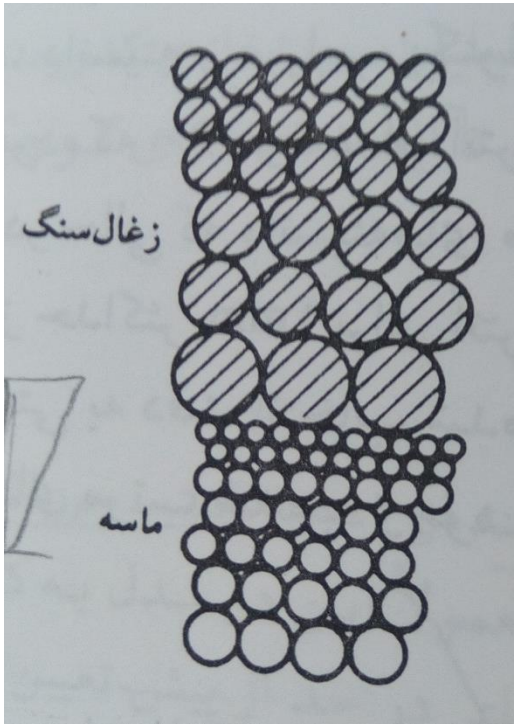
الف) پس از هوادهی به منظور جداسازی اشکال نامحلول آهن و منگنز، در این روش معمولاً آب را در بالای صافی از ارتفاع مناسبی پخش می نمایند.

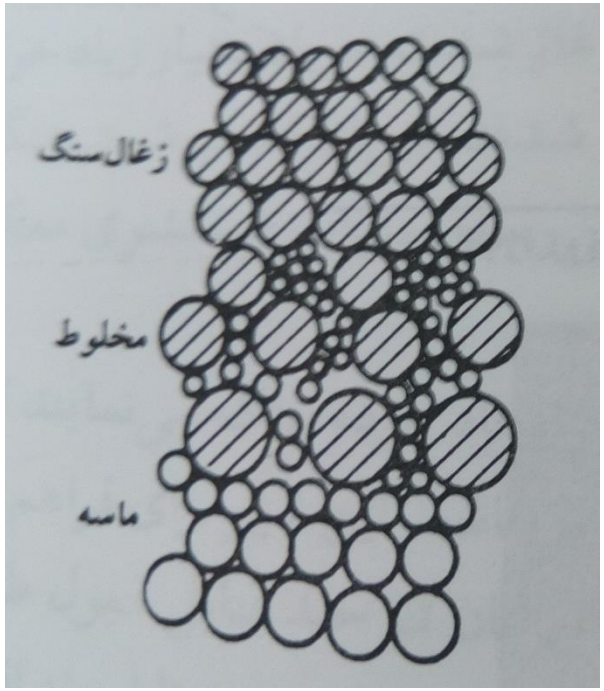
ب) تصفیهٔ آب رودخانه های با کدورت بالا پس از واحدهای انعقاد، لخته سازی و ته نشینی.

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

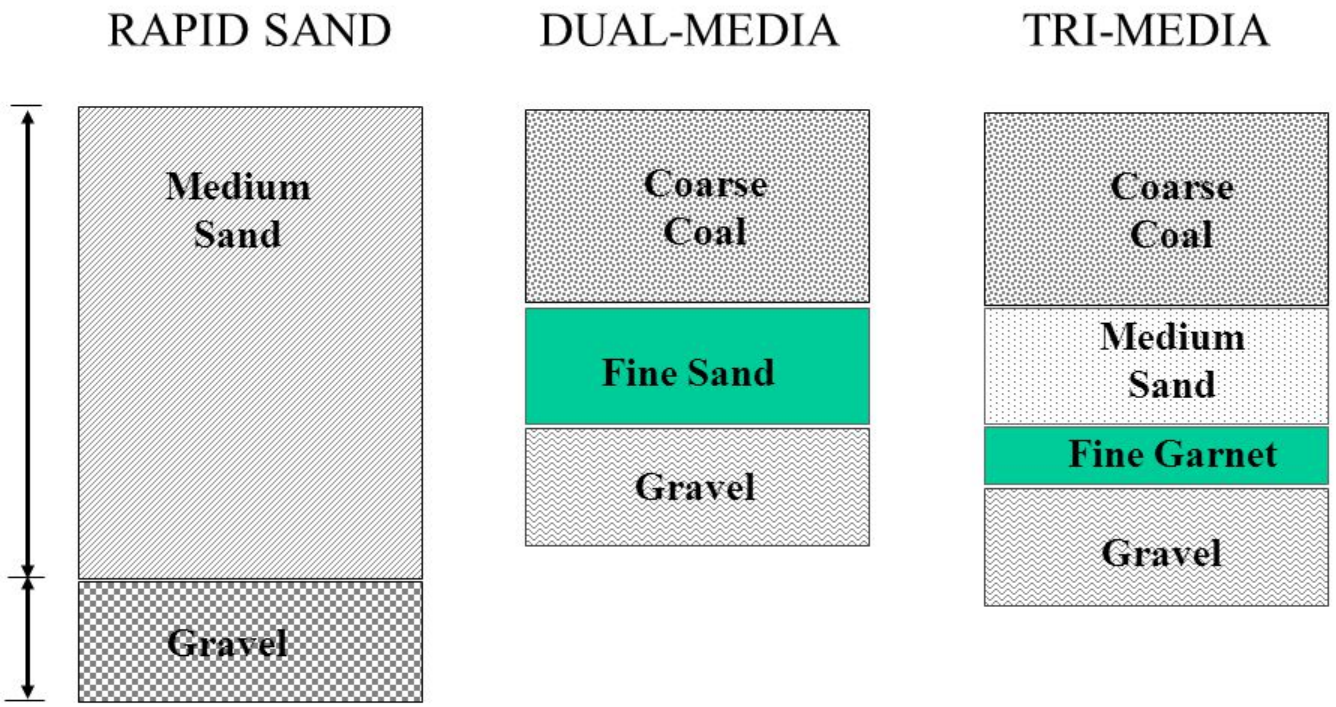
د) تصفیهٔ آبهای با کدورت پایین مثل دریاچه ها و رودخانه ها.

فیلتر با بستر دوگانه

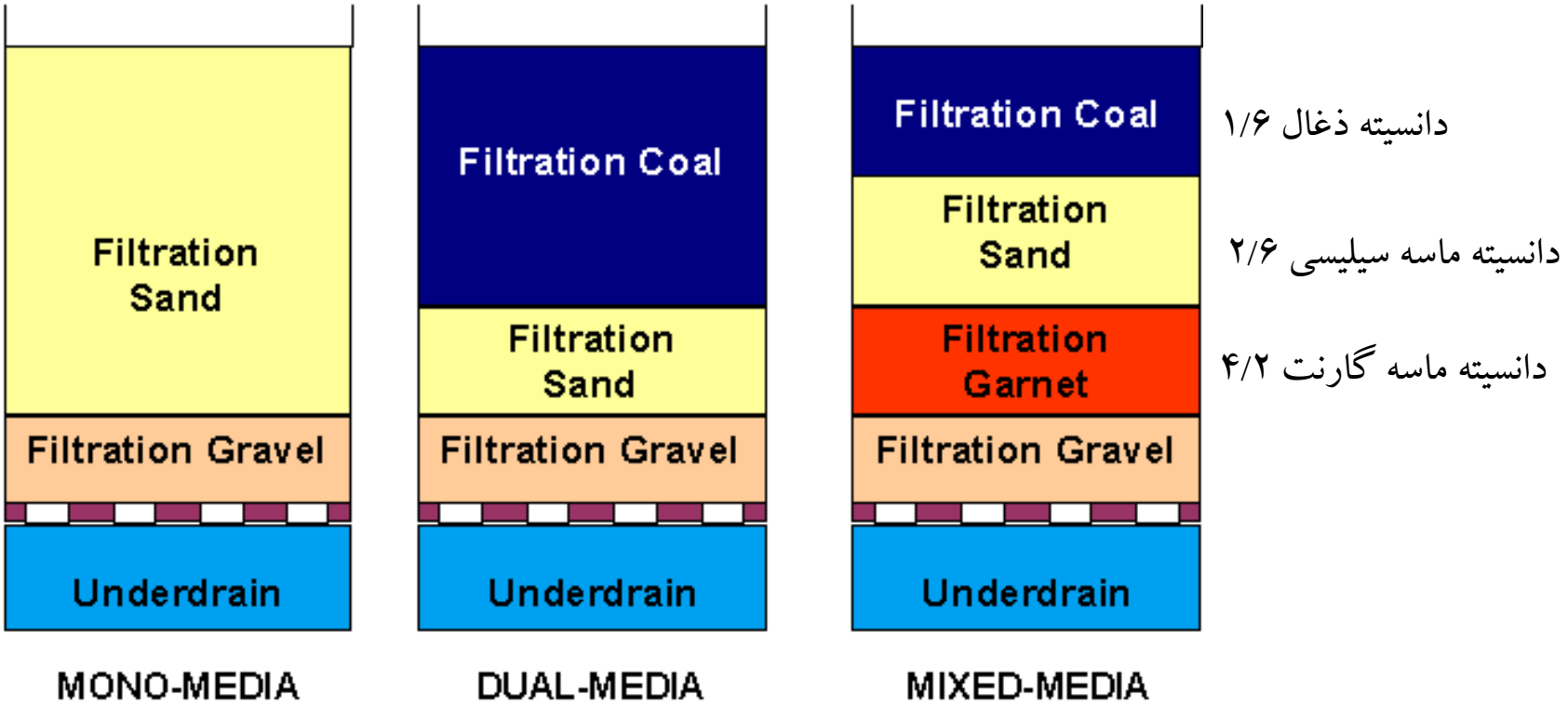




انواع فیلترها



اجزای فیلترهای تک لایه، دولایه و مختلط



مزایا و محدودیت های صافی ماسه ای تند و کند:

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.

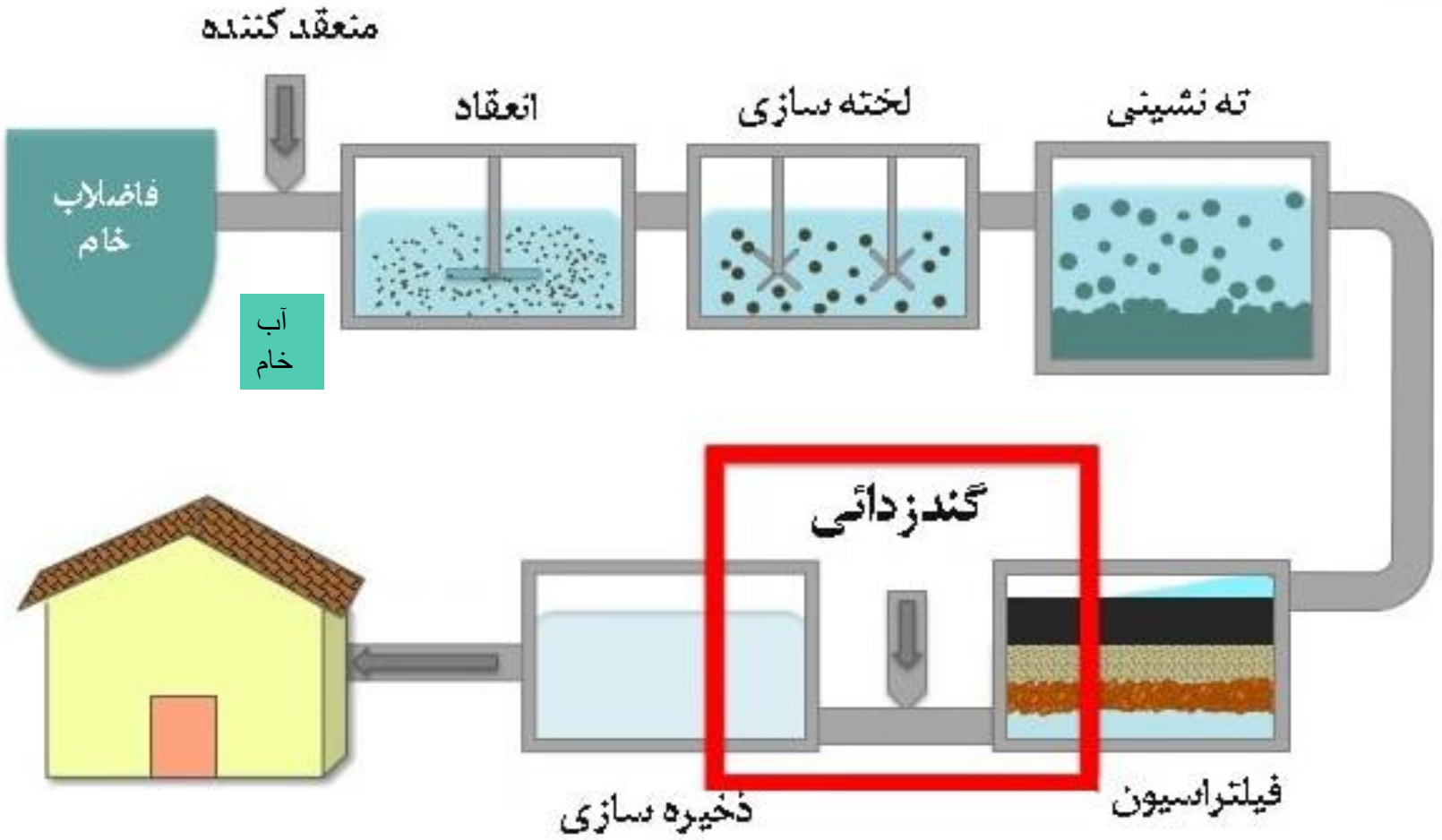
۳- هزینه ساخت صافی شنی کند بخصوص در جایی که زمین ارزان باشد بسیار کمتر و احداث آن آسان تر از صافی شنی تند است.

