

# تصفیه آب و فاضلاب

امیر رضا طلایی

عضو هیئت علمی موسسه آموزش عالی جامی

منبع: تصفیه فاضلاب نگارش دکتر منزوی

# اهداف کلی تصفیه فاضلاب

● تامین شرایط بهداشتی برای زندگی مردم

● پاک نگهداری محیط زیست

● بازیابی فاضلاب

● تولید کود طبیعی

● تولید انرژی





# انواع فاضلاب

● فاضلاب خانگی

● فاضلاب صنعتی

● پس آب ناشی از سیلابها

● فاضلاب کشاورزی



# فاضلاب خانگی

ناشی از دستگاههای بهداشتی همچون توالت ها، حمام، ماشین های لباس شویی و ظرف شویی، پساب آشپزخانه و شستشوی بخشهای مختلف خانه می باشد.

در شبکه جمع آوری فاضلاب شهری، فاضلاب مغازه ها، فروشگاهها، تعمیرگاهها، رستورانها و... نیز جمع آوری می شود.

# مشخصات فاضلاب خانگی

- رنگ فاضلاب
- بوی فاضلاب
- pH فاضلاب
- دمای فاضلاب
- ناخالصیهای موجود در فاضلاب
- وزن مخصوص فاضلاب
- موجودات میکروبیولوژی موجود در فاضلاب

# فاضلاب صنعتی

مشخصات بستگی به فرآیند مورد استفاده در صنعت دارد



# تفاوت‌های میان فاضلاب صنعتی و خانگی

- امکان وجود ترکیبات سمی در فاضلاب صنعتی
- خورندگی بیشتر فاضلاب صنعتی
- خاصیت قلیایی یا اسیدی فاضلاب صنعتی بیشتر است
- احتمال کمتر وجود میکروارگانیسم‌ها در فاضلاب صنعتی



# تشابه فاضلاب های صنعتی



تنها بخش مشابه فاضلاب های  
صنعتی، فاضلاب ناشی از  
سیستم خنک کننده می باشد

# آلودگی موجود در فاضلابهای صنعتی

● آلاینده های موجود در فاضلاب ناشی از معادن، کارخانه های فولاد سازی و... بیشتر از نوع معدنی هستند.

● آلاینده های موجود در فاضلاب ناشی از کارخانه های تهیه مواد غذایی، کارخانه های نشاسته سازی و... بیشتر آلی هستند.

# فاضلاب های ناشی از سیلاب ها

این فاضلاب ها در اثر برف، باران و ذوب یخ ها و روان شدن آنها در شهرها ایجاد می شوند.

در برخی موارد درجه آلودگی اینگونه فاضلاب ها از فاضلاب خانگی بیشتر است.

# تصفیه فاضلاب

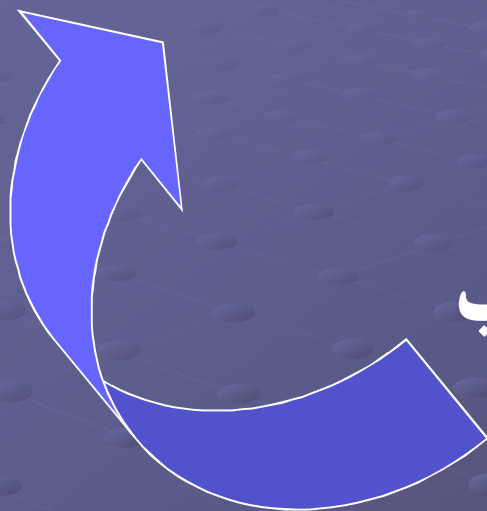
ناپایدار نمودن آلاینده های موجود در فاضلاب و ته نشین نمودن آنها اساس تصفیه فاضلاب را تشکیل می دهد.

میکروارگانسیم های بیهوازی

میکروارگانسیم های هوازی

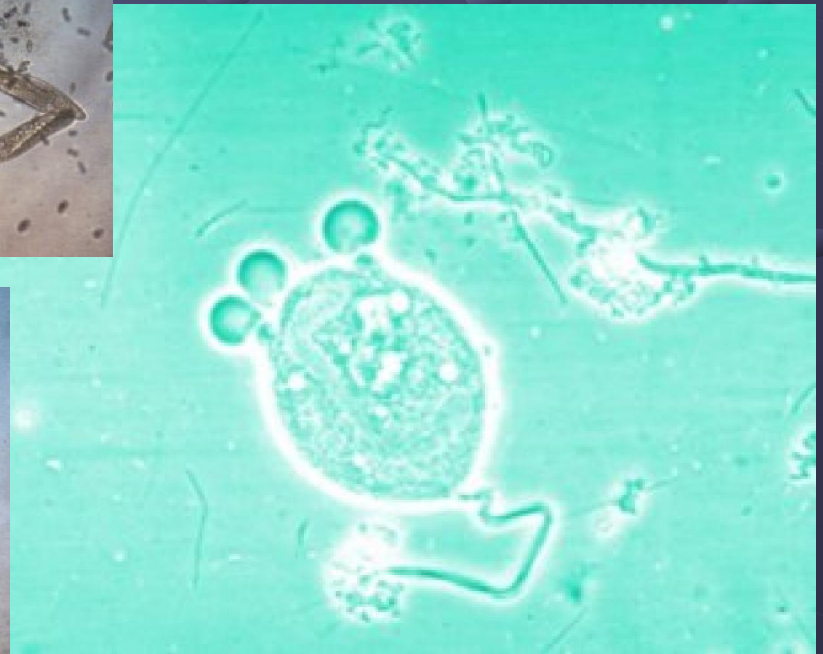
باکتریهای موجود در فاضلاب

میکروارگانسیم های اختیاری





# برخی میکروارگانیسم های موجود در فاضلاب



# تصفیه بیولوژیک هوازی

باکتریهای هوازی

مواد آلی

اکسیژن

دی اکسید کربن ، انرژی و باکتریهای جدید



# تصفیه بیولوژیک بی هوازی

باکتریهای بی هوازی

مواد آلی

عدم وجود  
اکسیژن

متان، هیدروژن سولفید، باکتریهای جدید و...



# آزمایش های فاضلاب

برای نشان دادن درجه آلودگی فاضلاب از شاخص های مختلفی استفاده می گردد که با آزمایش های مختلف مشخص می گردند.

# شاخص های آلودگی آب و فاضلاب

● اکسیژن خواهی بیولوژیک (BOD)

● اکسیژن خواهی شیمیایی (COD)

● کل کربن آلی (TOC)

● کل مواد معلق (TSS)

● اکسیژن محلول (DO)

● سایر روش ها



# تعریف BOD

تعیین مقدار اکسیژن لازم که باید به فاضلاب داده شود تا باکتریهای هوازی مواد آلی موجود در فاضلاب را اکسید نمایند



# مقدار BOD به عوامل زیر وابسته است

- مقدار مواد آلی موجود در آب
- میزان فعالیت باکتری ها
- درجه حرارت
- توربولانس یا اختلاط فاضلاب

# منحنی تغییرات BOD

● مرحله اول: اکسیداسیون مواد آلی کربن دار

● مرحله دوم: اکسیداسیون ترکیبات آلی ازت دار

# اکسیداسیون مواد آلی کربن دار

این مرحله از اولین لحظات کار باکتریها آغاز شده و به مدت ۲۰ شبانه روز ادامه می یابد. در این مرحله کربن موجود در محیط ناپایدار شده و به ترکیبات پایدار همچون  $\text{CO}_2$  تبدیل می شوند.

# اکسیداسیون ترکیبات آلی ازت دار

این مرحله همزمان با اکسیداسیون ترکیبات آلی کربن دار شروع شده و از پیرامون دهمین روز از آغاز فعالیت باکتریها شدت می گیرد.



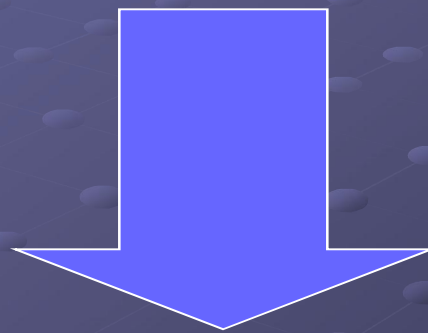
نیتريت ها



نيترات ها

مواد آلی ازته ← میکروارگانیسم ها

هفتاد درصد مواد آلی در پنج روز اول اکسید می شوند



بنابر این برای صرفه جویی در زمان از  $BOD_5$  (پنج روزه)  
استفاده می شود

# تعریف $BOD_5$

مقدار میلی گرم اکسیژنی که لازم است تا در پنج روز نخست باکتریهای هوازی مواد آلی موجود در یک لیتر فاضلاب را در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد اکسید نمود.

# نمایش ریاضی تغییرات BOD

$$\text{BOD}_t = L_0(1 - e^{-kt})$$

$$\text{BOD}_t = L_0(1 - 10^{-k't})$$

$$k_t' = 0.4343k$$

$$k_t = k_{20} \times 1.047^{(t-20)}$$

## مثال:

فاضلابی پس از ورود به رودخانه باعث افزایش میزان  $BOD_5$  رودخانه به ۴۰ میلی گرم بر لیتر می شود. در صورتی که دمای محیط ۲۰ درجه سانتیگراد باشد و سرعت جریان آب رودخانه نیز ۱ کیلومتر بر ساعت باشد، مقدار  $BOD_5$  رودخانه در ۴۸ کیلومتر پایین تر چقدر خواهد بود؟ مقدار ضریب  $K$  را ۰/۲۳ در نظر بگیرید.

# حل:

ابتدا مقدار BOD نهایی یا  $L_0$  را به کمک معادله زیر مشخص می نماییم:

$$BOD_t = L_0(1 - e^{-kt})$$

$$40 = L_0(1 - e^{-0.23 \times 5})$$

$$L_0 = 58.4$$

مدت زمانی که آب ۴۸ کیلومتر را خواهد پیمود محاسبه می نماییم:

$$t = x/v$$

$$t = 48/1$$

$$t = 48 \text{ hr or 2 Days}$$

مقدار  $BOD_2$  را محاسبه می نماییم:

$$BOD_t = L_0(1 - e^{-kt})$$

$$BOD_2 = 58.4(1 - e^{-0.23 \times 2})$$

$$BOD_2 = 21.53 \text{ mg/l}$$

$BOD_2$  به معنای این است که ۵۳/۲۱ میلی گرم از BOD در این مدت مصرف شده است. بنابر این با کم کردن این مقدار از BOD نهایی می توان مقدار BOD در ۴۸ کیلومتر پایین تر را محاسبه نمود که این مقدار برابر با ۸۷/۳۶ میلی گرم در لیتر خواهد بود.



# میزان آلودگی فاضلاب های شهری

حدوداً بر حسب  $BOD_5$  برابر با ۲۰۰ الی ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر می باشد

# دستگاه BOD متر

دیجیتال



# تعریف COD

در این روش برای اکسیداسیون مواد آلی موجود در فاضلاب از محیطی اسیدی به همراه اکسید کننده ای قوی، چون دی کرومات پتاسیم و یا پرمنگنات استفاده می شود.

غالباً مقدار COD بیشتر از BOD می باشد و نسبت COD به BOD در حدود ۴/۰ الی ۸/۰ در نظر گرفته می شود.

# انجام آزمایش COD به روش تقطیر برگشتی



# TOC

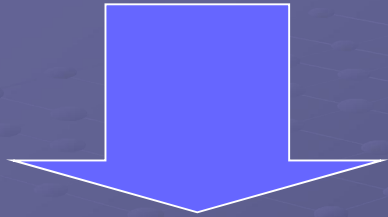
کل کربن آلی را با گرم کردن نمونه در دمایی بالاتر از ۵۵۰ درجه سانتیگراد و تبدیل مواد آلی موجود در آن به  $\text{CO}_2$  و در نهایت اندازه گیری  $\text{CO}_2$  تولید شده مشخص می کنند.



# چند نمونه از دستگاه TOC متر



# جامدات موجود در فاضلاب (TS)

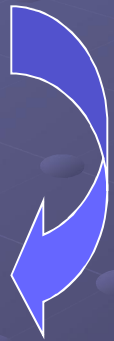


جامدات معلق

(TSS)



قابل ته نشینی



غیر قابل ته نشینی



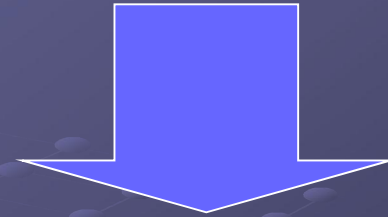
آلی

معدنی



آلی

معدنی



جامدات محلول (TDS)



آلی



معدنی

# اکسیژن محلول DO

مقدار اکسیژن حل شده در آب DO یا اکسیژن محلول نامیده می شود.

مقدار اکسیژن محلول موجود در فاضلاب شهری نمایشگر قدرت تصفیه طبیعی و خودبخودی آن می باشد

# جمعیت معادل

BOD فاضلاب  
تولیدی صنعت بر  
حسب میلی گرم بر  
لیتر

$$\frac{BOD_5 (mg / l) \times Q(l)}{BOD_5 (mg)}$$

سرانه تولید BOD بر حسب  
میلی گرم

دبی فاضلاب صنعتی بر  
حسب لیتر

سرانه تولید  $BOD_5$  در ایران ۶۰ گرم در شبانه روز محاسبه شده است.

# مقصود از تصفیه فاضلاب

- گرفتن مواد معلق و شناور از فاضلاب
- تبدیل مواد ناپایدار موجود در فاضلاب به مواد پایدار
- جداسازی مواد سمی محلول و نامحلول
- گندزدایی و نابودی میکروب ها در فاضلاب

# روشهای مختلف تصفیه آب و فاضلاب

روش های فیزیکی

روش های شیمیایی

روشهای بیولوژیکی



# تصفیه فیزیکی

از خواص مکانیکی و فیزیکی برای جداسازی مواد خارجی معلق در فاضلاب استفاده می شود

# مهمترین روشهای تصفیه فیزیکی

- صافی ها
- تانک های ته نشینی
- سیستم های شناور سازی

# صاف کردن فاضلاب



● آشغالگیری

● صاف کردن با کمک صافی های ماسه ای

# ته نشین کردن مواد معلق



با کاهش سرعت جریان آب امکان ته نشینی مواد معلق در تصفیه خانه های آب و فاضلاب فراهم خواهد شد

# حوضچه های ته نشینی

- منطقه ورودی که توسط آن فاضلاب در استخر بخش می گردد.
- منطقه ته نشینی که در آن ذرات معلق فاضلاب ته نشین می شوند.
- منطقه جمع شدن لجن.
- منطقه خروجی که توسط آن فاضلاب ته نشین شده از استخر بیرون می رود.

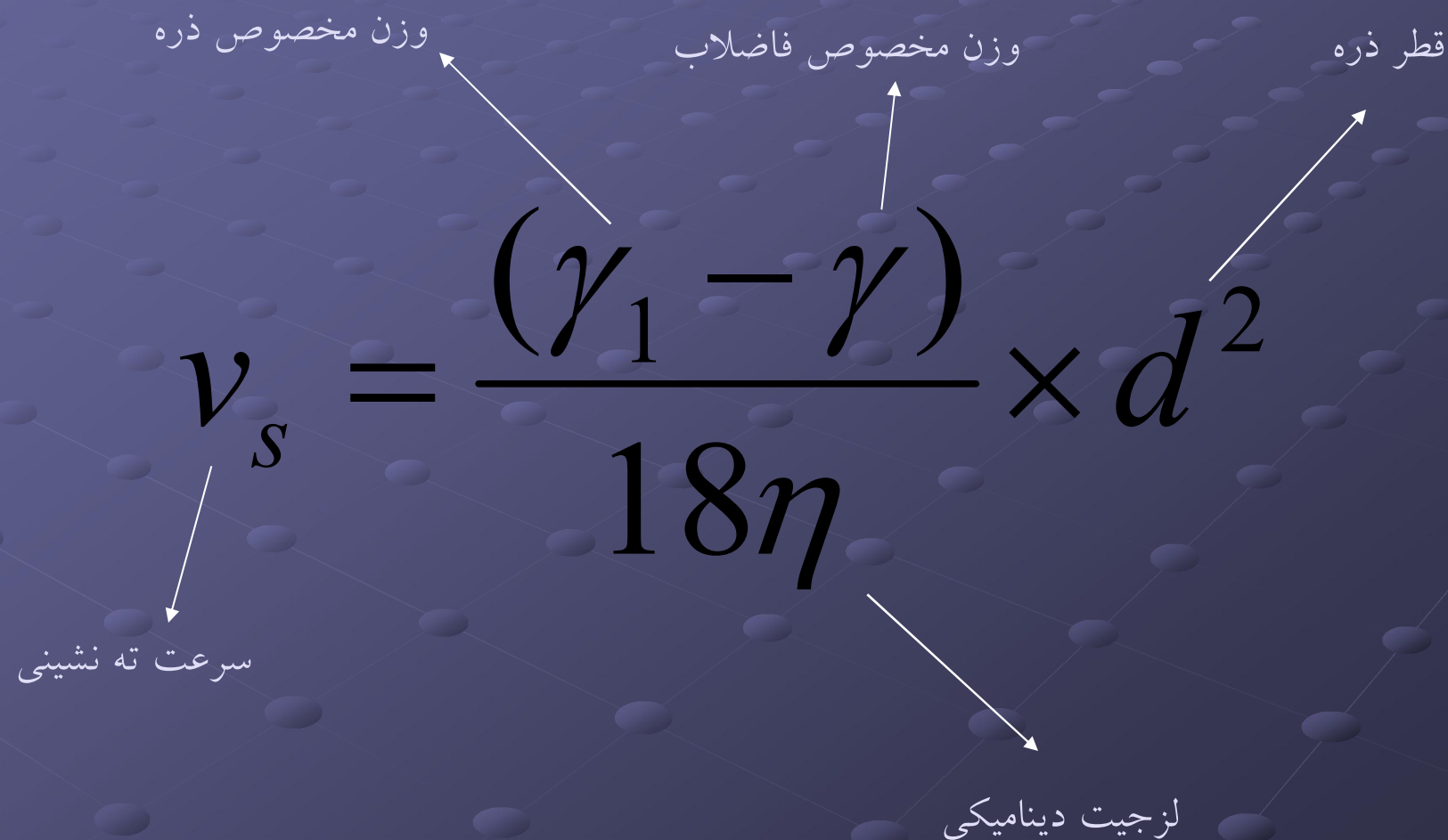


# نمایی از یک حوضچه ته نشینی





# کاربرد رابطه استوک در طراحی حوضچه ته نشینی



The diagram illustrates the application of Stokes' law in the design of a settling tank. It features a grid of particles, with arrows pointing from the variables in the equation to their physical counterparts in the diagram:

- $\gamma_1$ : وزن مخصوص ذره (Particle specific weight)
- $\gamma$ : وزن مخصوص فاضلاب (Sludge specific weight)
- $d$ : قطر ذره (Particle diameter)
- $\eta$ : لزجیت دینامیکی (Dynamic viscosity)
- $v_s$ : سرعت ته نشینی (Settling velocity)

$$v_s = \frac{(\gamma_1 - \gamma)}{18\eta} \times d^2$$

دبی ورودی به استخر

$$v_s (m / s) = \frac{Q}{A}$$

سرعت ته نشینی

سطح حوضچه ته نشینی

سرعت ته نشینی به عمق حوضچه ته نشینی بستگی ندارد.

# در عمل استفاده از قانون استوک به دلایل زیر ممکن نیست

- ذرات کروی نیستند و از نظر جنس همگون نمی باشند.
- معمولاً ذرات معلق هریک به صورت جداگانه ته نشین نمی شوند .
- در کف استخر به دلیل افزایش غلظت ذرات سرعت ته نشینی کمتر است.
- سرعت افقی ذرات در تمام سطح استخر یکی نیست

# لایه بندی حوضچه های ته نشینی

1. لایه تصفیه شده روئین که تقریباً ذرات معلق قابل ته نشینی از آن خارج شده است.
2. لایه ای که ذرات معلق فاضلاب در آن بصورت مستقل از هم در حال ته نشینی هستند.
3. لایه ای که غلظت ذرات در آن زیاد شده و ذرات به صورت لخته درآمده و ته نشین می شوند.
4. لایه ای که لخته های به هم نزدیک شده و مانع ته نشینی سریع می شوند.
5. لایه ای که در آن لجن ته نشین می شود.

# بطور متوسط میزان کاهش شاخص های آلودگی در ته نشینی اولیه عبارتند از:

● ۱۰۰٪ مواد قابل ته نشینی

● ۸۰٪ کل مواد معلق

● ۳۵٪ BOD<sub>5</sub>

● ۳۰٪ COD

# بررسی هیدرولیکی نوع جریان در ته نشینی

سرعت جریان افقی

شعاع هیدرولیکی

$$R_e = \frac{v_h \times R}{\nu}$$

عدد رینولدز

لزجیت سینماتیکی که در ۱۰ درجه برابر است با  $3/1 \times 10^{-6}$

سرعت جریان افقی

$$F_r^2 = \frac{v^2}{R \times g}$$

عدد فرد

شعاع هیدرولیکی

شتاب ثقل زمین

کاهش شعاع هیدرولیکی می تواند منجر به کاهش عدد رینولدز و افزایش عدد فرود گردد. بنابر این شعاع هیدرولیکی کوچک به استخرهایی با شعاع هیدرولیکی بزرگ برتری دارند. عدد فرود میزان پایداری جریان را نشان می دهد و عدد رینولدز نشان دهنده میزان توربولانس جریان است.



# واحدهایی که در تصفیه خانه ویژه عمل ته نشینی هستند

- حوضچه دانه گیری
- حوضچه ته نشینی اولیه
- حوضچه ته نشینی ثانویه

# شناور سازی

● برای حذف ذراتی که وزن مخصوص کمتر از آب دارند به کار می رود  
مانند روغن، چربی، ترکیبات نفتی و...

● معمولاً در تصفیه فاضلاب های صنعتی همچون کشتارگاهها و  
رستورانهای بزرگ به کار می رود.

# تصفیه زیستی (بیولوژیکی)

زمانی که تصفیه فیزیکی جوابگو نباشد از تصفیه بیولوژیکی جهت حذف آلاینده ها استفاده می گردد.

در یکانهای تصفیه بیولوژیکی، فرایند تشدید شده که در طبیعت خود به خود ولی با سرعت پایین صورت می گیرد به کار گرفته می شود.