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.

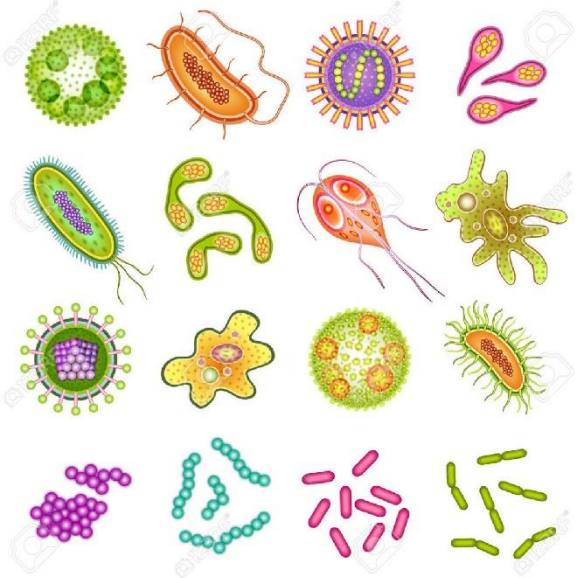
۶- نیاز به زمین در صافی های شنی کند نسبت به شنی تند بسیار بیشتر است.

گندزدایی آب


منعقد کننده
انعقاد
لخته سازی
ته نشینی
فاضلاب
خام
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 ...



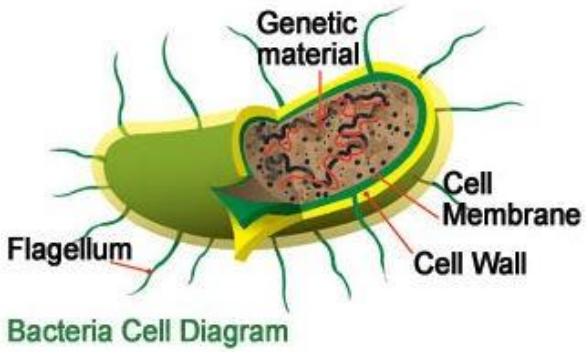
روش های گندزدایی: شیمیایی و فیزیکی

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

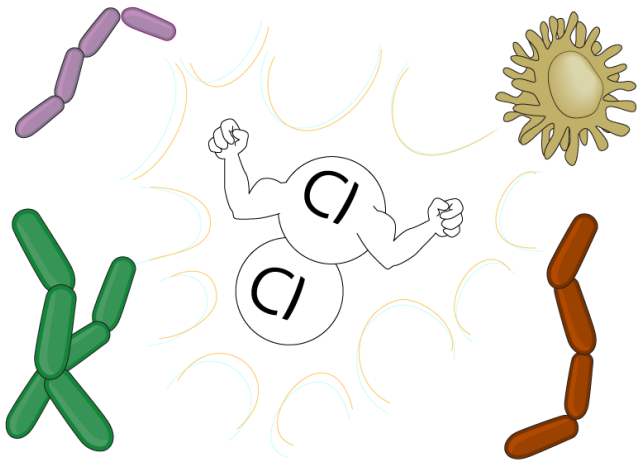
نوع و غلظت گند زدا

زمان تماس گند زدا

کیفیت شیمیایی و دمایی آب

pH و کدورت آب

کلرزنی



از مهمترین دلایل استفاده از کلر به عنوان گندزدا:

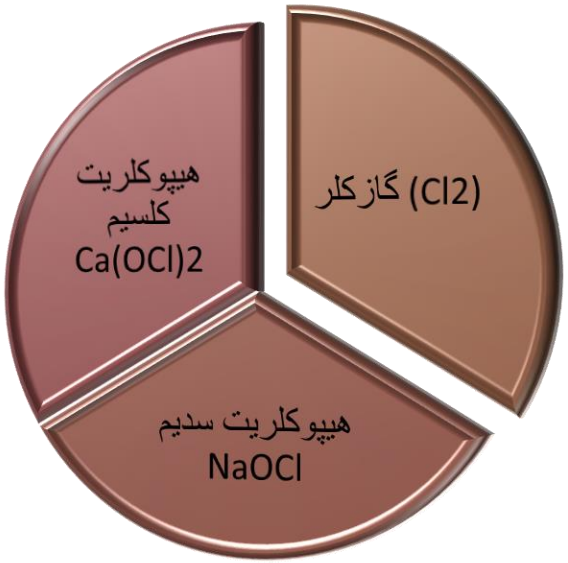
- ارزان بودن
- به جای گذاشتن باقیمانده
- مؤثر در غلظت‌های کم
- در دسترس بودن در سه حالت:

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

17
Cl
Chlorine
35.453

SOURCES OF CHLORINE

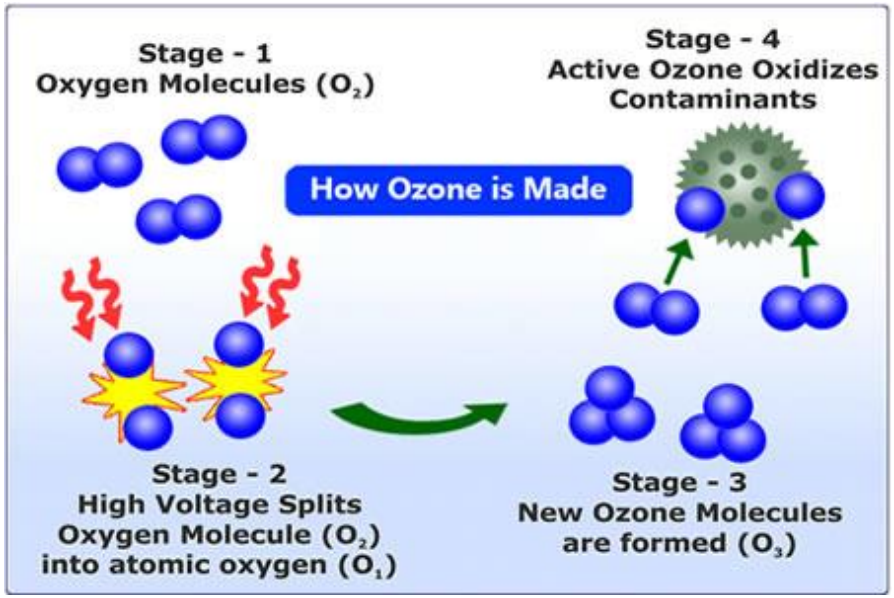
Chemical Name	Chemical Formula	Form	% Chlorine
Chlorine Gas	Cl_2	Gas	100%
Calcium Hypochlorite	$Ca(OCl)_2$	Solid	65-70%
Sodium Hypochlorite	NaOCl	Liquid	~12%



معایب و مضرات کلرزنی

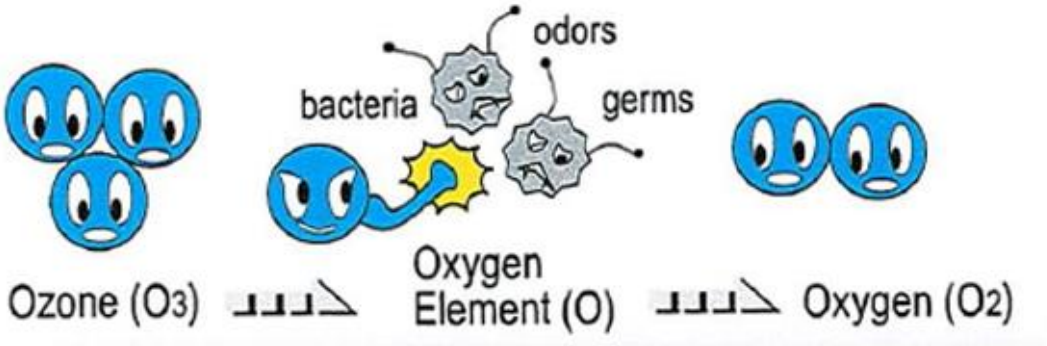
۱- کلرباقیمانده در اثر ترکیب با مواد آلی موجود در آب تولید تری هالومتان ها را می کند که سرطان زا است.
۲- کلرزنی باعث کشته شدن میکروارگانیزمهای موجود در آب می شود اما لاشه این میکرو ارگانیزمها در آب باقی می مانند و خود منشا آلودگی می شوند.
۳- تماس کلر با پوست و موی انسان باعث ایجاد حساسیت، ریزش مو و مشکلات 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.

ازن به عنوان گندزدا



نحوه تولید ازن

عبور اکسیژن از یک میدان الکتریکی با ولتاژ زیاد

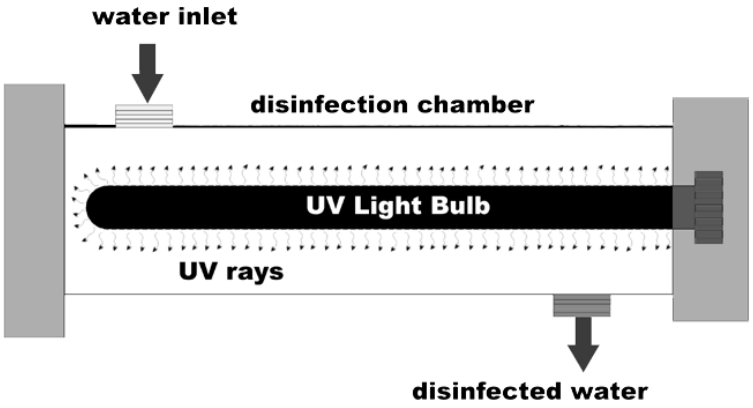


مزایای ازن:

۱- ازن در غیرفعالسازی ویروسها موثرتر از کلر 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 دما 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

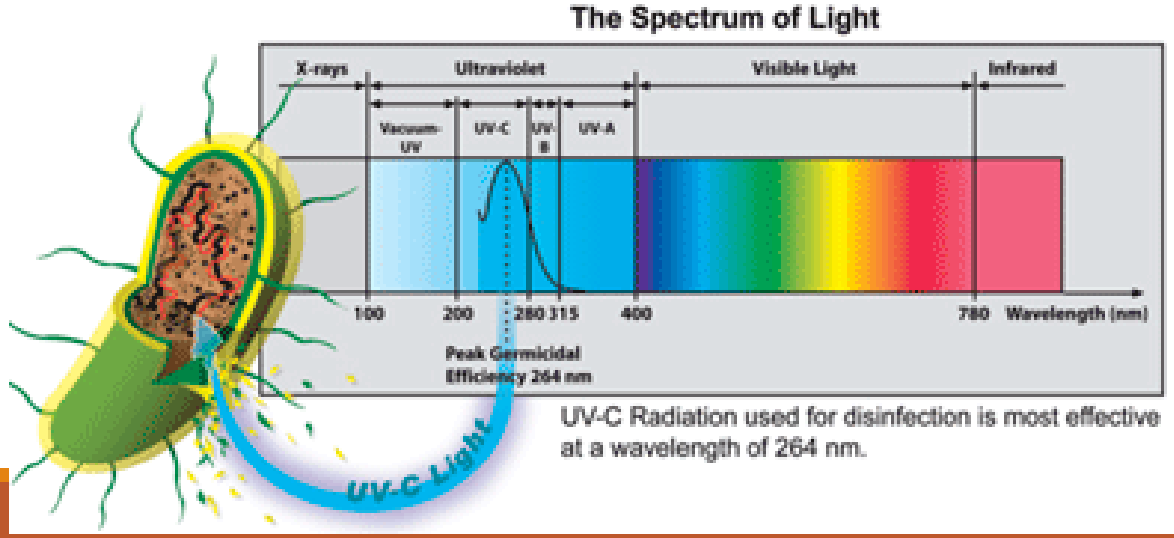
UV به عنوان گندزدا

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 فیزیک شیمیایی آب.

تصفیه فاضلاب

فاضلاب :

آب یا سیالی که مقادیر آلاینده ها و مواد خارجی وارد در آن به قدری زیاد باشد که سلامت انسان و محیط زیست را به خطر بیندازد.

تصفیه فاضلاب:

هرگونه عملیاتی که برای کاهش یا حذف آلودگی ها از فاضلاب انجام شود.

پساب تولید شده باید قابلیت استفاده مناسب و مطمئن برای مصارف غیر شرب را داشته باشد.

اهمیت تصفیه فاضلاب:

۱. حفظ محیط زیست

۲. سلامت و بهداشت انسان

۳. استفاده مجدد شامل:

- تصفیه فاضلاب خام و استفاده مجدد از پساب برای مصارف غیر شرب به ویژه کشاورزی
- استفاده از لجن باقی مانده در فرایند های تصفیه به عنوان کود جهت مصارف کشاورزی و صرفه جویی در مصرف کود های شیمیایی
- استفاده از گاز متان تولید شده در تصفیه خانه جهت تامین انرژی لازم برای بخش های مختلف

انواع فاضلاب :

فاضلاب شهری (فاضلاب بهداشتی):
فاضلاب خانه ها، موسسات، ساختمان های تجاری و ...
و گاهی فاضلاب صنایع کوچک

- فاضلاب شهری شامل ۹/۹۹٪ آب و ۰۱/۰٪ مواد خارجی (آلاینده ها) می باشد.

- پارامتر های کیفی فاضلاب معمولا در شهر های مختلف یکسان بوده ولی غلظت مواد تشکیل دهنده فاضلاب تابع الگوی مصرف آب است.