# سیکل بسته مواد آلی و معدنی در طبیعت

نور

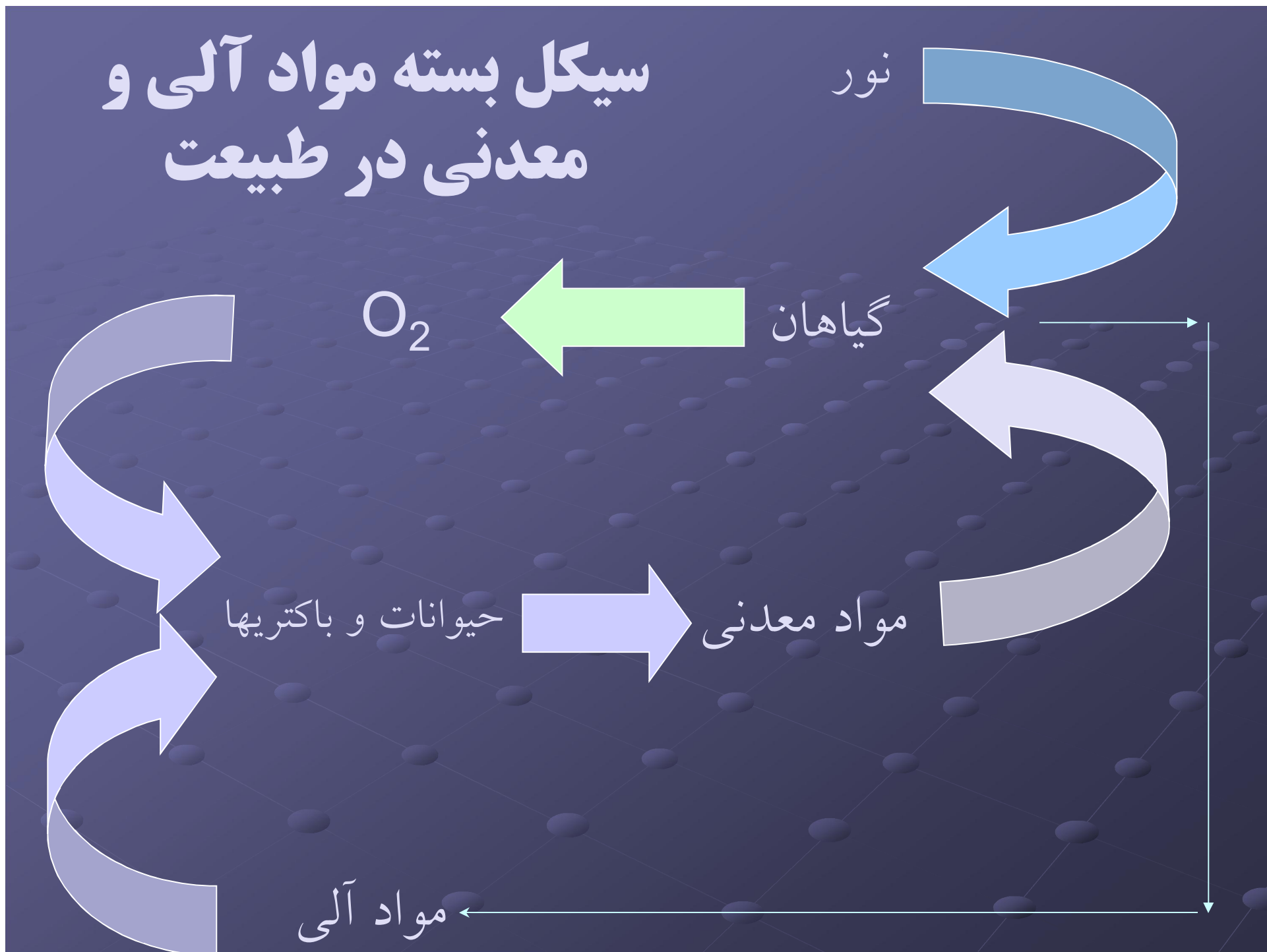
گیاهان

$O_2$

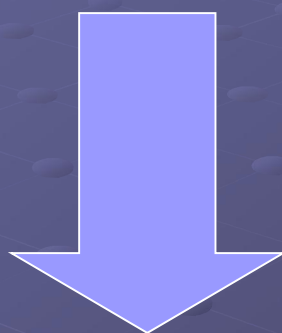
حیوانات و باکتریها

مواد معدنی

مواد آلی



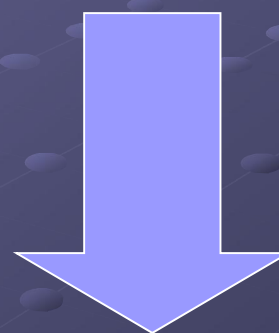
# انواع میکروارگانیزم ها



هوازی

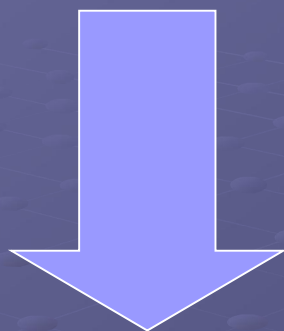


اختیاری

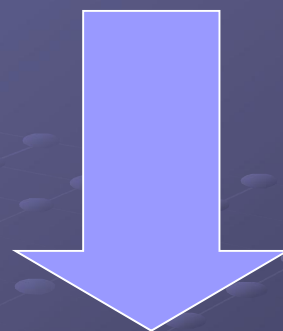


بی هوازی

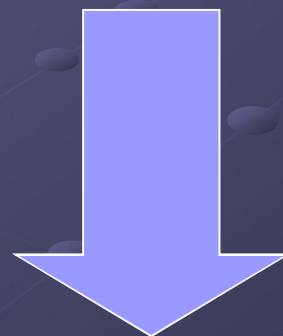
# میکروارگانیزم ها



انگل



سaprofیت



از مواد آلی موجود در پسماندها و اجساد سایر موجودات استفاده می کنند به همین دلیل به آنها کارگران تصفیه خانه نیز می گویند.



# باکتریهای ساپروفیت

- از نظر ابعاد ۱ الی ۵ میکرومتر هستند.
- دارای هسته، پلازما و پوسته هستند.
- نزدیک به ۸۰ درصد وزن آنها را آب تشکیل می دهد.

# تأثیر دما بر باکتریها

به ازاء هر ۱۰ درجه سانتیگراد افزایش دما فعالیتهای باکتریها ۲ برابر می شود. این عمل تا دمای ۴۰ درجه سانتیگراد ادامه دارد.

# تأثیر pH بر باکتریها

مناسب ترین pH برای رشد باکتریها ۵/۶ الی ۵/۷ می باشد اما برخی از آنها در pH های بسیار پایین همچون تیوباسیلوس تیواکسیدانس و یا محیط های بسیار قلیایی نیز می توانند رشد نمایند.

تغییرات ناگهانی pH می تواند منجر به توقف رشد و یا مرگ باکتریها شود.

# مهمترین انواع تصفیه بیولوژیکی

- تصفیه زیستی با کمک باکتریهای هوازی
- تصفیه زیستی با کمک باکتریهای بی هوازی
- تصفیه زیستی با کمک باکتریهای هوازی نیترات ساز و بی هوازی نیترات زدا
- تصفیه زیستی با کمک باکتریهای فسفات زدا

# تصفیه هوازی

اساس کار این روش رساندن اکسیژن به میکروارگانیسم های موجود در فاضلاب و تشدید رشد آنها است.

# انواع تصفیه هوازی

● رشد معلق: (لجن فعال)

● رشد چسبیده: (صافی چکنده یا دیسکهای بیولوژیک گردان)



# اکسیژن رسانی در تصفیه فاضلاب

- وارد نمودن هوا به آب (با استفاده از هواپخششان)
- وارد نمودن آب به هوا (ایجاد تلاطم با کمک هوادهی سطحی)
- هوادهی طبیعی (برکه های تثبیت)

# انواع هوادهی

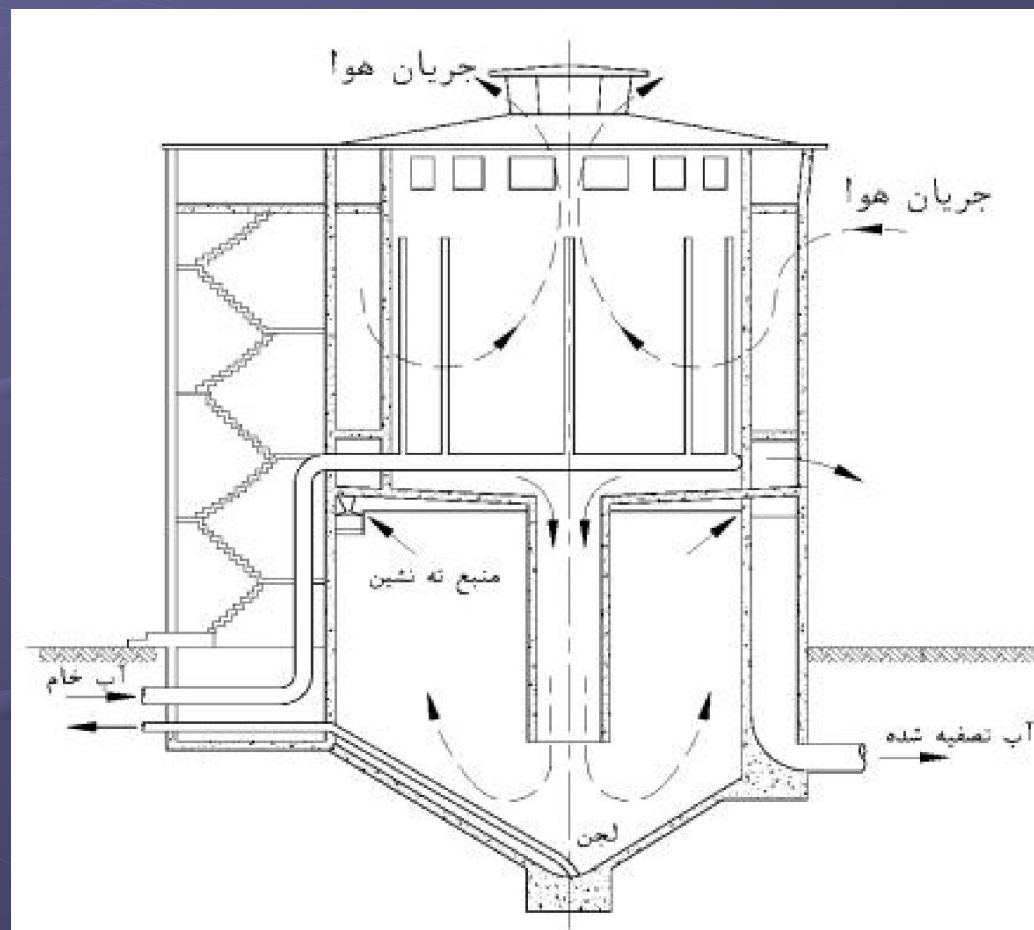
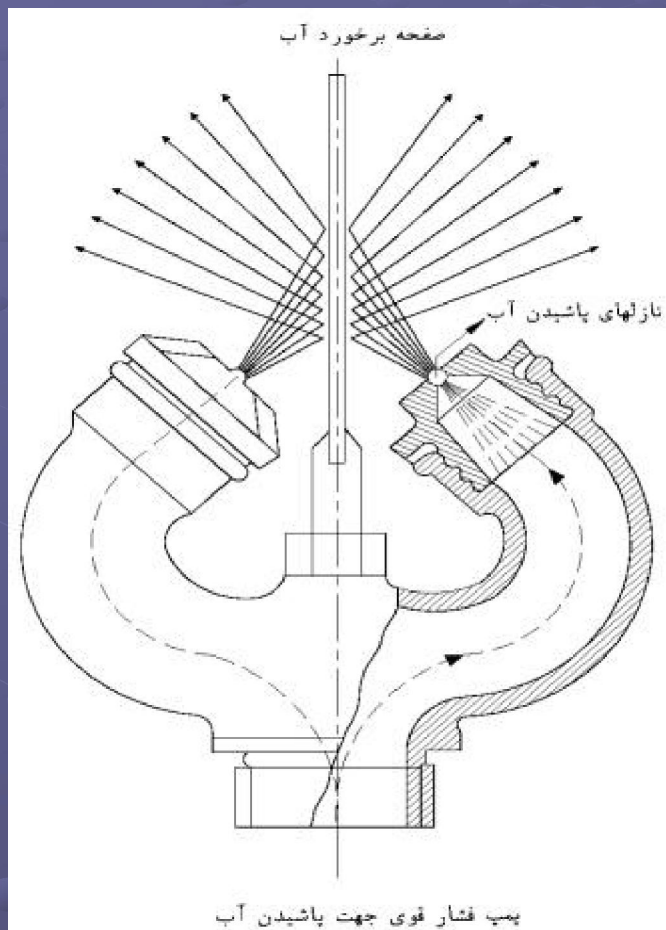


# انواع هوادهی





# انواع هوادهی (در تصفیه آب)



# عوامل تاثیر گذار بر میزان جذب اکسیژن

- مقدار کمبود اکسیژن نسبت به حالت اشباع در فاضلاب
- ضریب جذب اکسیژن سیستم

# محاسبه مقدار اکسیژن جذب شده توسط فاضلاب

میلی گرم در لیتر اکسیژن محلول  
در فاضلاب در حالت اشباع

میلی گرم در لیتر اکسیژن  
موجود در فاضلاب در  
حالت هوادهی

وزن همه اکسیژنی که در  
یک شبانه روز به  
فاضلاب وارد می شود

$$Q_V = \frac{C_S - C_X}{C_S} \times O_c \times \alpha \times f$$

مقدار اکسیژنی که  
توسط فاضلاب جذب  
می گردد

ضریب جذب اکسیژن به  
وسیله فاضلاب

ضربی که نشان دهنده  
فشار اسمزی است



# مقدار ضریب $f$

مقدار ضریب  $f$  برای سطح آزاد دریا برابر ۱ و به ازاء هر هزار متر افزایش ارتفاع ۱/۰ از آن کاسته می شود.

# تعیین میزان ضریب جذب اکسیژن ( $\alpha$ )

بنا به نظر پروفیسور اکن فلدر میزان  $\alpha$  به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$\alpha = \frac{A_{wastewater}}{A_{water}}$$

قدرت جذب اکسیژن  
توسط فاضلاب

قدرت جذب اکسیژن  
توسط آب خالص

# استفاده از اکسیژن خالص

## مزایا

- منجر به کاهش فضای تصفیه خانه خواهد شد
- منجر به افزایش راندمان خواهد شد

## معایب

- نیازمند کارکنان با تخصص بیشتر است
- تانک هوای هوادهی در این روش سربسته می باشند (هزینه بالاتر)
- مشکلات تهیه اکسیژن خالص و کاربرد آن بیشتر است

# تعریف بار حجمی (بار هیدرولیکی)

مقدار آلودگی فاضلابی که در واحد زمان بر یک متر مکعب از حجم فاضلاب وارد می آید.

بار حجمی یک واحد تصفیه زیستی اولین عددی است که باید به آن توجه نمود.

معمولاً برای نشان دادن بار حجمی از نسبت کل  $BOD_5$  به حجم مخزن هوادهی استفاده می گردد.

# مواد غذایی مورد نیاز باکتریها

منبع کربن (C)

منبع نیتروژن (N)

منبع فسفر (P)

# تقسیم بندی روشهای تصفیه بیولوژیکی هوازی

● روشهای تصفیه بیولوژیکی طبیعی: وارد نمودن فاضلاب به رودخانه، دریاچه و دریا و...

● روشهای نیمه مصنوعی تصفیه بیولوژیکی: ایجاد برکه های تثبیت، پخش فاضلاب در زمین و...

● روشهای مصنوعی تصفیه بیولوژیکی: سیستم لجن فعال، صافی چکنده و...



# میزان تصفیه

● تصفیه کامل: راندمان تصفیه بیش از ۸۰ درصد باشد

● تصفیه ناقص: راندمان حذف کمتر از ۸۰ درصد باشد

# تصفیه بیولوژیک با کمک باکتریهای بی هوازی

## توصیف فرایند:

در تصفیه بی هوازی مواد آلی احیاء شده و به ترکیبات آلی ناپایدار و برخی گازها همچون متان، دی اکسید کربن، سولفید هیدروژن و... تبدیل می شوند.

## مهمترین کاربردها:

هاضم های بی هوازی، تصفیه خانه های کوچک مانند سپتیک تانکها و ایمنهاف تانکها، چاههای فاضلاب خانگی، فاضلابهای قوی (دارای آلودگی بالا).

# هضم لجن بیولوژیک

● لجن بیولوژیکی (میکروارگانیزم های پرورش یافته) حاوی ۶۰ الی ۸۰ درصد مواد آلی می باشد.

● تصفیه و تجزیه لجن بسیار پیچیده و پرهزینه است.

● هزینه تصفیه لجن گاهی ۵۰ درصد کل هزینه ساخت و طراحی تصفیه خانه را شامل می گردد.

# مراحل هضم بی هوازی لجن

## مرحله تخمیر اسیدی

در این مرحله لجن در شرایط بی هوازی قرار گرفته و اکثر مواد آلی پیچیده موجود در آن به ترکیبات آلی ساده تبدیل می شود و pH آن به شدت کاهش می یابد. این بخش توسط باکتریهای اسید ساز انجام می پذیرد.

## مرحله متانی یا تخمیر قلیایی

pH مجدداً متعادل می شود و مواد آلی ساده تولید شده در مرحله قبل به گاز متان تبدیل می شوند. در این مرحله گاز کربنیک و گاز نیتروژن نیز تولید می گردد. این مرحله توسط باکتریهای متان ساز که در برابر تغییرات محیطی بسیار حساس هستند انجام می شود.

# ترکیب بیوگاز تولیدی در فرایند بی هوازی

● ۶۵ الی ۷۰ درصد گازمتان

● ۳۵ الی ۳۰ درصد گازکربنیک

● ۱ درصد سولفید هیدروژن (خورنده و بد بو)

● درصد ناچیزی از سایر گازها

# تأثیر دما بر تولید گاز

افزایش دما منجر به افزایش فعالیت میکروبی شده و تولید بیوگاز را نیز افزایش می دهد.



# تقسیم بندی باکتریها از لحاظ دمای مناسب برای رشد

● **ساکروفیل:** باکتریهای سرما دوست (کمتر از ۲۰ درجه)

● **مزوفیل:** باکتریهای معتدل دوست (۲۰ الی ۴۰ درجه)

● **ترموفیل:** باکتریهای گرما دوست (بیش از ۴۰ درجه)

# کاربرد بیوگاز

● برای گرم سازی خود هاضم ها، جهت افزایش سرعت هضم (در تصفیه خانه های کوچک).

● برای تولید انرژی الکتریکی (در تصفیه خانه های بزرگ).

● استفاده در سیستم گاز رسانی شهری.

# خواص لجن هضم شده

- رنگ قهوه ای مایل به سیاه.
- دارای بوی خاک مرطوب بوده و تولید ناراحتی نمی کند.
- به خوبی آب خود را از دست می دهد.
- حجم آن به شدت کاسته شده است.
- خاصیت چسبندگی آن ناچیز است.
- مقدار موجودات زنده آن بسیار کمتر شده است.

# نیترات سازی یا آمونیاک زدایی (نیتریفیکاسیون)



نیترات ایجاد BOD نمی کند و تجزیه هوازی آن ممکن نیست، بنابر این باعث کاهش DO آب نمی شود. ولی منجر به تحریک شدید رشد جلبکها می گردد و مجدداً پس از مرگ جلبکها مواد آلی به آبهای پذیرنده وارد می شود.

# مشکلات ناشی از حضور نیترات

● ایجاد پدیده شکوفایی جلبکی

● در صورت ورود این پساب به منابع آب آشامیدنی منجر به ایجاد بیماری کودک آبی (Blue baby) می گردد.

● ایجاد آلودگی در آبهای زیر زمینی

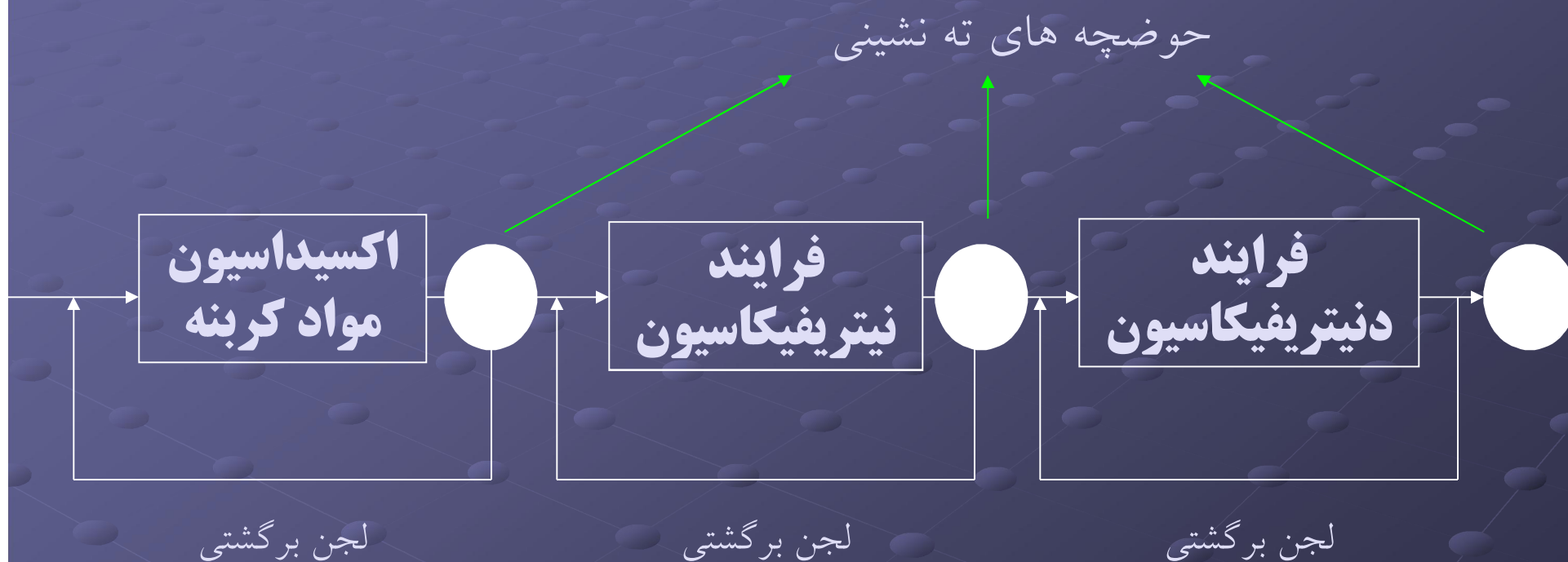
# نیترات زدایی یا ازت زدایی (دنیتریفیکاسیون)



این فرایند کاملاً بی هوازی بوده و در حضور اکسیژن انجام نمی شود



# مراحل تصفیه فاضلاب برای تخلیه به آبهای سطحی



اکسیداسیون مواد کربنه و فرایند نیتریفیکاسیون می تواند در یک مخزن و با زمان ماند بیشتر انجام گیرد.

# حذف فسفات از فاضلاب

فسفر نیز همانند نیتروژن منجر به تحریک رشد جلبکها می گردد.

حذف فسفر و نیتروژن جزء تصفیه پیشرفته فاضلاب محسوب می شود.

# تصفیه شیمیایی

اساس کار در تصفیه شیمیایی استفاده از مواد شیمیایی برای اکسیداسیون مواد آلی موجود در آب و فاضلاب می باشد. این روش بیشتر در تصفیه آب و همچنین فاضلابهای صنعتی کاربرد دارد.

# عمده ترین روشهای تصفیه شیمیایی مواد محلول در فاضلاب

- **خنثی سازی** (کاربرد اسید و باز در فاضلابهای اسیدی یا قلیایی)
- **اکسیداسیون** (استفاده از مواد اکسید کننده همچون ازن و کلر)
- **احیا** (کاربرد روشهای تعویض یونی)
- **تعویض یون** (کاربرد موادی همچون زئولیت)

# عمده ترین روشهای تصفیه شیمیایی مواد نامحلول در فاضلاب

- انعقاد و لخته سازی (کاربرد کلرور فریک)
- شناور سازی (کاربرد دامولسیفایرها در جداسازی ترکیبات نفتی)
- جذب سطحی<sup>۱</sup> (استفاده از کربن فعال)

۱- جذب سطحی می تواند برای حذف مواد و ترکیبات محلول همچون ترکیبات تولید کننده رنگ و بو نیز به کار گرفته شود.

# انعقاد و لخته سازی

متصل نمودن مواد معلق سبک و مجزای غیر قابل ته نشینی (ذرات کلوئیدی) به یکدیگر و تبدیل آنها به لخته های سنگین و قابل ته نشینی.

انعقاد و لخته سازی به دلایل مختلف عموماً در دو مخزن مجزا صورت می گیرد.



# مهمترین ترکیبات شیمیایی منعقد کننده

- برخی پلیمرها
- پلی الکترولیتها
- سولفات و هیدرات آلومینیوم
- سولفات، کلرور و هیدرات دو و سه ظرفیتی آهن
- خاک رس
- آب آهک

# گندزدایی

- استفاده از کلر
- استفاده از دی اکسید کلر
- استفاده از کلروآمین ها
- استفاده از هیپوکلریت کلسیم و سدیم
- استفاده از ازن
- استفاده از اشعه ماوراء بنفش

# گندزدایی با کلر

کلر پس از ورود به آب اسید هیپوکلروس و یون اکسید کلر تولید می نماید.