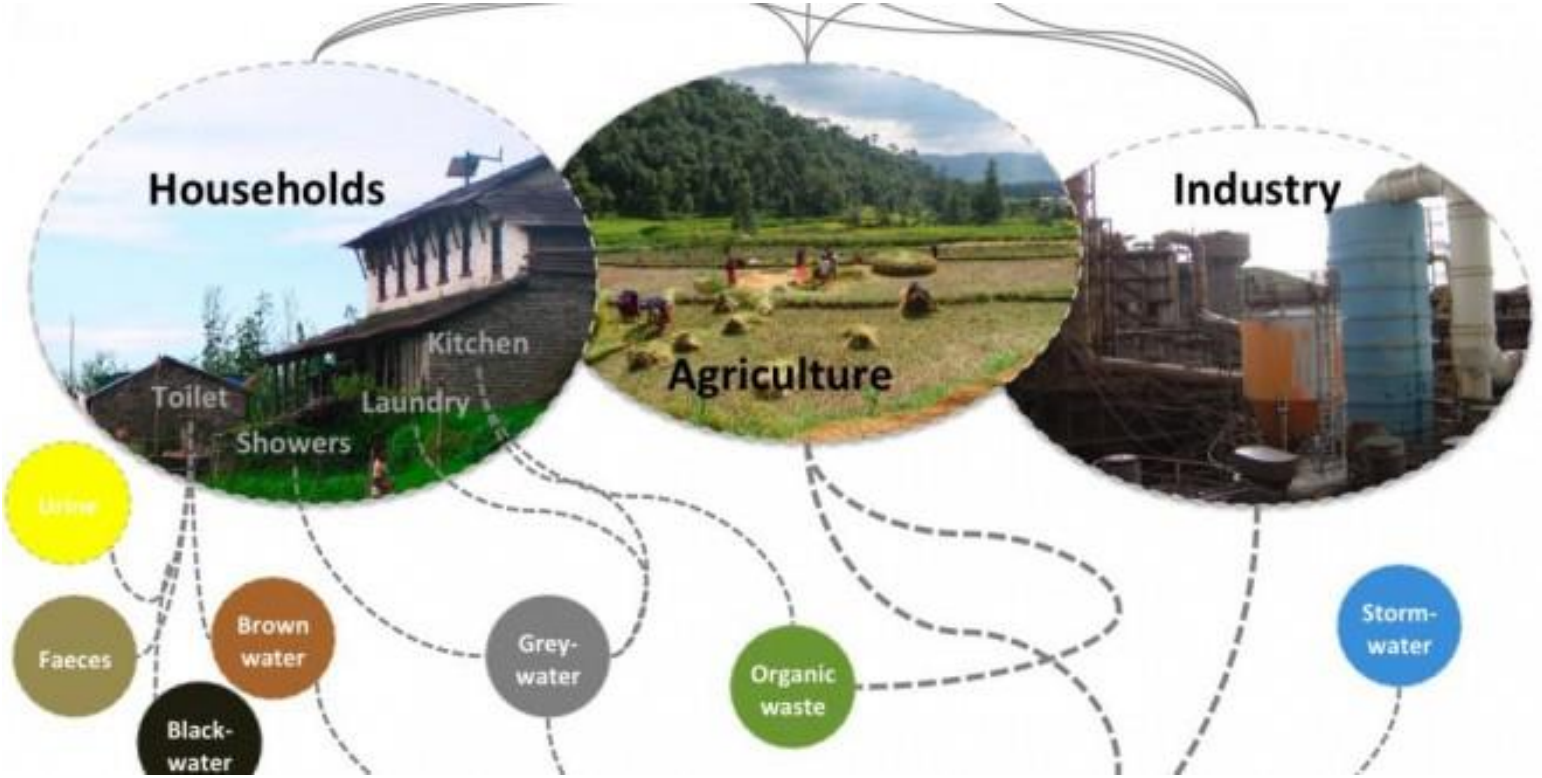
فاضلاب صنعتی (صنایع و کارخانه های بزرگ): به لحاظ کمی و کیفی از صنعتی به صنعت دیگر متفاوت است. حتی در یک صنعت فاضلاب بخش های مختلف به لحاظ کیفی با هم تفاوت دارند.

مهمترین تفاوتی که فاضلاب صنعتی با شهری دارد عبارت است از:

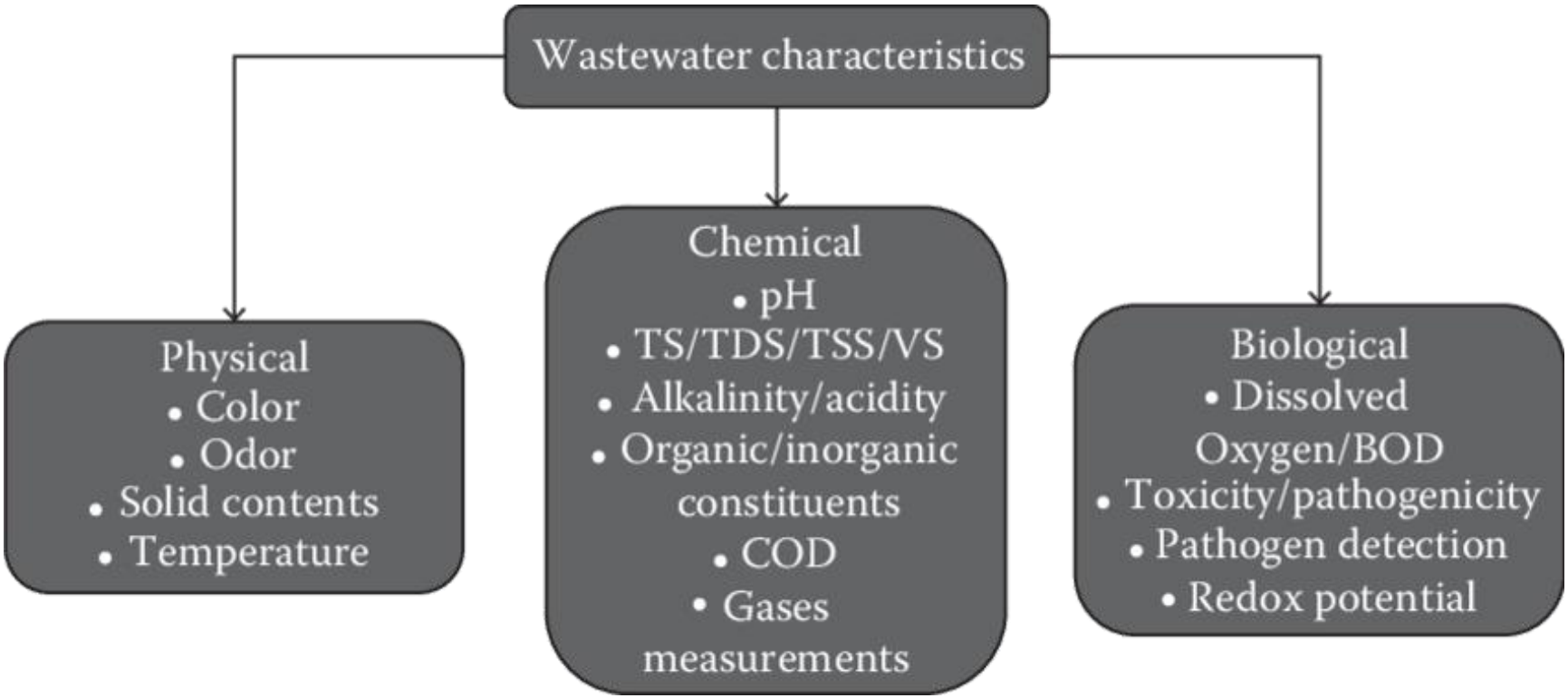
۱-امکان وجود مواد و ترکیبات شیمیایی و سمی در فاضلاب صنعتی بیشتر است.
۲-خاصیت خورندگی آن بیشتر است.
۳- امکان وجود ارگانیسم های زنده در آن کمتر است.

فاضلاب های کشاورزی:

حاوی انواع آفت کش ها، سموم شیمیایی، و حشره کش ها و ترکیبات نیترات و فسفات



مشخصات کیفی فاضلاب



خصوصیات فاضلاب

۱) رنگ:

- رنگ فاضلاب شهری نشان دهنده عمر آن است.
- فاضلاب تازه دارای رنگ خاکستری است.
- با گذشت زمان در اثر گندیدگی و کهنه شدن رنگ فاضلاب تیره و سیاه می گردد.
- در صنایع رنگ آن بستگی به نوع مواد مصرفی دارد.

۲) بو:

- بوی فاضلاب ناشی از گازهایی است که در اثر متلاشی شدن مواد آلی بوجود می آید.

- بوی فاضلاب کهنه ناشی ازگاز هیدروژن سولفوره است که در اثر فعالیت باکتریهای بی هوازی رخ می دهد.

۳) دمای فاضلاب :

گرمای فاضلاب معمولا بیشتر و گرمتر از آب در همان محیط است.

۴) وزن مخصوص فاضلاب:

با توجه به سبک بودن مواد خارجی برابر آب در نظر گرفته می شود.

۵) pH فاضلاب:

فاضلاب تازه دارای pH=7است ولی در اثر گندیدگی پی اچ آن اسیدی می شود.

مهم ترین اجزای تشکیل دهنده فاضلاب شهری

۱) **جامدات معلق:** عمدتاً شامل پسماندهای غذایی، فضولات بدن انسان، کاغذ، پارچه و ذرات خاک

۲) **مواد آلی فاضلاب :** عمدتاً شامل پروتئینها (۴۰ تا ۶۰ درصد)، کربوهیدراتها (۲۵ تا ۵۰ درصد) و لیپیدها (تقریباً ۱۰درصد)

۳) **عوامل بیماریزا:** انواع عوامل بیماریزا با منشأ آبی یافت می شوند که شامل باکتریها، ویروسها، پرتوزوآ و انگلها می باشند.

استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران جهت استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده

پارامتر کیفی زیرزمینی	کشاورزی	تخلیه به رودخانه ها	تخلیه به آبهای
pH	۶- ۸/۵	۶/۵-۸/۵	۵-۹
BOD (mg/l)	۱۰۰	۳۰	۳۰
COD	۲۰۰	۶۰	۶۰
TSS	۱۰۰	۴۰	۴۰
رنگ(واحد رنگ)	۷۵	۷۵	۷۵
کدورت (NTU)	۵۰	۵۰	-
مواد پاک کننده (mg/l)	۰/۵	۱/۵	۰/۵
کل کلیفرم	≤۱۰۰۰عدد/۱۰۰ml	≤۱۰۰۰عدد/۱۰۰ml	≤۱۰۰۰عدد/۱۰۰ml
کلیفرم مدفوعی	≤۴۰۰عدد/۱۰۰ml	≤۴۰۰عدد/۱۰۰ml	≤۴۰۰عدد/۱۰۰ml
تخم نماتودها	یک عدد در لیتر≤	-	-

انواع مراحل تصفیه فاضلاب :

۱. تصفیه مقدماتی (اولیه)

2. تصفیه ثانویه

۳. تصفیه پیشرفته

تذکر: برای تخلیه فاضلاب به محیط زیست (آب یا خاک) لازم است تصفیه اولیه و ثانویه انجام شود .

تصفیه مقدماتی (اولیه)

جداسازی تقریباً نیمی از جامدات معلق و تقریباً ۳۰ درصد کل BODفاضلاب ورودی

شامل:

۱. آشغالگیر

۲. ایستگاه پمپاژ

۳. کانال انتقال آب : آرام کردن جریان فاضلاب

4. آشغالگیر ریز

5. کانال دانه گیر : ذرات جامد درشت مثل شن و ماسه را از فاضلاب حذف کند (قطر بیش از ۰.۲ mm)

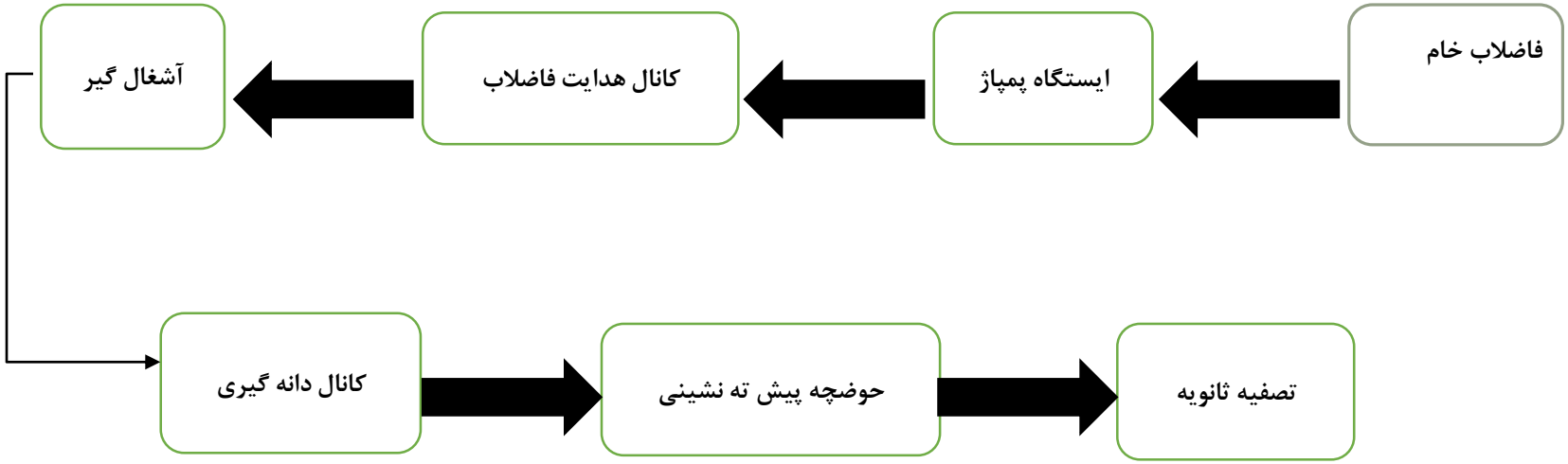
۶. حوضچه پیش ته نشینی:

- فاضلاب خروجی از حوضچه پیش ته نشینی بین ۵۰ تا ۷۰ درصد ذرات جامد معلق خود را از دست میدهد . TSSخروجی = ۵۰٪ تا ۷۰٪ TSSورودی
- حدود ۳۰٪ ذرات جامد حذف شده در تصفیه اولیه مواد آلی بوده و بقیه مواد معدنی هستند .

۷. حوضچه متعادل ساز : تنظیم دبی فاضلاب و همین طور کیفیت فاضلاب .

منظور از دبی فاضلاب مقدار حجمی از فاضلاب است که در واحد سطح در واحد زمان میگذرد .

۸. واحد خنثی سازی : برای تنظیم pH آب .

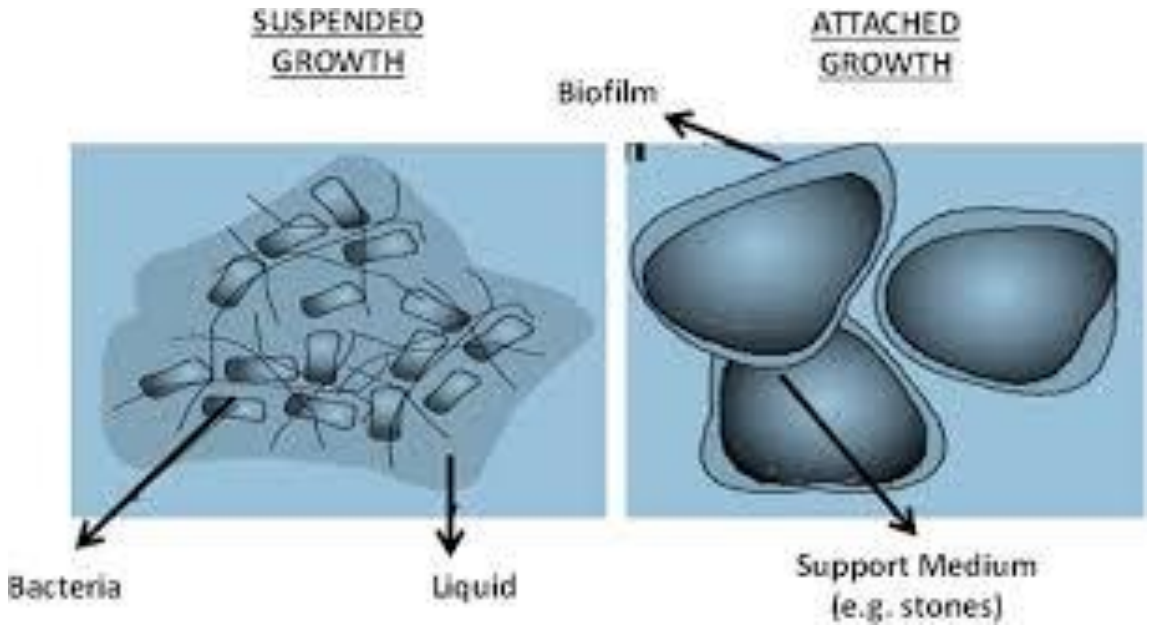


بخش های مختلف تصفیه اولیه فاضلاب

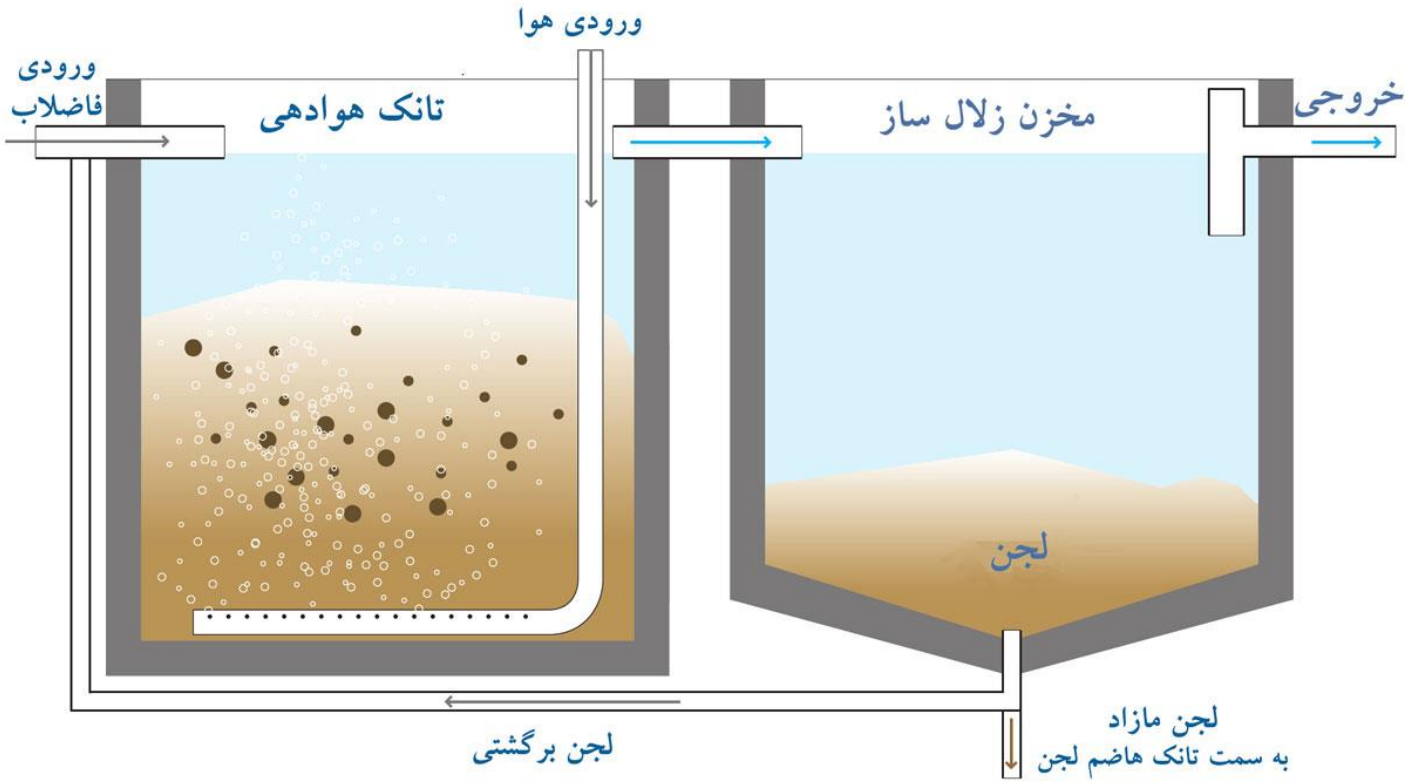
تصفیه ثانویه :

1. روش کشت میکروبی معلق (مثل راکتور لجن فعال)

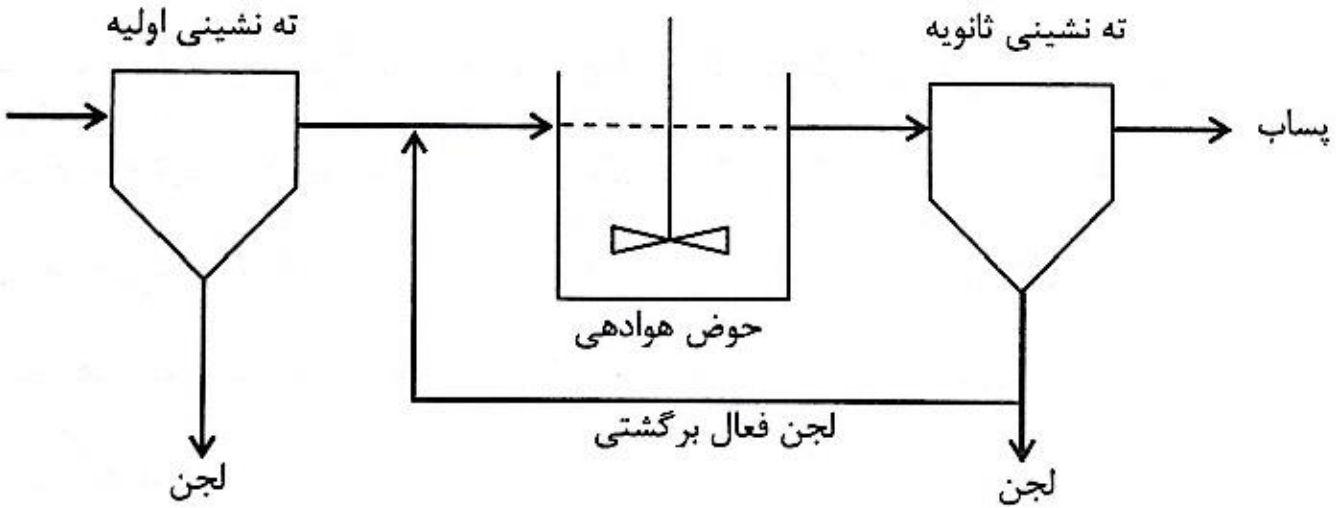
۲. روش کشت میکروبی متصل (مثل صافی های چکنده)