خاصیت گندزدایی اسید هیپوکلروس بیشتر از یون اکسید کلر است.

مقدار اسید هیپوکلروس و یون اکسید کلر تولیدی به اسیدیته و دمای محیط وابسته است. با کاهش

pH مقدار اسید هیپوکلروس تولیدی بیشتر می گردد.

پس از ورود کلر به محیط مقداری از آن صرف اکسیداسیون مواد اکسید پذیر موجود می گردد و

تولید کلروورهای مختلفی می کند که این مواد اثر ضد عفونی کننده ندارند.

کلر بر روی ترکیبات ازت دار تاثیر گذاشته و تولید کلروآمینها می کند.

در نتیجه واکنش کلر با مواد آلی تری هالومتانها تشکیل می شوند که سرطانزا هستند.



# کلرو آمینها

توانایی کلرو آمین ها در نابودی میکروارگانیسم ها کمتر از گاز کلر است.

## عنوان کلرو آمین ها عبارتند از:

● مونوکلرو آمین

● دی کلرو آمین

● تری کلرو آمین

# مراحل تاثیر کلر

- مرحله اول: اکسیداسیون ترکیبات اکسید شونده.
- مرحله دوم: تولید کلرو آمین ها (کلر ترکیبی).
- مرحله سوم: اکسیداسیون بخشی از کلرو آمین ها.
- مرحله چهارم: رسیدن به نقطه شکست.

# کلرزدایی

در صورت رها سازی پساب در آبهای سطحی باید فرایند  
کلرزدایی انجام گیرد.



# روشهای کلر زدایی

● استفاده از ترکیبات گوگردی همچون گاز  $\text{SO}_2$

● استفاده از ترکیبات گوگردی همچون تیوسولفات سدیم

● استفاده از کربن فعال

# گندزدایی با اشعه ماوراء بنفش

● این اشعه طول موجی میان ۲۵۰ الی ۲۷۰ نانومتر دارد.

● در کمتر از ۱۰ ثانیه اثر کرده و گندزدایی را انجام می دهد.

● این اشعه بر خلاف کلر سمی نبوده و برای کارگران تصفیه خانه مضر نیست.

● برای محافظت از لامپ های تولید کننده اشعه از کوارتز استفاده می گردد.

# نکات مهم در کاربرد اشعه ماوراء بنفش

- هزینه ساختمانی تاسیسات آن بیشتر از تاسیسات کلرزنی است.
- از تکنولوژی پیشرفته تری برخوردار است و لامپها بایستی مداوماً تمیز گردند.
- وسایل و اجزاء آن در کشورهای در حال توسعه موجود نیست.
- پساب تصفیه خانه بایستی فاقد هر گونه کدورت باشد.
- در صورت استفاده از پساب در آبیاری درون شهری باید نزدیک ۵/۰ گرم در لیتر کلر به آب اضافه نمود.

# تصفیه طبیعی فاضلاب

- وارد نمودن فاضلاب به رودخانه
- وارد نمودن فاضلاب به دریا
- وارد نمودن فاضلاب به مرداب های طبیعی
- پخش فاضلاب در زمین
- وارد نمودن فاضلاب در چاه
- دریاچه های تصفیه فاضلاب (روش نیمه مصنوعی تصفیه فاضلاب)

# وارد نمودن فاضلاب به دریا و دریاچه

**در این روش بایستی به نکات زیر توجه نمود:**

- مقدار کلورهای محلول موجود در آب دریا
- به دلیل اختلاف چگالی فاضلاب و آب دریا باید تزریق در عمق آب صورت پذیرد (۳ الی ۴ متر).
- جهت حرکت آب باد و امواج دریا.
- شدت و جهت جریانهای دریایی.
- بیلان آبی و تغییرات احتمالی کیفیت آب دریاچه.

# محاسبه سطح آلوده شده دریا توسط فاضلاب

$$A = 0.405 \times P(11.5 - 3.5 \log P)$$

سطح آلوده شده دریا بر  
حسب هکتار

جمعیت شهر بر حسب هزار نفر



# شاخص آلودگی میکروبی

یکی از مهمترین شاخص های آلودگی میکروبی آب تعداد کلی فرم موجود در یک میلی لیتر آب می باشد.

# استاندارد آمریکا از نظر آلودگی کرانه ها و محل شنا

۱۰ عدد کلی فرم در یک میلی لیتر

# نکات مهم در طراحی سیستم های رها سازی فاضلاب در دریا

● فاضلاب بایستی در چند نقطه و به صورت نامتمرکز در دریا رها شود.

● هنگام ورود فاضلاب به دریا باید جریان آن همراه با سرعت زیادی باشد تا آمیختگی خوبی ایجاد گردد.

● توجه به ضریب خودپالایی و کمبود اکسیژن دریاها و دریاچه ها

# وارد نمودن فاضلاب به مرداب های طبیعی

● مردابهای طبیعی دریاچه های کم عمقی هستند که گیاهان آبرزی در آنها رشد می کنند.

● مرداب انزلی در گیلان و چونک خرگوشی در سیستان و بلوچستان از این نوعند.

● قدرت تصفیه طبیعی آنها بسیار محدود است. بنابراین رها سازی فاضلاب در آنها باید آخرین گزینه قابل بررسی باشد.

● بر روی گیاهان موجود در مرداب باکتریها هوازی تجمع یافته و مواد آلی را تجزیه می کنند.

# پخش فاضلاب در زمین

**این عمل با دو هدف قابل انجام است:**

- جهت تصفیه طبیعی فاضلاب.
- جهت استفاده فاضلاب جهت آبیاری کشاورزی.

# شرایط لازم برای پخش فاضلاب در زمین

- سست و نفوذپذیر بودن زمین
- پایین بودن سفره آب زیرزمینی (دست کم ۳ متر)
- کم بودن میزان بارندگی در منطقه
- فراوان بودن زمین بایر در نزدیکی منطقه



# معایب پخش فاضلاب در زمین

- آلودگی محیط زیست
- آلودگی احتمالی آبهای زیر زمینی
- خطر گسترش بیماریهای گوناگون

# روشهای مختلف پخش فاضلاب در زمین

● پخش فاضلاب در سطح زمین

● پخش فاضلاب در شیارها

● پخش فاضلاب توسط شبکه زیرزمینی (فاضلاب نیمه تصفیه شده)

# وارد نمودن فاضلاب در چاه

فاضلاب پس از ورود به چاه تحت شرایط بی هوازی مورد تجزیه قرار گرفته و آلودگی و مواد معلق آن به شدت کاهش می یابد

# ساختمان چاه جذب کننده فاضلاب

قسمت ورودی فاضلاب به چاه

میلۀ چاه با قطر حدود ۸/۰ متر

انباره چاه که در لایه نفوذپذیر ساخته می شود

# نکته بهداشتی در احداث چاه

انتهای چاه بایستی حداقل ۳ الی ۴ متر با سطح سفره های آب زیر  
زمینی فاصله داشته باشد.

# محاسبه سطح لازم در چاه های جذبی

● در لایه نفوذ پذیر چاله ای با قطر ۱۰ سانتیمتر و عمق ۶۰ سانتیمتر حفر می گردد و به مدت ۲۴ ساعت در آن آب می ریزند.

● پس از گذشت ۲۴ ساعت دست کم تا ارتفاع ۲۲۵ میلیمتر در چاله آب ریخته می شود و مدت زمانی را که تمام آب در زمین فرو می رود بر حسب دقیقه تعیین می شود.

● میانگین زمان لازم برای نفوذ ۲۵ میلیمتر از ارتفاع آب در چاله محاسبه می گردد.

● با استفاده از جداول خاص سطح لازم در چاه برای هر نفر مشخص می گردد.



# دریاچه های تصفیه فاضلاب (برکه تثبیت)

فاضلاب در این دریاچه ها برای مدت زمانی نسبتاً طولانی در مجاورت هوا و نور خورشید به صورت طبیعی تصفیه می گردند.

# نمایی از یک برکه تثبیت فاضلاب



# نمایی از یک برکه تثبیت فاضلاب



# نحوه تامین اکسیژن مورد نیاز باکتریها در برکه های تثبیت

- اکسیژن محلول در فاضلاب
- اکسیژن موجود در هوای آزاد
- اکسیژن موجود در ترکیبات آلی
- اکسیژن بدست آمده از عمل فتوسنتز گیاهان آبی

# محاسن استفاده از برکه های تثبیت

- بی نیاز بودن از وسائل مکانیکی و افراد متخصص
- عدم مصرف انرژی در تصفیه فاضلاب
- ارزانتر بودن هزینه ساخت تاسیسات تصفیه فاضلاب به این روش



# معایب استفاده از برکه های تثبیت فاضلاب

● خطر آلودگی محیط زیست در اثر راهبری یا طراحی غلط

● نیاز به زمین زیاد در مقایسه با سایر روشها

● لزوم ساخت اینگونه تاسیسات در فاصله زیاد از شهر ۵/۱ تا ۴ کیلومتر

# انواع برکه های تثبیت

- برکه تثبیت هوازی
- برکه تثبیت اختیاری
- برکه تثبیت بی هوازی
- برکه های تثبیت تکمیلی
- برکه های تثبیت مقدماتی
- برکه های تثبیت هوادهی شده



# برکه تثبیت هوازی

- عمق این برکه ها کم و حدود  $3/0$  متر الی  $5/1$  متر است.
- تنها در لایه نازکی از رسوبات کف ممکن است شرایط بی هوازی رخ دهد.
- در صورت بهره برداری صحیح بوی تولید شده در برکه ها حداقل ممکن است.
- گیاهان رشد نموده در برکه باید بطور منظم چیده شوند.
- کمترین مقدار اکسیژن محلول مورد نیاز این برکه ها معمولاً  $3$  میلی گرم در لیتر انتخاب می شود تا جانوران آبزی نیز در آنها زندگی کنند.
- فاصله این دریاچه برابر استاندارد باید حداقل  $500$  متر باشد ولی در ایران این فاصله  $5/1$  کیلومتر پیشنهاد می شود.

# انواع برکه های تثبیت هوازی از نظر بارگذاری

● کم بار (عمل نیترات سازی در این نوع انجام می گیرد)

● معمولی

● پر بار (عمق این نوع کمتر و بین  $3/0$  الی  $4/0$  متر می باشد)

# برکه های تثبیت اختیاری

این برکه ها از سه بخش تشکیل شده اند:

- بخش هوازی (لایه فوقانی)
- بخش بی هوازی (لایه تحتانی)
- بخش اختیاری (لایه میانی)

# طراحی برکه های تثبیت اختیاری

مقدار آلودگی خروجی

$$\frac{L_e}{L_i} = \frac{1}{(K_t \times R_t) + 1}$$

مقدار آلودگی ورودی

ضریب کار دریاچه

زمان ماند فاضلاب

# برکه های تثبیت بی هوازی

این برکه ها عمقی مابین ۵/۲ الی ۵ متر دارند.

به دلیل بوی زیادی که تولید می کنند کمتر مورد استفاده قرار می گیرند.

تقریباً هر ۲ الی ۵ سال یکبار نیاز به تخلیه رسوبات و لجن دارند.

معمولاً بعد از آنها از برکه های اختیاری و هوازی کم بار استفاده می شود.

بهترین زمان ماند هیدرولیکی در این نوع برکه ها ۵ روز می باشد.

# طراحی برکه های تثبیت بی هوازی

آلودگی ورودی بر حسب میلی  
گرم بر لیتر  $BOD_5$

$$\frac{L_e}{L_i} = \frac{1}{K_n \times R_t \left( \frac{L_e}{L_i} \right)^{4.8} + 1}$$

آلودگی خروجی بر  
حسب میلی گرم در  
لیتر  $BOD_5$

ضریبی وابسته به دما  
که در دمای ۲۲ درجه  
برابر است با ۶

مدت زمان توقف  
فاضلاب در برکه بر  
حسب روز

# برکه های تثبیت تکمیلی

از این برکه های برای تصفیه تکمیلی فاضلاب هایی استفاده می گردد که تصفیه مقدماتی و ثانویه را گذرانده باشند.