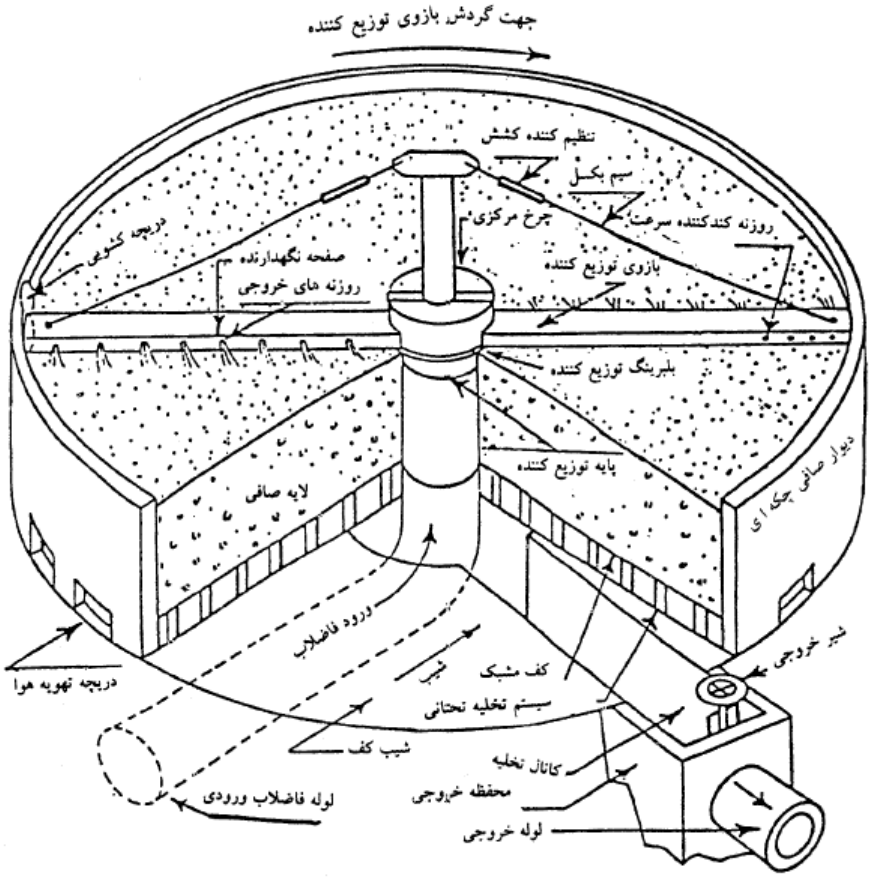
راکتور لجن فعال با دیفیوزر هوا در کف



راکتور لجن فعال با هوادهی پره ای

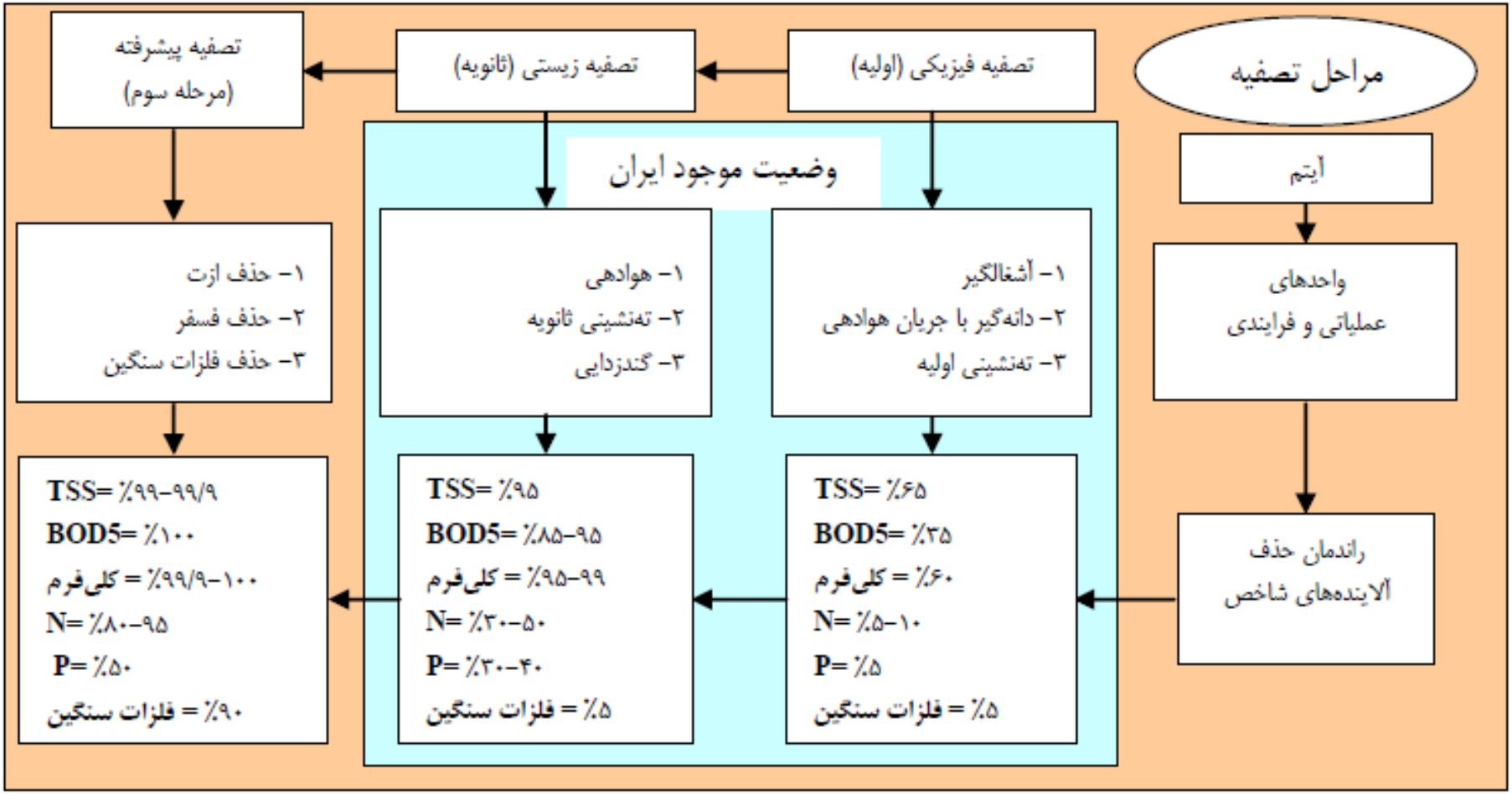


صافی چکنده


جهت گردش بازوی توزیع کننده
تنظیم کننده کشش
سیم بکسل
چرخ مرکزی
روزنه کندکننده سرعت
بازوی توزیع کننده
دریچه کنترلی
صفحه نگهدارنده
روزنه های خروجی
بلبرینگ توزیع کننده
پایه توزیع کننده
لایه صافی
دیوار صافی چکه ای
شیر خروجی
دریچه تهویه هوا
ورود فاضلاب
شیب
کف شبکی
سیستم تخلیه تحتانی
شیب کف
کانال تخلیه
محفظه خروجی
لوله فاضلاب ورودی
لوله خروجی

صافی چکنده

بخش های مختلف تصفیه فاضلاب



برکه ها و لاگون ها

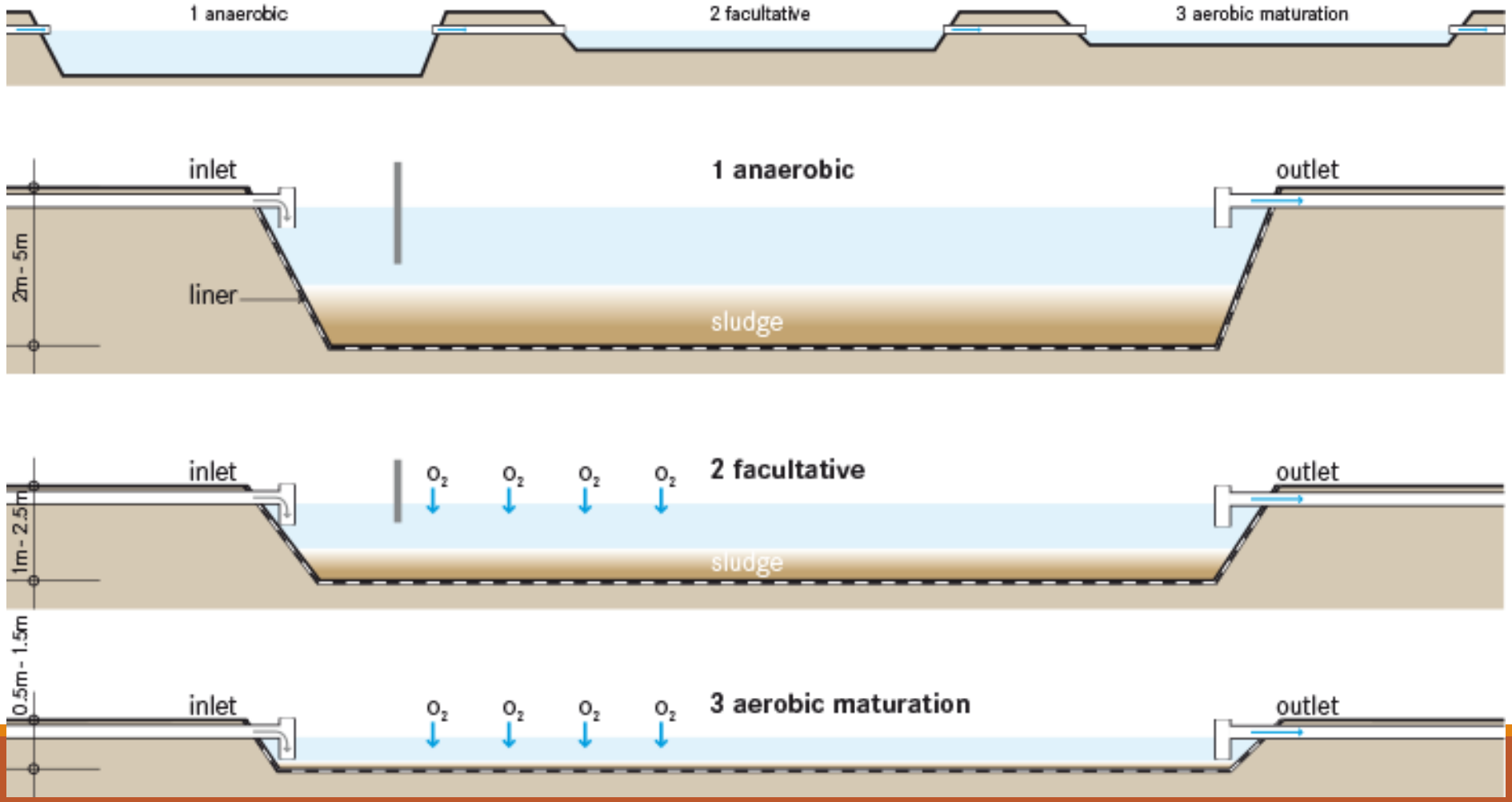
به طور کلی بر اساس ماهیت واکنشهای بیولوژیکی برکه ها به سه دسته اساسی زیر تقسیم بندی می شوند:

1) استخرهای هوازی — Anaerobic pond

۲) استخرهای بیهوازی — Facultative pond

۳)استخرهای هوازی و بیهوازی (اختیاری) — Maturation pond

انواع برکه ها



برکه های هوازی

- یک برکه هوازی شامل باکتریها و جلبکهای در حال تعلیق بوده که در عمق آن نیز شرایط هوازی غالب باشد.

- در این برکه ها اکثر اکسیژن مورد نیاز میکروارگانیسم ها توسط عمل فتوسنتز جلبکها و مقداری هم توسط عمل هوادهی طبیعی که در استخر صورت می گیرد تأمین می شود.

- صرفنظر از وجود جلبکها در محیط بیولوژیکی موجود، استخرهای تثبیت هوازی شبیه یک سیستم لجن فعال میباشد. اکسیژن تولید شده از جلبکها در طول عمل فتوسنتز توسط باکتریها هنگام تجزیه هوازی مواد آلی مصرف می گردد و در عوض مواد غذایی غیر آلی (نظیر فسفر و ازت) و دی اکسید کربن که در اثر این تجزیه آزاد می شوند توسط جلبکها مصرف می گردند.

- عمق این برکه ها معمولا ۱ تا ۱/۵ متر می باشد. زمان ماند ۱۰ تا ۱۵ روز است.

- هدف اصلی از ساخت این برکه ها حذف پاتوژن ها از فاضلاب است.

برکه های بی هوازی :

- در این برکه ها اکسیژن محلول در فاضلاب وجود نداشته و باکتری های بی هوازی مواد آلی را تجزیه می نمایند .

- عمق این برکه ها معمولا بین ۵-۲ متر است که دریافت کننده بار مواد آلی زیاد می باشند

- به دلیل بار زیاد مواد آلی در برکه های بی هوازی هیچ گونه اکسیژن محلول و جلبکی در فاضلاب ندارد . در بعضی مواقع یک لایه نازکی از جلبک در سطح این برکه ها دیده می شود .

- هدف اصلی از ساخت این برکه ها حذف BOD از فاضلاب است.

- زمان ماند فاضلاب در این برکه ها بین ۵-۲ روز نگهداری می شود. اگرچه زمان ماندهای طولانی تری نیز گزارش شده است .

برکه های اختیاری :

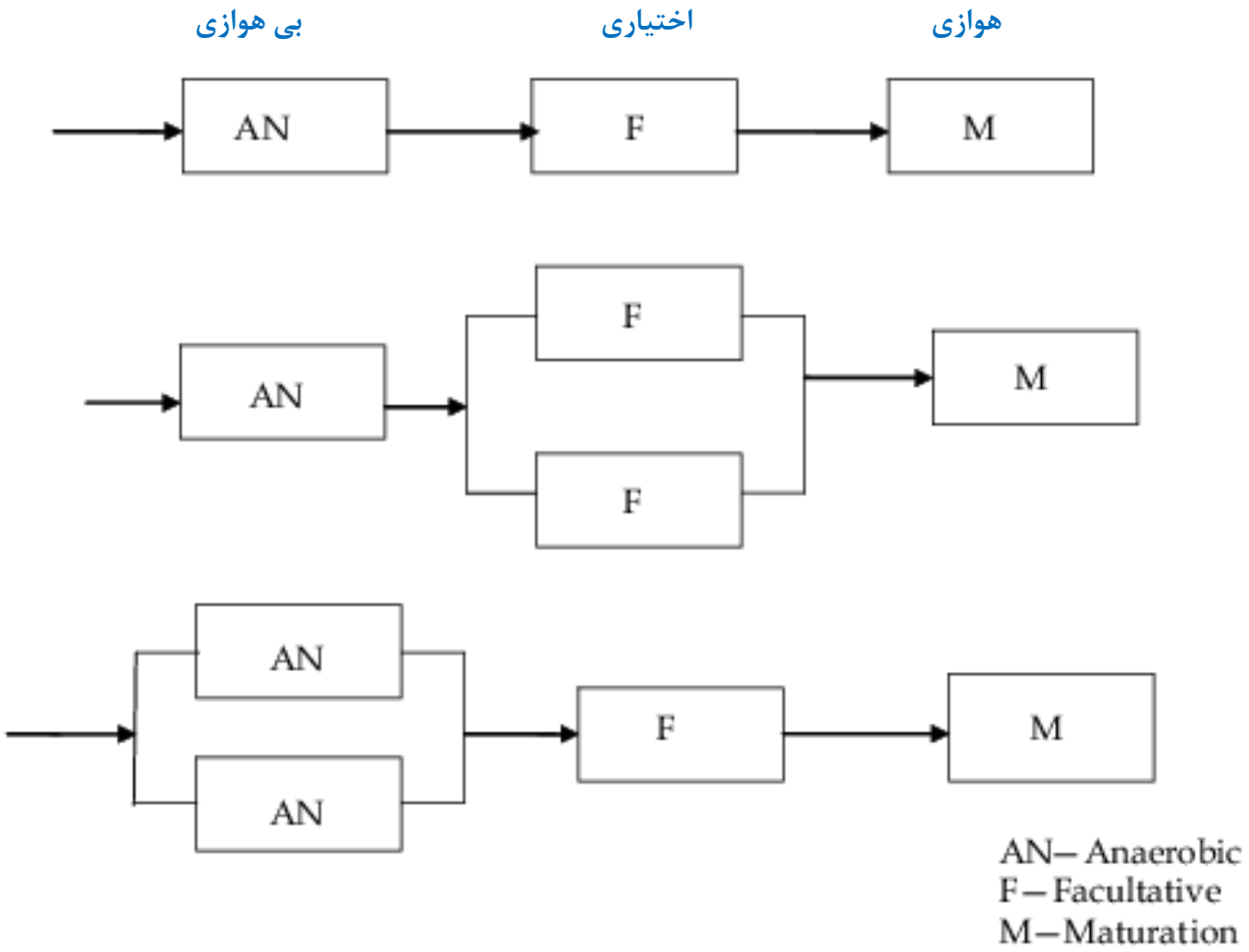
- متداول ترین نوع برکه ها هستند که در لایه های فوقانی آنها به دلیل وجود اکسیژن محلول شرایط هوازی وجود دارد و در لایه های تحتانی به دلیل عدم وجود اکسیژن محلول شرایط بی هوازی غالب می باشد .

- لایه حد واسط نیز در بین لایه هوازی و بی هوازی شناسایی شده است .

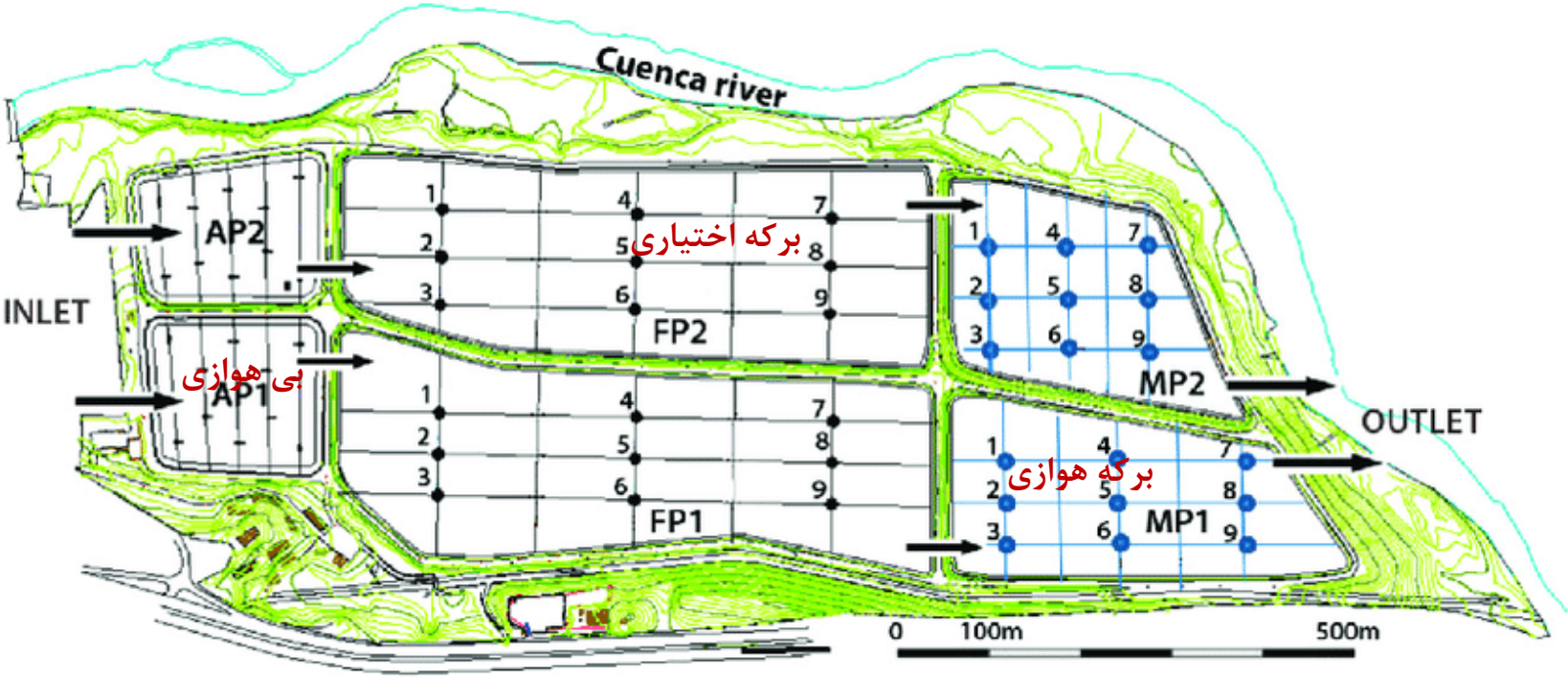
- عمق این برکه ها معمولا بین ۱/۵ -۲/۵ متر و زمان ماند در آنجا بین ۹۰ -۳۰ روز می باشد .

- در لایه هوازی فوقانی ، جلبک ها و باکتری های هوازی و اختیاری به صورت همزیستی زندگی می کنند .

ترتیب قراگیری برکه ها برای تصفیه فاضلاب



ترتیب قراگیری برکه ها برای تصفیه فاضلاب



مزایای سیستم برکه های تثبیت

1) سادگی ساخت و راهبری

- برکه های تثبیت از نظر ساختمانی بسیار ساده هستند و مهمترین مرحله ساخت آنها را گود برداری ، تاسیسات تصفیه مقدماتی ، سازه های ورودی و خروجی ، جداره سازی و آب بندی دیواره ها و کف برکه تشکیل می دهد.

- از نظر بهره برداری و نگهداری نیز ساده بوده به طوری که بهره برداری از آنها شامل جمع آوری کفاب روی سطح برکه ، درو کردن علف ها ،تمیز نمودن سازه های ورودی و خروجی و تعمیر هر گونه صدماتی که به خاکریزهای اطراف آنها وارد می شود را شامل می گردد.

- همچنین از نظر پرسنل بهره برداری نیز به کارگران ساده و یا با مهارت کم نیازمند می باشد .

۲) ارزان بودن

- برکه های تثبیت نسبت به سایر روش های تصفیه فاضلاب معمولا ارزان تر می باشند.

- برکه ها نیاز به تجهیزات الکتریکی و مکانیکی نداشته و از نظر هزینه های جاری نیز مصرف انرژی در آنها بسیار پایین است.

- از نظر نیروی انسانی لازم برای بهره برداری نیز در برکه های تثبیت هم به نیروی انسانی کمتری مورد نیاز بوده و هم اینکه نیاز به نیروی متخصص و ماهر نمی باشد که در مجموع سبب کاهش هزینه های جاری تصفیه خانه می گردد.

۳) راندمان بالا

- پساب خروجی از برکه های تثبیت با استانداردهای کیفیت پساب ارائه شده از سوی جامعه اروپا (EC) و سازمان محیط زیست (EPA) مطابقت دارد .

- در برکه های تثبیت راندمان حذف BOD ، ازت و فسفر در حد مطلوبی است .

- همچنین برکه های تثبیت در زدایش عوامل بیماری زا بسیار موثر می باشند . در اکثر فرآیند های متداول تصفیه فاضلاب راندمان زدایش عوامل بیماری زا پایین بوده به طوری که جهت نابود سازی عوامل بیماری زا در پساب خروجی نیاز به گند زدایی پساب اجتناب ناپذیر است .

High Efficiency
BOD removals > 90%
Total nitrogen removals is 70-90%
Total phosphorus removal is 30-45%
Efficient in removing pathogens

۴) قابلیت تحمل شوک مواد آلی و سمی و بالا بودن راندمان حذف فلزات سنگین

- برکه های تثبیت به دلیل دارا بودن حجم زیاد و طولانی بودن زمان ماند هیدرولیکی در آنها ، نسبت به تحمل شک مواد آلی و سمی در برابر دیگر فرایند های متداول تصفیه فاضلاب دارای مقاومت بیشتری می باشد .

- علاوه بر این ، برکه ها نسبت به بالا بودن غلظت فلزات سنگین در فاضلاب ورودی دارای مقاومت زیادی می باشند بطوری که حتی تا غلظت ۶۰ میلی گرم در لیتر فلزات سنگین را تحمل می نماید .

بالا بودن مقاومت برکه ها نسبت به شک فلزات سنگین به دلیل کاهش غلظت فلزات از طریق رقیق سازی فاضلاب خام با حجم زیاد فاضلاب موجود در برکه ها است .

- فاضلاب خیلی قوی همچون فاضلاب صنایع مواد غذایی به راحتی توسط برکه های تثبیت تصفیه می شوند . به دلیل اینکه طراحی برکه ها بر اساس سردترین فصل سال است ،در فصول گرم سال ظرفیت تصفیه پذیری آنها بالا بوده بطوری که در تابستان فاضلاب بیشتری را می توانند تصفیه نمایند که این مسئله در شهرهای توریستی دارای اهمیت زیادی می باشد .

معایب برکه های تثبیت

۱) تولید بو

- برکه های تثبیت اگر بطور صحیح طراحی و راهبری شوند و بار مواد آلی ورودی به آنها بیش از حد مجاز نباشد ، مشکلات مربوط به تولید بو وجود نخواهد داشت .

- علت تولید بو در برکه های بی هوازی تولید گاز H_2S و متان می باشد.

- مشکلات مربوط به تولید احتمالی بو را در برکه های تثبیت می توان از طریق رعایت فاصله با مناطق مسکونی به حداقل کاهش داد .

- همچنین وجود کمربند فضای سبز در اطراف تصفیه خانه در کاهش مزاحمت ناشی از تولید بو مؤثر بوده خواهد بود .

۲) مزاحمت حشرات

رشد گیاهان و علف های هرز در برکه ها بخصوص بوته های نی ، محیط را برای تخم ریزی و رشد و تکثیر حشرات مساعد می سازد.

یکی از راههای مؤثر جهت مقابله با حشرات ، درو کردن مرتب علف های هرز می باشد

۳) بالا بودن غلظت جامدات معلق

- در پساب خروجی از برکه های تثبیت به دلیل رشد بیش از حد جلبک ها غلظت جامدات معلق بالا خواهد بود که این بالا بودن غلظت جامدات معلق در مواردی جهت استفاده مجدد از پساب ممکن است مشکل ساز باشد به ویژه برای تغذیه آبهای زیر زمینی و همچنین در سیستم های آبیاری تحت فشار و قطره ای نیز سبب مسدود شدن نازل ها می شود .

- در صورت نیاز از طریق روش های ارزان قیمت می توان نسبت به جدا سازی جلبک از پساب خروجی برکه ها اقدام نمود .

استفاده از فیلتر برای حذف جامدات معلق از خروجی برکه ها

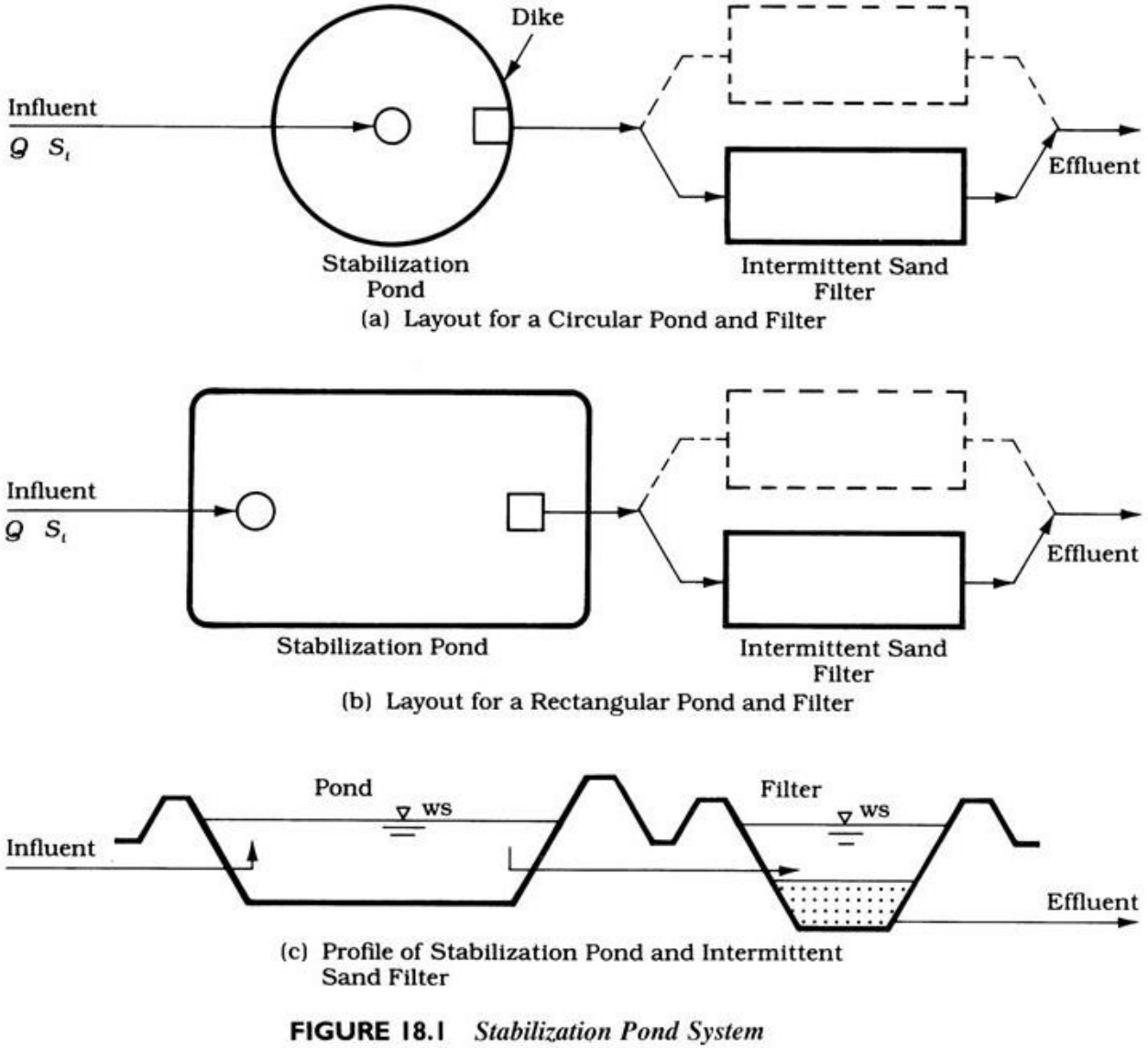


FIGURE 18.1 *Stabilization Pond System*

۴) نیاز به زمین زیاد

- یکی ازمعایب عمده برکه های تثبیت نیاز به زمین زیاد می باشد که دلیل آن بالا بودن زمان ماند هیدرولیکی فاضلاب در برکه ها است .

- میزان زمین مورد نیاز تابعی از شرایط آب و هوایی و کیفیت فاضلاب خام ورودی می باشد بطوری که در مناطق گرمسیری برای احداث برکه ها به زمین کمتری نیاز است که علت آن بالا بودن سرعت واکنش های بیولوژیکی در آب و هوای گرم است .

- در مناطق سرد سیر برای احداث برکه ها به زمین بیشتری نیاز می باشد . تملک زمین ارزان قیمت در بعضی از شهر ها با مشکل مواجه خواهد بود به همین دلیل در دسترس نبودن زمین کافی در بسیاری از مناطق کاربرد آنها را با محدودیت مواجه می کند .

- در اکثر کشور ها استفاده از این روش علی رغم نیاز به زمین زیاد ، از نظر اقتصادی باز هم نسبت به سایر روش ها ارزان ترین گزینه می باشد .

۵) اتلاف آب

- اتلاف زیاد آب از طریق تبخیر و همچنین نشت در داخل زمین از طریق برکه ها سبب کاهش مقدار پساب قابل استفاده برای مصارف کشاورزی و دیگر مصارف می شود .