# برکه های تثبیت مقدماتی

هدف از به کار گیری این برکه ها انجام یک تصفیه مقدماتی در حد ته نشینی می باشد. بنابر این فاضلاب خروجی نیازمند تصفیه بعدی نیز می باشند.

# برکه های تثبیت هوادهی شده

در این برکه ها برای تشدید عمل تصفیه هوادهی مکانیکی نیز صورت می پذیرد.

# طراحی برکه های تثبیت هوادهی شده

مقدار آلودگی خروجی

$$\frac{L_e}{L_i} = \frac{1}{(K_t \times R_t) + 1}$$

مقدار آلودگی ورودی

ضریب کار دریاچه

زمان ماند فاضلاب

در این مورد میزان  $K_t$  در رابطه فوق برابر با ۰/۲۵ در نظر گرفته می شود و عمق با توجه به نوع هوادهی ۲ الی ۴ متر در نظر گرفته می شود.

# جزئیات ساختمانی برکه های تثبیت

● **تعداد دریاچه ها:** چند دریاچه پشت سرهم کارایی بیشتری از یک دریاچه به همان ابعاد دارد.

● **نوع دریاچه ها:** به دلیل تولید زیاد لجن به ویژه در مناطق گرمسیر پیشنهاد می شود از یک استخر بی هوازی و چند استخر هوازی استفاده گردد.

● **ابعاد هندسی دریاچه ها:** طراحی باید به گونه ای انجام شود که حداقل خاکبرداری صورت گیرد. در صورتی که نفوذ فاضلاب در زمین بیش از ۱۰٪ باشد عایق بندی کف دریاچه لازم است.

● **ورودی و خروجی فاضلاب:** قبل و بعد از دریاچه ابزار دبی سنجی قرار می گیرد. برای جلوگیری از تولید کف، ورودی آب نیز باید در زیر سطح آب قرار گیرد.

# نگهداری برکه های تثبیت فاضلاب

● گیاهان آبی جهت جلوگیری از رشد حشرات باید مداوماً چیده شوند.

● اطراف برکه ها باید بطور مداوم برای جلوگیری از رشد حشرات سم پاشی گردد.

● برای حفظ بهداشت عموم در حریم دریاچه باید از ورود افراد غیر مسئول جلوگیری به عمل آورد.

# مرداب های مصنوعی

این روش همچون وارد نمودن فاضلاب در مردابهای طبیعی می باشد با این تفاوت که کنترل آن به دلیل دست ساز بودن آسانتر است.

# تصفیه مصنوعی فاضلاب

## دلایل استفاده از این روش:

- کافی نبودن قدرت خودپالایی منابع پذیرنده
- نیاز به بهره برداری از منبع طبیعی آب برای شرب، شنا و...
- نامناسب بودن اقلیم محلی برای تصفیه طبیعی (دمای پایین)
- احتمال بهره برداری نادرست از تصفیه طبیعی و شیوع بیماری
- عدم وجود زمین ارزان قیمت جهت پخش فاضلاب



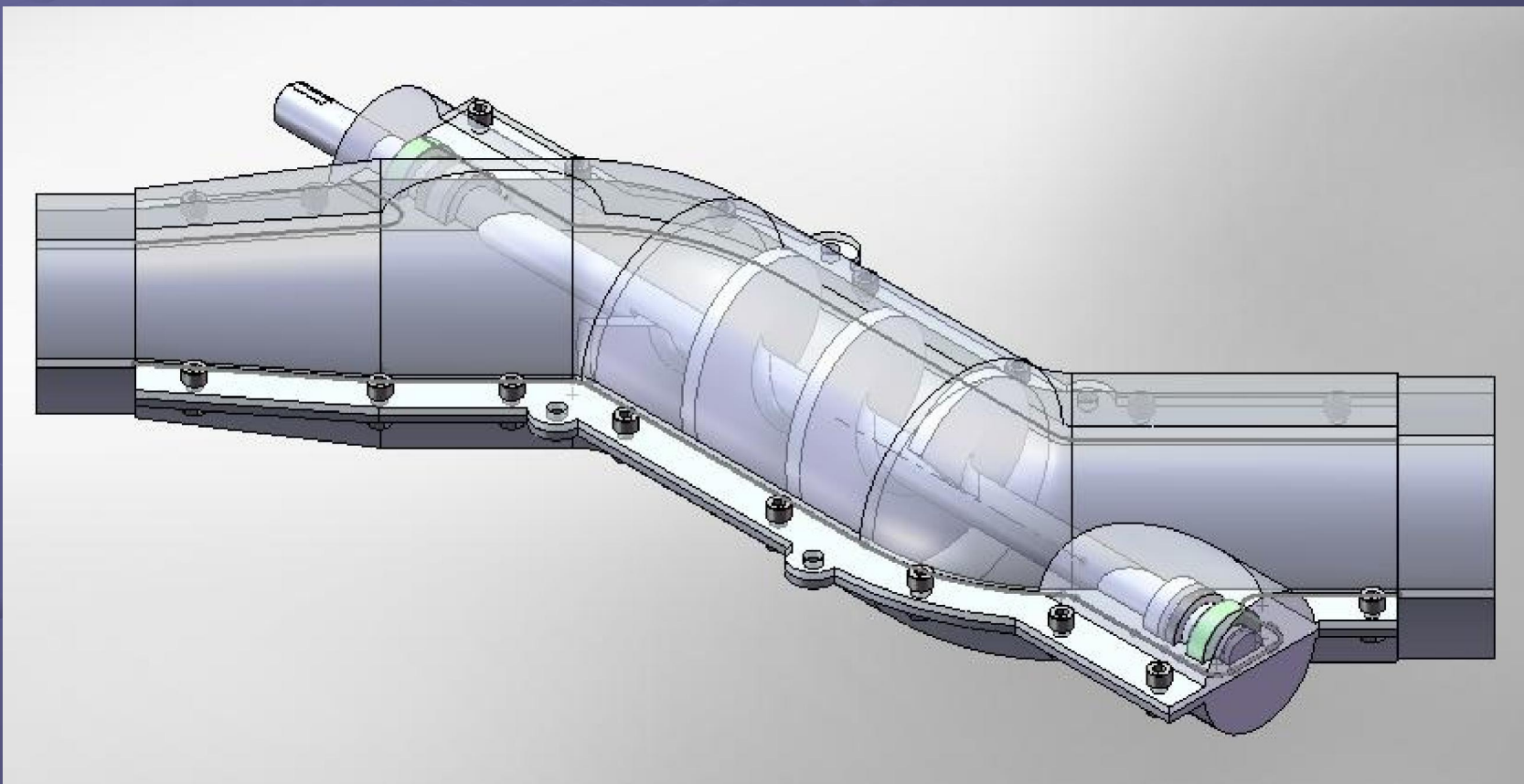
# ایستگاه پمپاژ ورودی فاضلاب

● به دلایل مختلف انتهای شبکه جمع آوری فاضلاب (ورودی تصفیه خانه) پایین تر از سطح زمین بوده و نیازمند استفاده از پمپ جهت رساندن آن به تصفیه خانه می باشد.

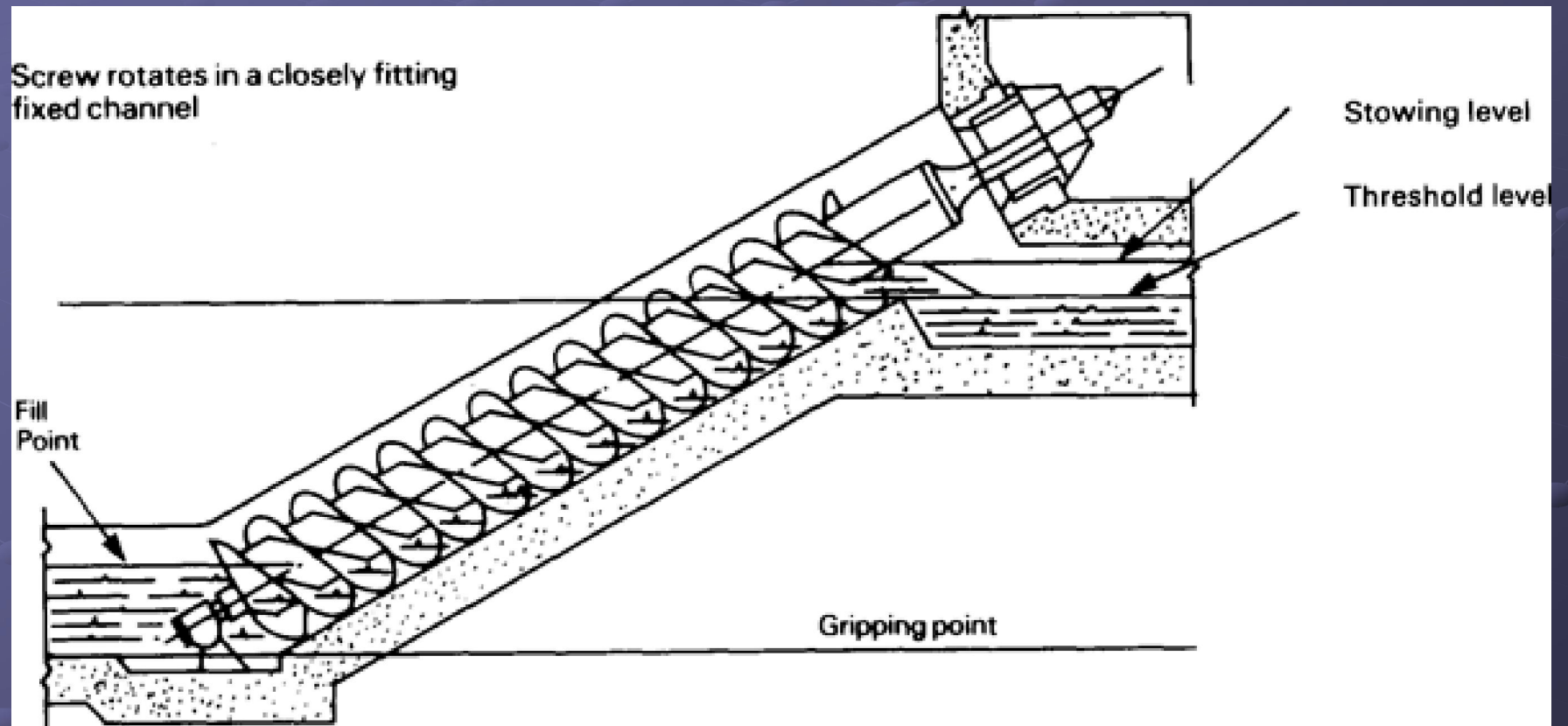
● در صورت کم بودن عمق بهتر است جهت حفاظت از پمپ ها سیستم آشغالگیر قبل از پمپ قرار گیرد.

● معمولاً از پمپ های پیچ وار یا پمپ لجن کش استفاده می گردد.

# پمپ پیچ وار



# پمپ پیچ وار



# پمپ پیچ وار





آشغال گیر دستی (تصفیه خانه کوچک)

## آشغال گیر

آشغال گیر اتوماتیک برای تصفیه خانه بزرگ  
(بزرگ تر از ۳۰۰۰۰ نفر)

# ملاحظات طراحی آشغال گیر

- معمولاً از میله هایی با سطح مقطع دایره و یا تسمه های فولادی ساخته می شود.
- برای افزایش سطح مفید، معمولاً آنها را شیب دار می سازند (شیب ۱:۲ یا ۱:۳).
- طول میله های آشغال گیر دستی نباید از ۲ متر بیشتر گردد.
- سرعت جریان فاضلاب در کانال آشغالگیر نباید از ۶/۰ متر بر ثانیه کمتر و از ۵/۱ متر بیشتر باشد.
- معمولاً سرعت محل نصب آشغال گیر برای کاهش افت و سرعت جریان اندکی پهن تر ساخته می شود.
- پیش بینی کانال اضطراری جهت مواقعی که برای آشغال گیر مشکلی پیش می آید ضروری است.
- ارتفاع فاضلاب در مقابل آشغالگیر نباید بیش از ۳/۱ متر گردد.