۶) احتمال آلودگی آب های زیر زمینی

- در صورتی که محل انتخابی برای احداث برکه ها از نظر جنس خاک مناسب نباشد مسئله نشت فاضلاب در داخل زمین وجود داشته و آلودگی احتمالی آب های زیر زمینی را به همراه خواهد داشت .

- با انجام لاینینگ یا آب بندی در کف و دیواره برکه ها می توان میزان نشت فاضلاب را به حد اقل کاهش داد . پارامتر اصلی در رابطه با نشت فاضلاب ضریب نفوذ پذیری خاک است .

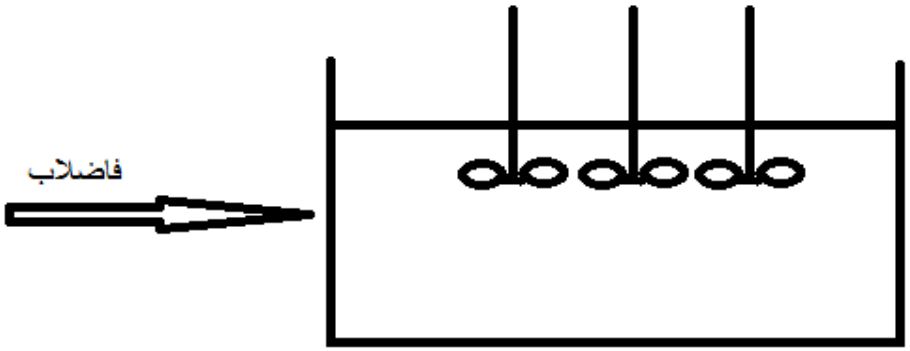
لاگون ها

لاگون

- لاگون ها برکه های کم عمقی هستند که اکسیژن مورد نیاز آنها از طریق هوادهی سطحی یا عمقی تامین می شود.

- زمان ماند در لاگون ها بین ۶ تا ۱۸ روز می باشد.

- درصد حذف BOD می تواند از ۷۵ تا ۹۰ درصد باشد.

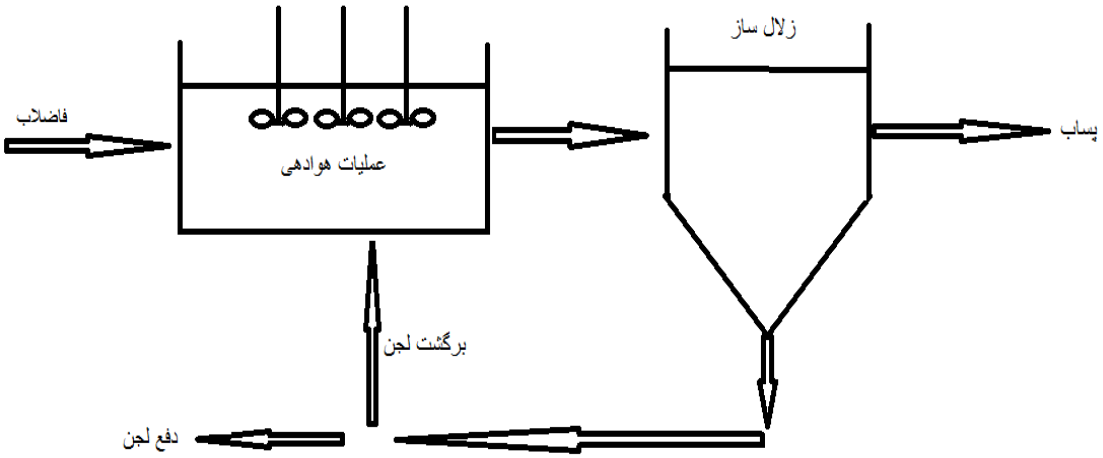


مزیت لاگونها نسبت به برکه ها:

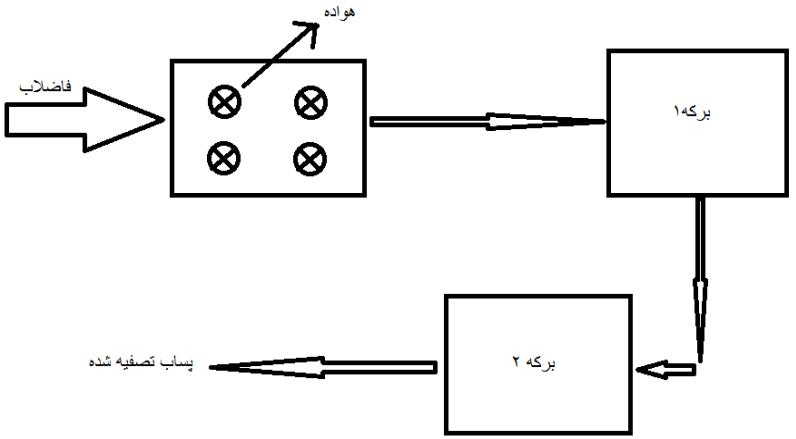
۱-فرایند تصفیه سریع تر اتفاق می افتد.

۲-سطح اشغال زمین کم می شود.

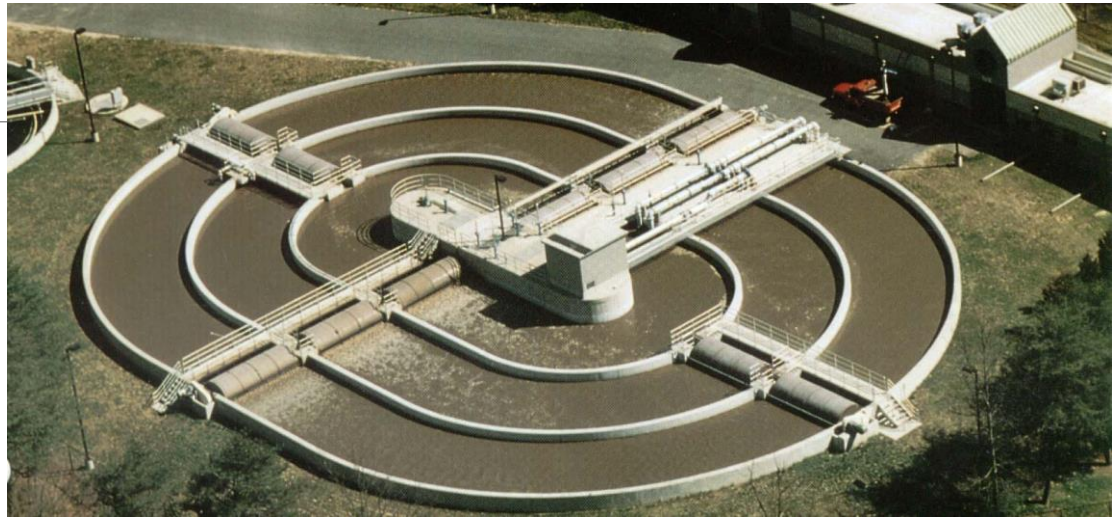
۳- امکان برگشت لجن وجود دارد.

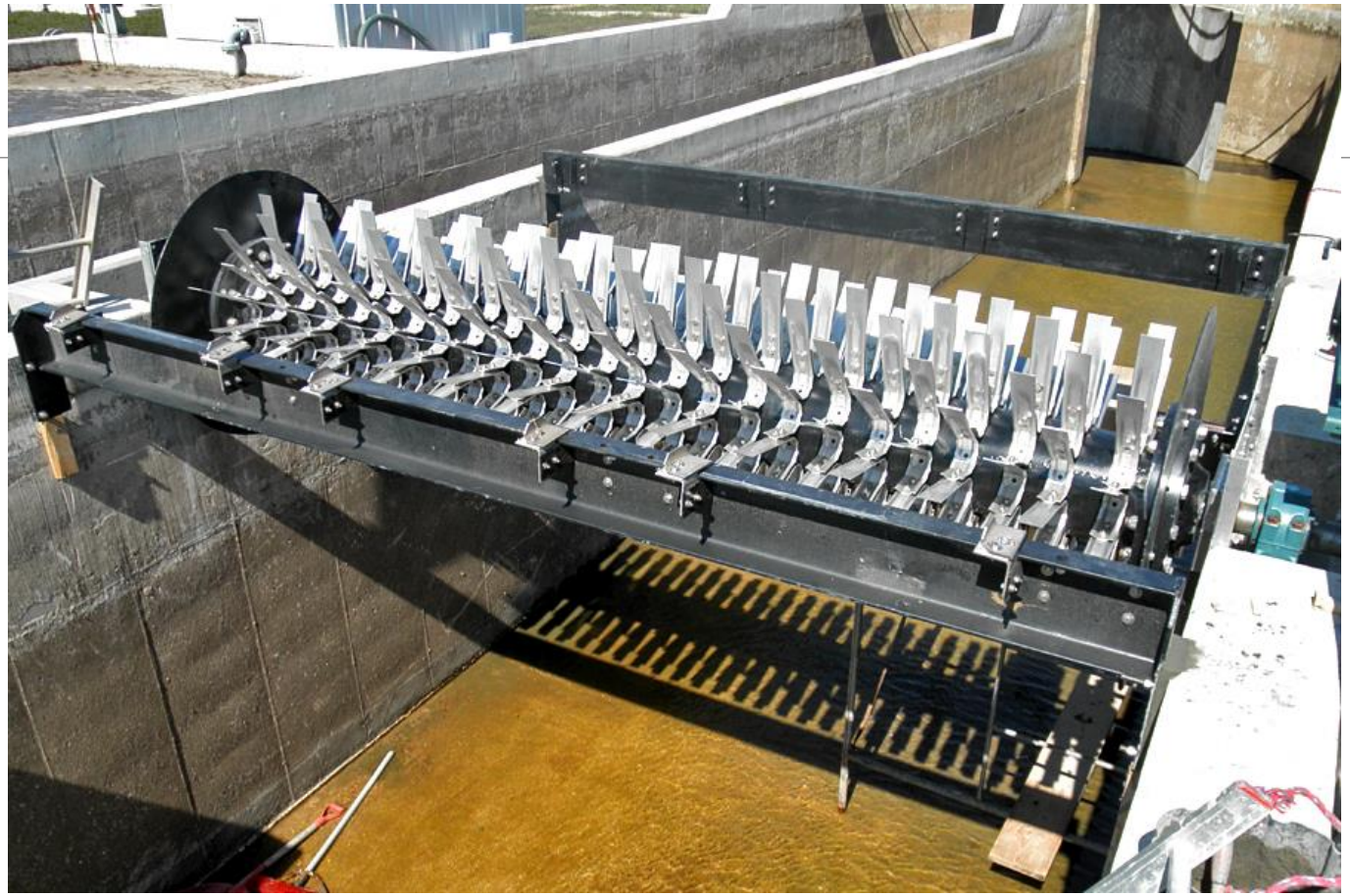


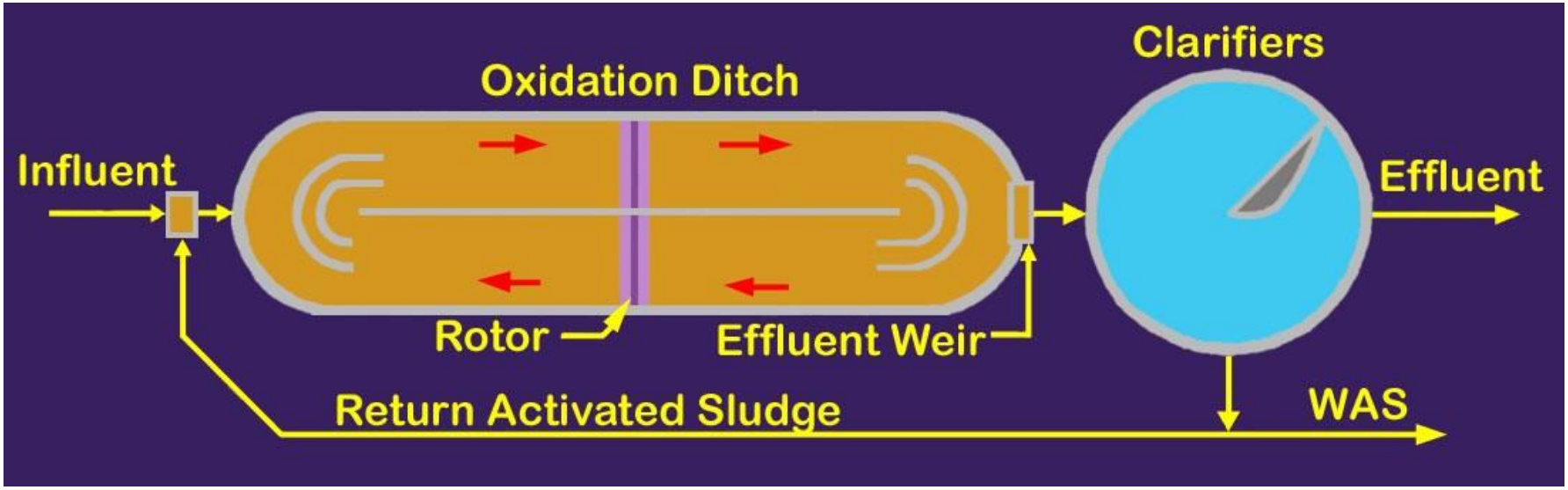
معمولا بعضی جاها از ترکیب برکه و لاگون استفاده می شود:



برکه اکسیداسیون






Clarifiers
Oxidation Ditch
Influent
Effluent
Rotor
Effluent Weir
Return Activated Sludge
WAS

آلودگی خاک

حضور ترکیبات سمی، شیمیایی، نمک ها، مواد رادیواکتیو و یا عوامل بیماریزا که اثرات نامطلوب بر روی رشد گیاهان یا سلامت جانداران دارد.

به طور کلی:

هر عاملی که باعث خراب شدن کیفیت و بافت خاک شده و یا تعادل بیولوژیکی ارگانیسم های موجود در خاک را به هم بزند به عنوان آلوده کننده خاک شناخته می شود.

عوامل مختلف آلوده کننده خاک

۱- نفوذ شیرابه زباله های مدفون در خاک

۲- تخلیه فاضلاب شهری یا صنعتی به خاک

۳- نشت مخازن زیرزمینی ذخیره نفت یا سایر مشتقات نفتی

۴- دفن غیر اصولی زائدات رادیواکتیو در خاک

۵- مصرف زیاد حشره کشها، افت کشها و کودهای شیمیایی

۶- تخلیه نخاله های ساختمانی در خاک

۷- نفوذ آب شور دریاها

۸- باران های اسیدی

عمده ترین آلاینده های خاک

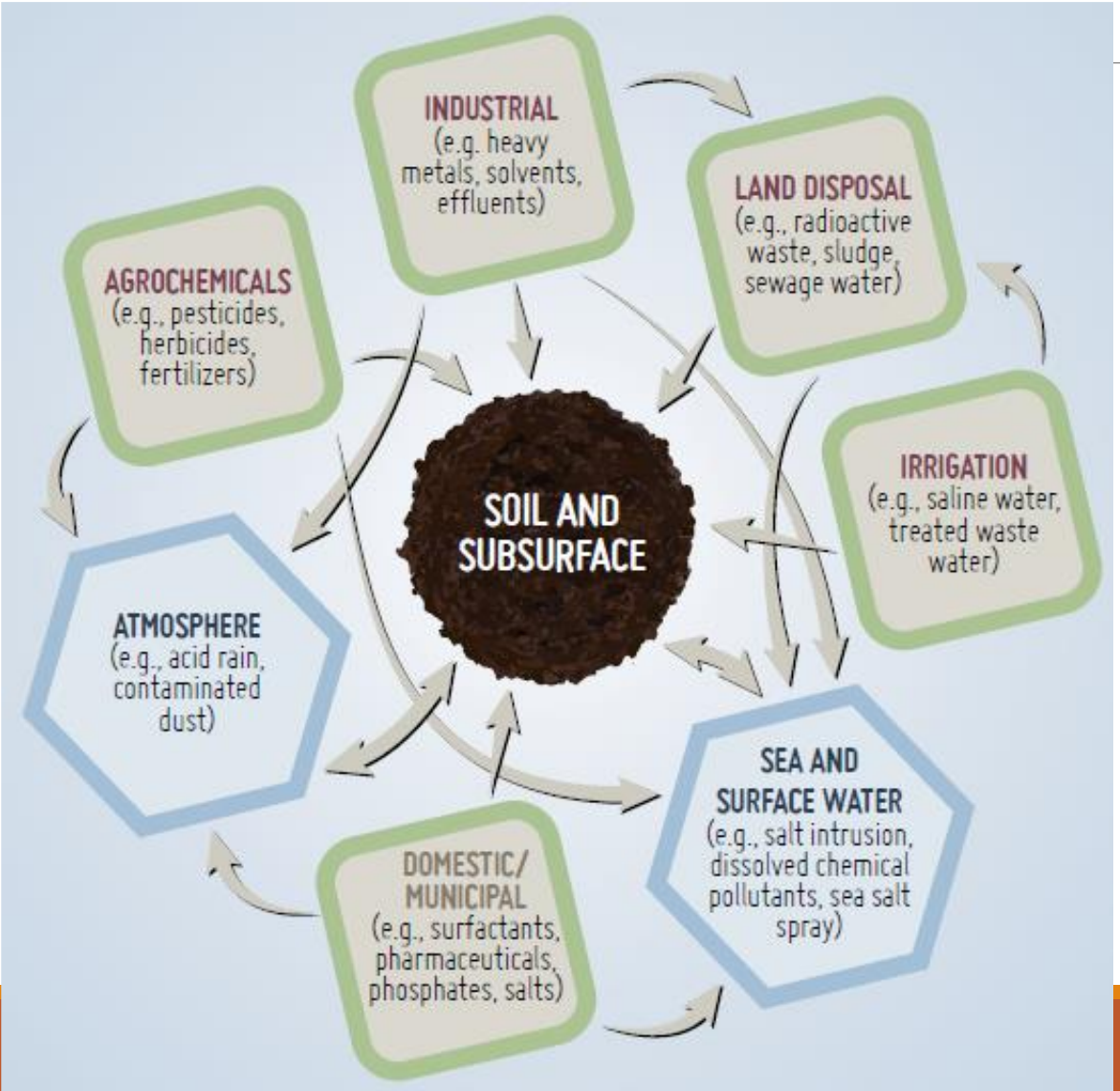
۱- پسماندهای جامد (شامل پسماندهای خانگی، ساختمانی، صنعتی و ...)

۲- هیدروکربن های نفتی

۳- فلزات سنگین

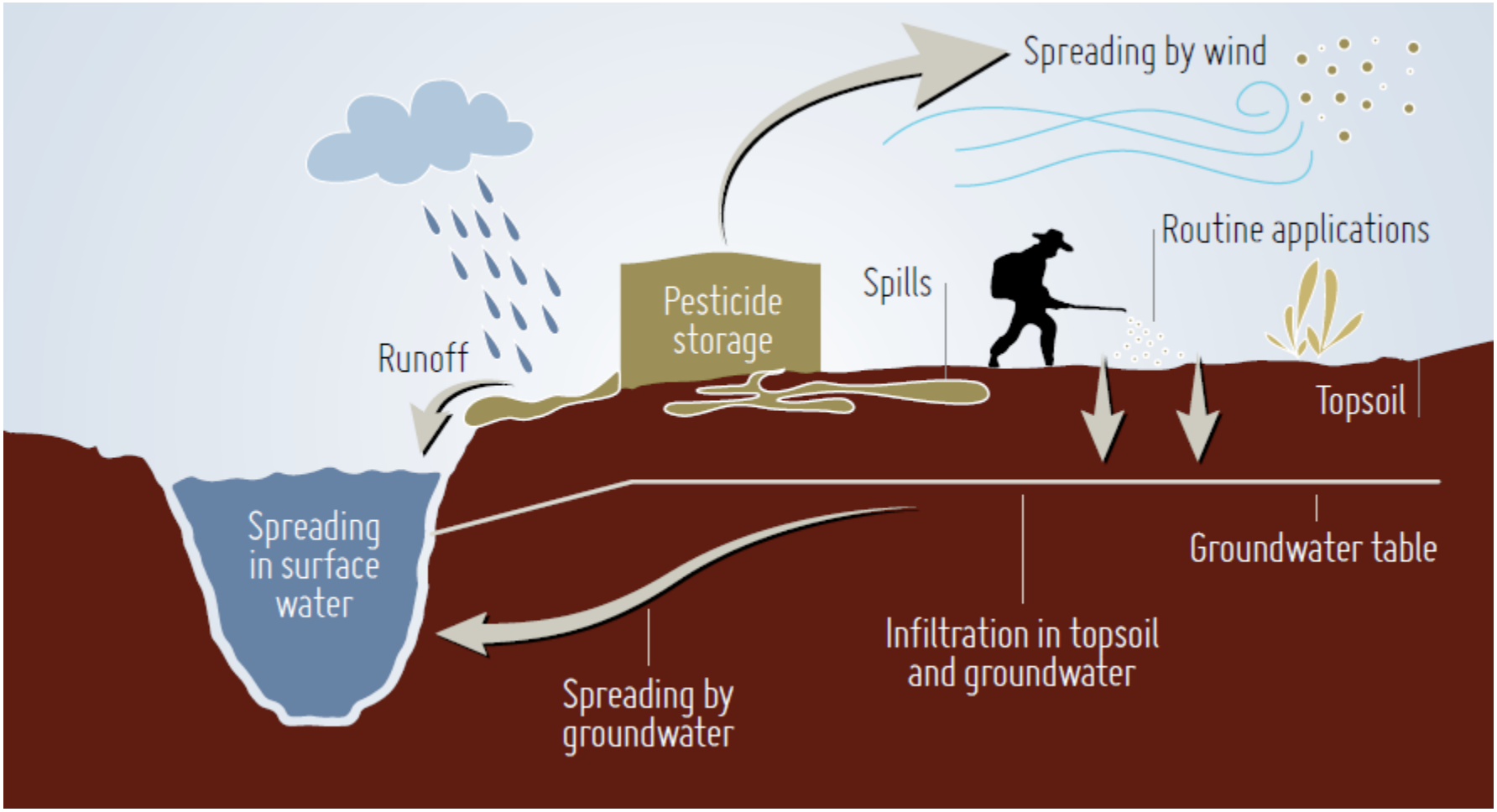
۴- حشره کشها

۵- کودهای شیمیایی

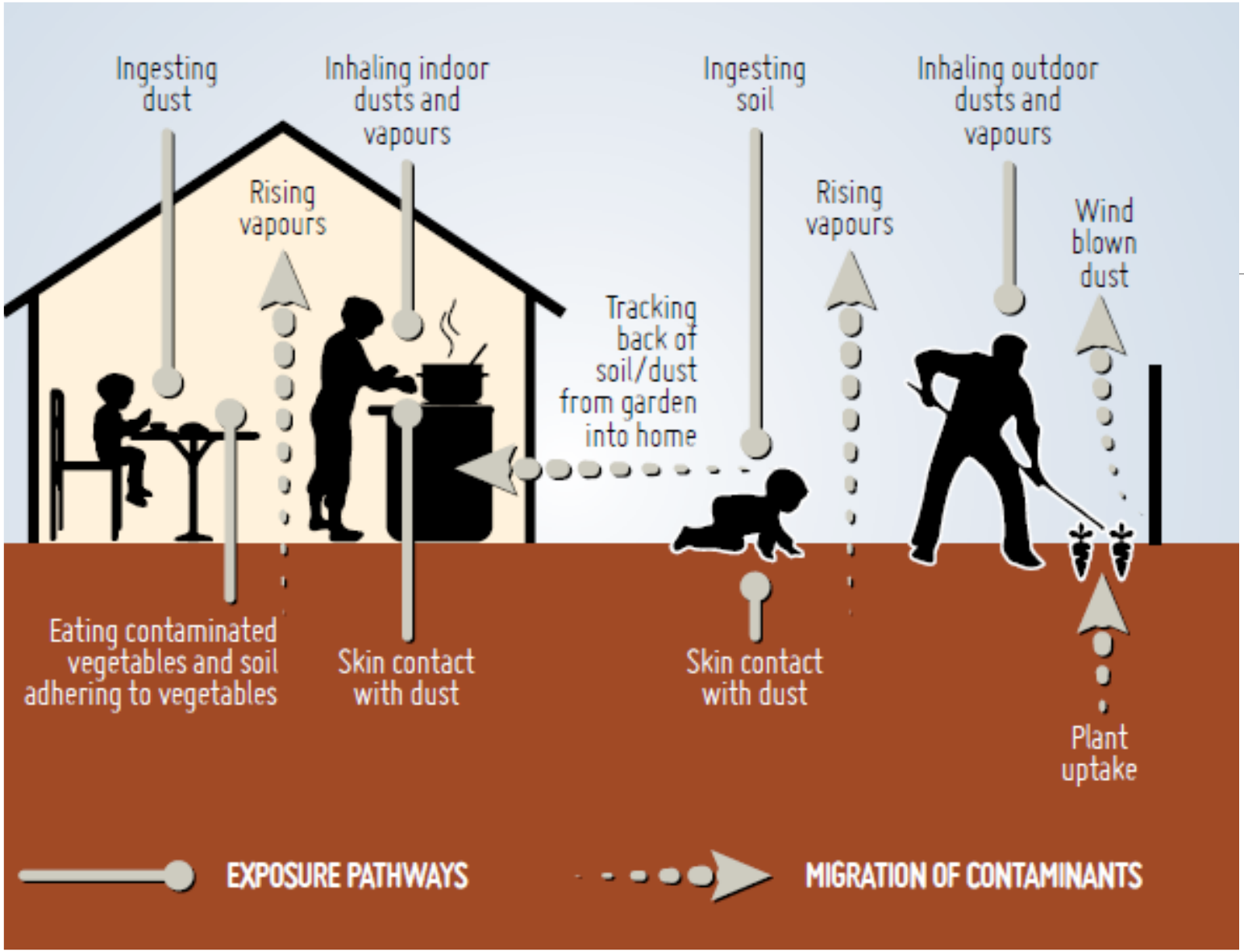


مهمترین فلزات آلوده کننده خاک

Element	Symbol	Dominant Soil Species
Arsenic	As	AsO_3^{2-}, AsO_4^{3-}
Cadmium	Cd	Cd^{2+}
Chromium	Cr	Cr^{3+}, CrO_4^{2-}
Copper	Cu	Cu^{2+}
Mercury	Hg	Hg^{2+}, $(CH_3)_2Hg$
Nickel	Ni	Ni^{2+}
Lead	Pb	Pb^{2+}
Zinc	Zn	Zn^{2+}



نحوه انتقال حشره کش ها در محیط زیست



نحوه تماس انسان با آلاینده های خاک

اثرات آلودگی خاک

۱- کاهش حاصلخیزی خاکهای اراضی کشاورزی

۲- افزایش فرسایش خاک و در نتیجه افزایش رسوبات در مخازن سدها و کانالهای انتقال آب

۳- ورود مواد شیمیایی خطرناک به آبهای زیرزمینی

۴- ورود مواد آلاینده به زنجیره غذایی انسان

۵- برهم خوردن تعادل اکولوژیکی به دلیل مرگ بعضی از ارگانیسم های موجود در خاک

۶- انتقال آلودگی به آبهای سطحی و مرگ آبزیان

کنترل آلودگی خاک

۱- کاهش مصرف حشره کشها و کودهای شیمیایی

۲- مصرف مجدد موادی مثل شیشه، پلاستیک و کاغذ

۳- بازیافت مواد

۴- احیای جنگل

.

.

.