آشغال گیر درشت

آشغال گیر

آشغال گیر ریز





# افت انرژی در آشغال گیر

زاویه میله های آشغالگیر  
نسبت به افق

قطر میله های آشغالگیر

سرعت جریان فاضلاب  
در کانال

$$H_e = \beta \times \sin \alpha \left( \frac{d}{e} \right)^{\frac{4}{3}} \times \frac{V^2}{2g}$$

ارتفاع فاضلاب در  
پشت آشغال گیر بر  
حسب متر

ضریبی است که بستگی  
به شکل میله آشغال گیر  
دارد

فاصله میان میله های  
آشغال گیر

شتاب ثقل زمین

# بازده کار آشغال گیر

● آشغالگیر درشت می تواند کمتر از ۱٪ BOD و کمتر از ۲٪ مواد معلق را حذف نماید.

● آشغالگیر ریز می تواند ۱ الی ۳ درصد BOD و ۲ تا ۵ درصد مواد معلق را کاهش دهد.

● با کاهش فاصله بین میله های آشغالگیر میزان مواد جدا شده بیشتر می گردد.

# دفع آشغالهای جدا شده

مواد زائد جدا شده پس از جمع آوری و خشک سازی معمولاً در خارج از شهر و با تمهیدات خاص دفن می گردند و یا برای کود سازی مورد استفاده قرار می گیرند.

# آشغال خرد کن

● دستگاهی که آشغال را ریز ریز نموده و برای تصفیه در مراحل بعدی تصفیه خانه آماده می سازد.

● این عمل در کشورهایی که انرژی الکتریکی ارزان قیمت است کاربرد دارد.

● در ایران به دلیل گرانی انرژی الکتریکی از این سیستم استفاده نمی گردد.

# حوض دانه گیر (ماسه گیر)

هدف از ساخت این بخش حذف ذرات تجزیه ناپذیر معدنی مانند ذرات ماسه با قطرهای بزرگتر و یا مساوی  $1/0$  الی  $2/0$  میلیمتر می باشد.

مواد آلی تجزیه پذیر در این سیستم نباید جداسازی شوند.

# انواع سیستم های دانه گیر

● حوض دانه گیر کم عمق

● حوض نانه گیر گود

● حوض های دانه گیر دایره ای شکل

● حوض های دانه گیر با کمک دمیدن هوا

# مقدار مواد شده توسط سیستم دانه گیر

مقدار مواد جدا شده بسته به نوع سیستم جمع آوری فاضلاب می باشد:

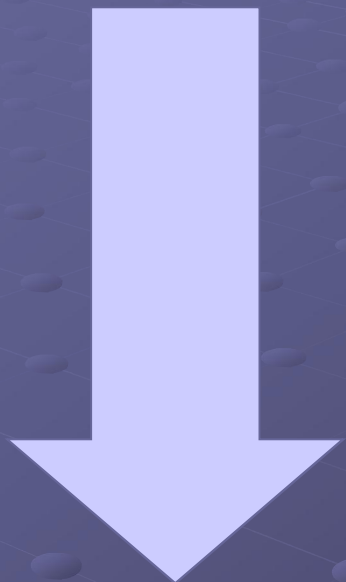
● سیستم جمع آوری مجزا: مقدار مواد جدا شده کمتر است

● سیستم مختلط: میزان مواد جدا شده بیشتر است.

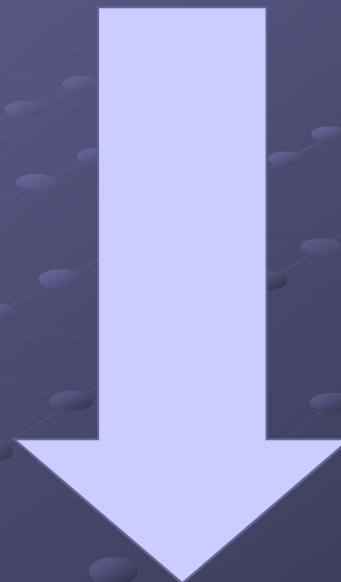
در بارندگی میزان دانه های وارد شده به سیستم بطور چشم گیری بیشتر می گردد.



# حوض های دانه گیری کم عمق



مستطیل شکل



دایره ای شکل

# حوض های دانه گیر کم عمق مستطیل شکل

در این حوضها با ثابت نگهداشتن سرعت جریان بر روی  $3/0$  متر در ثانیه ذرات مورد نظر را ته نشین می نمایند.

جهت ثابت نگهداشتن سرعت در هنگام تغییر دبی ورودی به تصفیه خانه از سر ریزهائی استفاده می شود که با افزایش دبی سرعت خروج نیز افزایش یابد. مانند سرریزهای مثلثی، تناسبی و سهمی شکل.

به علت ته نشین شدن ماسه و ذرات حجم حوض تغییر کرده و سرعت نیز به تناسب آن تغییر می کند. بنابر این بایستی لایروبی (دستی یا مکانیکی) انجام شود.

# حوضهای دانه گیر کم عمق دایره ای

از بخشهای زیر تشکیل یافته اند:

ورودی

ته نشینی

خروجی فاضلاب

کانال شستشوی دانه ها

این سیستم توسط جداول استاندارد ارائه شده طراحی می گردند.

# حوضهای دانه گیر عمیق

از سیستم‌هایی شبیه به سیکلون برای جمع‌آوری ذرات از فاضلاب استفاده می‌نمایند.

# حوضهای دانه گیر با کمک دمیدن هوا

به کمک دمیدن هوا علاوه بر کاهش چگالی فاضلاب و در نتیجه ته نشینی سریعتر ذرات ایجاد حرکت چرخشی نیز می تواند منجر به ته نشینی سریعتر گردد.

# برتری حوضهای دانه گیری با کمک دمیدن هوا

- امکان بیشتر در ثابت نگهداشتن جریان فاضلاب در حوض دانه گیری.
- ته نشین کردن ذرات دانه ای ریزتر نسبت به انواع دیگر حوض های دانه گیر.
- کمک به جداسازی مواد سبک مانند روغن و چربی از فاضلاب.
- هوادهی مقدماتی و در نتیجه کاهش بو.
- کمک به انعقاد مواد کلوئیدی موجود در فاضلاب.

# استخرهای ته نشینی

ته نشینی اولیه

ته نشینی ثانویه



# استخرهای ته نشینی اولیه

- این استخر قبل از سیستم تصفیه بیولوژیکی قرار می گیرد.
- در این استخرها مواد معلق نسبتاً درشت ته نشین می شود .
- در استخرهای ته نشینی اولیه ذرات ته نشین شده نسبت به ته نشینی ثانویه درشت تر و هضم نشده هستند.

تفاوت اصلی اسخر های ته نشینی اولیه و ثانویه در بار سطحی و زمان توقف فاضلاب است.

# کارائی سیستم ته نشینی اولیه

این سیستم ۴۰ تا ۷۰ درصد مواد معلق را از فاضلاب ورودی حذف می کند.

# تقسیم بندی فضای درونی استخرهای ته نشینی

● منطقه ورودی

● منطقه ته نشینی

● منطقه جمع شدن و متراکم شدن لجن

● منطقه خروجی

# انواع استخرهای ته نشینی

● استخرهای ته نشینی مستطیلی

● استخرهای ته نشینی

# برتری های استخرهای ته نشینی مستطیلی

- نیاز به زمین کمتر
- با پیش بینی دیواره های مشترک میان دو استخر مجاور هزینه های ساختمانی کاهش می یابد.
- خالی کردن لجن و لوله کشی مربوط به آن آسانتر است.
- راه تغذیه استخر کوتاه تر است.
- ایمنی استخر در برابر مشکلات ناشی از گرفتگی مجراهای ورودی و خروجی کمتر است.

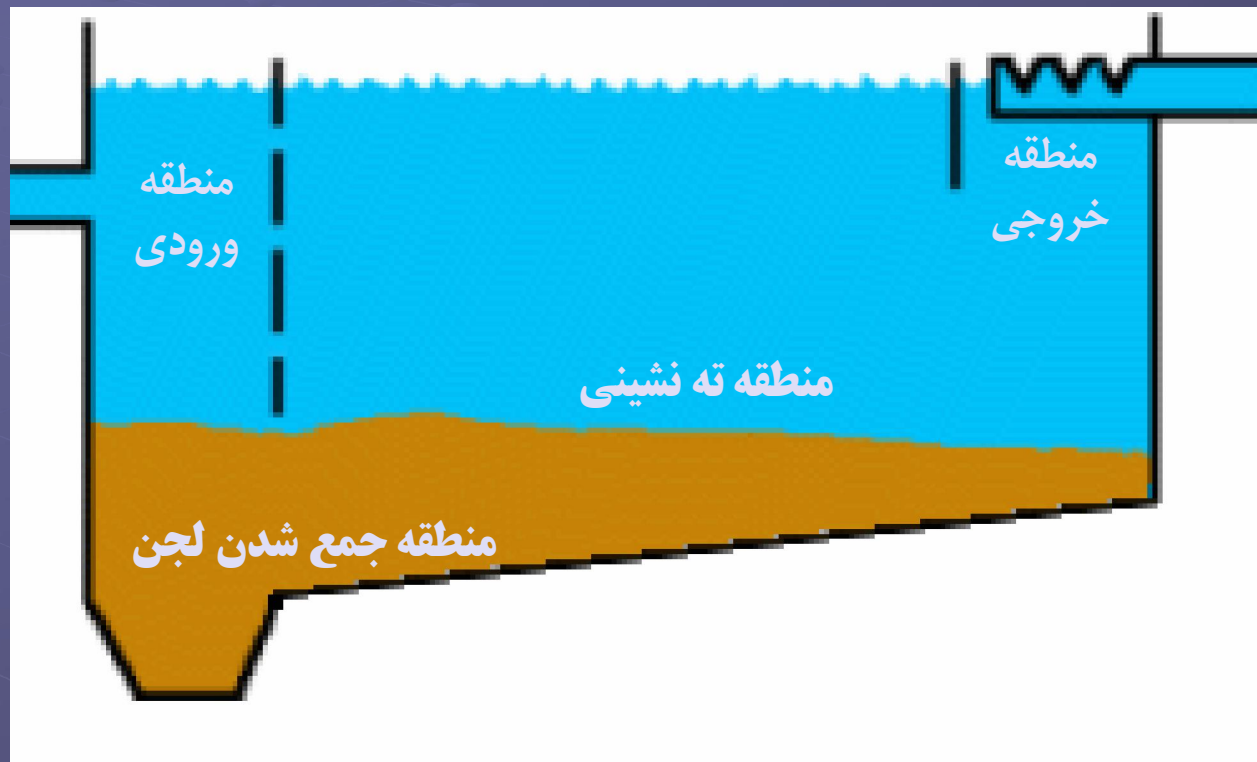
# نمونه ای از استخرهای ته نشینی مستطیلی



دیواره های مشترک به کار رفته در آنها باعث کاهش هزینه می گردد



# نمایی از یک استخر ته نشینی مستطیلی



دیوار آرام کننده می تواند تا کف تانک ادامه داشته و فاضلاب از سوراخهای متعدد آن وارد مخزن شود و یا این دیوار تا نزدیکی کف مخزن (دو سوم عمق مخزن) ادامه یابد. با این حال روش آخر متداول تر است.



# بهترین طراحی استخرهای ته نشینی

با توجه به عدد فرود و راینلדز در بازده استخرهای ته نشینی، استخرهای دراز و باریک مناسب ترند ولی از نظر اقتصادی مطلوب نیستند.

نسبت طول به عرض را میان ۳ الی ۱۰ و حتی تا ۲۰ پیشنهاد نموده اند.

**بطور متوسط نسبت طول به عرض را ۴ در نظر می گیرند**

# تصویری از استخر ته نشینی مستطیلی با طول زیاد



# منطقه جمع شدن لجن

حجم این قسمت به پارامترهای زیر وابسته است

● مواد معلق در فاضلاب

● غلظت لجن

● مدت زمان تخلیه لجن

حجم منطقه جمع شدن لجن باید برای ۸ الی ۲۴ ساعت لجن تولید شده در استخر طراحی گردد

# منطقه خروجی

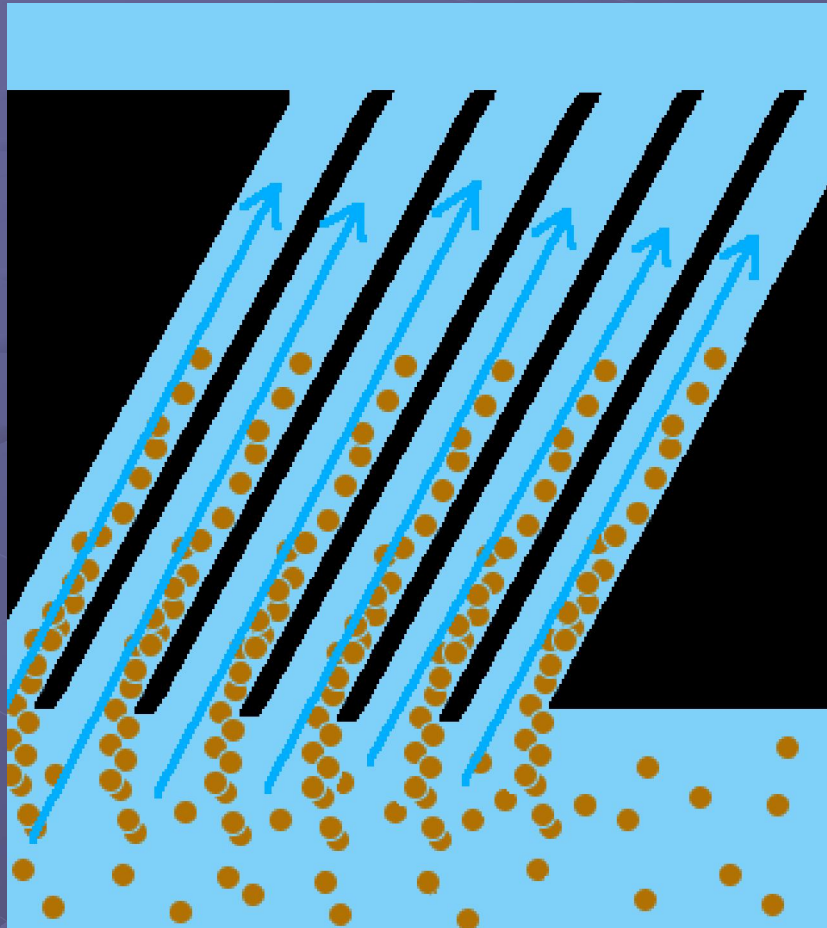
جهت جلوگیری از ایجاد تلاطم در خروجی باید بار سرریز مناسب باشد

## بار سرریز عبارتند از:

دبی فاضلابی که از یک متر طول سرریز می گذرد

بار سرریز مابین ۱۲۵ تا ۵۰۰ مترمکعب برای هر متر طول در شبانه روز در نظر گرفته می شود

# استفاده از صفه های مورب در استخرهای ته نشینی



از این صفحات برای افزایش راندمان استخرهای ته نشینی استفاده می گردد.

صفحه ها باید با زاویه ۶۰ درجه نسبت به افق قرار گیرند.

معمولاً این صفحات را در نزدیک منطقه خروجی کار می گذارند تا ذرات معلق بر روی سطوح مورب جمع شده و به قطعات بزرگتر تبدیل و نهایتاً ته نشین شوند.



# استخرهای ته نشینی دایره ای



در این استخرها معمولاً فاضلاب از استوانه میانی وارد استخر می گردد.

بطور معمول قطر استوانه درونی ۱۰ تا ۲۰ درصد قطر استخر اصلی می باشد.

سطح استوانه درونی معمولاً ۵ درصد سطح کل است و در محاسبات نادیده گرفته می شود.

# منطقه ورودی و خروجی

در این منطقه سعی می شود تلاطم ناشی از ورود یا خروج فاضلاب در استخر ته نشینی به حداقل ممکن برسد.





# سیستم کفاب گیری



سیستم کفاب گیری به صورت بازوهای بر روی سطح استخر نصب می گردند.

تیغه های کفابگیر باید ۲۰ الی ۳۰ سانتیمتر درون فاضلاب و دست کم ۱۰ سانتیمتر بالای سطح فاضلاب ادامه داشته باشد.

بیشترین سرعت لجن روب باید  $5/2$  الی ۴ سانتیمتر باشد.

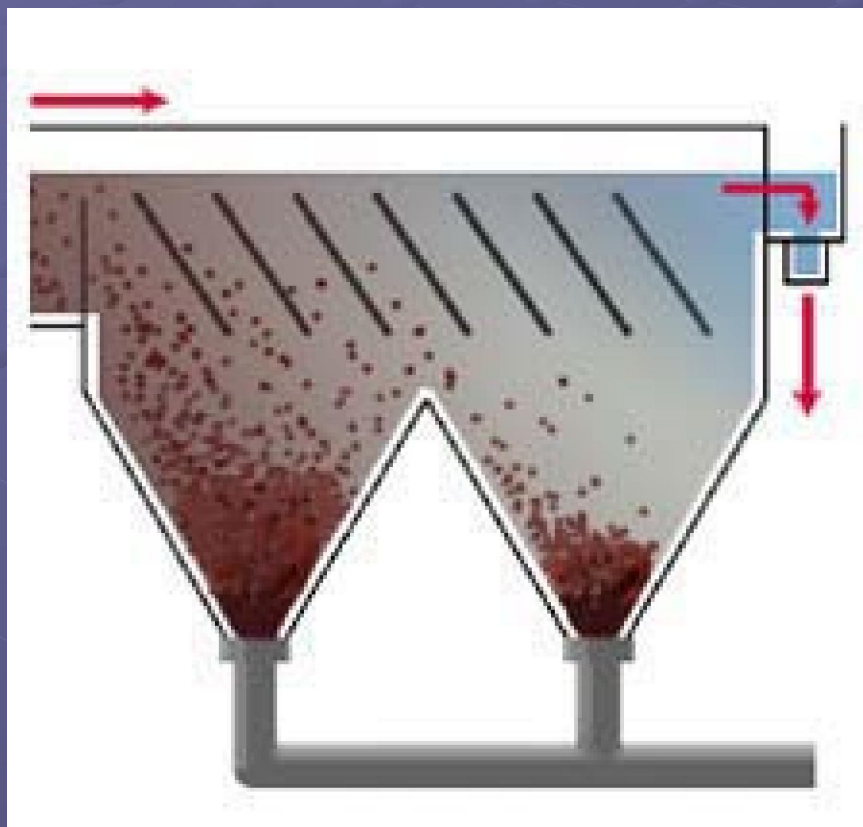
# استخرهای ته نشینی بدون لجن روب مکانیکی

● در این سیستم لجن جدا شده بدون نیاز به لجن روب و طریق ثقلی جمع آوری می گردد.

● شیب کف در استخر دایره ای ۴۵ درجه و در نوع چهار گوش ۶۰ درجه انتخاب می گردد.

● عیب این گون استخرها نیاز به عمق زیاد جهت احداث می باشد.

# بخش های مختلف استخر ته نشینی با لجن رویی ثقیلی



● قسمت استوانه ای با دیواره های قائم

● قسمت مخروطی (در نوع دایره) یا قسمت  
هرمی (در نوع مربع)

# طراحی استخرهای ته نشینی با سیستم لن روب ثقلی

- طول هر ضلع اینگونه استخرها ۵ الی ۹ متر انتخاب می گردد.
- حجم قسمت هرمی اینگونه استخرها از رابطه زیر بدست می آید که در آن  $L$  طول هر ضلع استخر است.

$$V = 0.29 \times L^3$$

# استخرهای ته نشینی با کمک مواد منعقد کننده

در این استخرها از مواد منعقد کننده برای تشدید و تکمیل فرآیند ته نشینی استفاده می گردد.

حجم لجن حاصل از اینگونه استخرها ۲ تا ۳ برابر سایر روشهای ته نشینی است.

## مزایای سیستم های ته نشینی با کمک مواد منعقد کننده

● با افزایش میزان مواد معلق حذف شده باعث کاهش آلودگی فاضلاب و کاهش حجم سیستم های تصفیه بیولوژیکی خواهد شد.

● افزایش تولید لجن باعث افزایش گاز حاصل از هضم لجن می گردد.

● برخی از مواد منعقد کننده همچون کلوروفریک در بوزدایی محیط تصفیه خانه موثر هستند.



# تصفیه زیستی فاضلاب

در مواردی که تصفیه فیزیکی (اولیه) جوابگوی کاهش آلودگی نباشد از  
تسویه زیستی (تصفیه ثانویه) استفاده می گردد

# انواع تصفیه زیستی فاضلاب

تصفیه هوازی ●

تصفیه بی هوازی ●

# تصفیه هوازی

مهمترین روشهای تصفیه هوازی فاضلاب عبارتند از:

● انواع سیستم های صافی چکنده

● انواع سیستم های لجن فعال

# صافی های چکنده

● بنا به دلایل اقتصادی از این روش برای تصفیه فاضلابهای شهرهای کوچک تا متوسط به کار می روند.

● این سیستم از یک استوانه که درون آن قطعات قلوه سنگ و یا پلاستیک وجود دارد تشکیل شده است که فاضلاب بر روی آنها پخش می گردد.

● میکروارگانیسم ها بر روی قطعات موجود در استوانه رشد کرده و مواد آلی موجود در فاضلاب را تجزیه می نمایند.



# نمایی از یک سیستم صافی چکنده



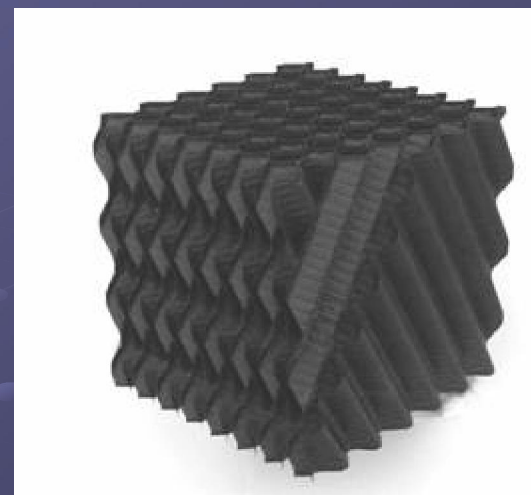


# نمایی از یک صافی چکنده





# انواع قطعات پلاستیکی به تهیه شده برای صافی چکنده



# هوادهی در سیستم های صافی چکنده

سطح صافی چکنده به دلیل وجود قطعات داخل آن بسیار متخلخل بوده و هوا می تواند به راحتی از آن عبور کند

اختلاف درجه حرارت داخل صافی و هوای بیرون موجب ایجاد حرکت هوا درون صافی می گردد



# طبقه بندی صافی های چکنده از نظر شکل ساختمانی



● صافی های ایستاده و ثابت

● صافی های استوانه ای گردان



# طبقه بندی صافی های چکنده از نظر میزان آلودگی قابل تصفیه

● صافی های پر بار

● صافی های کم بار

# راهبری صافی های چکنده

● برای افزایش راندمان صافی های چکنده می توان بخشی از فاضلاب تصفیه شده خروجی را بازگردش نمود.

● نسبت فاضلاب بازگردش شده می تواند مابین ۵۰ الی ۳۰۰ درصد فاضلاب ورودی باشد.

● قبل و بعد از صافی های چکنده باید از استخرهای ته نشینی استفاده نمود.

## معایب صافی های چکنده در برابر سیستم لجن فعال (هوادهی)

- افت فشار زیاد
- امکان رشد و نمو و تکثیر مگس، پشه و حشرات دیگر
- ایجاد بوی تعفن در نزدیکی صافی
- نیاز به زمین بیشتر به ویژه برای شهرهای بزرگ
- هزینه ساخت بیشتر نسبت به سیستم های هوادهی
- امکان یخ زدگی سطح صافی در روزهای سرد زمستان
- اجبار در تصفیه مقدماتی فاضلاب (آشغالگیری، دانه گیری و...)



# برتری های صافی چکنده در مقایسه با استخر هوادهی

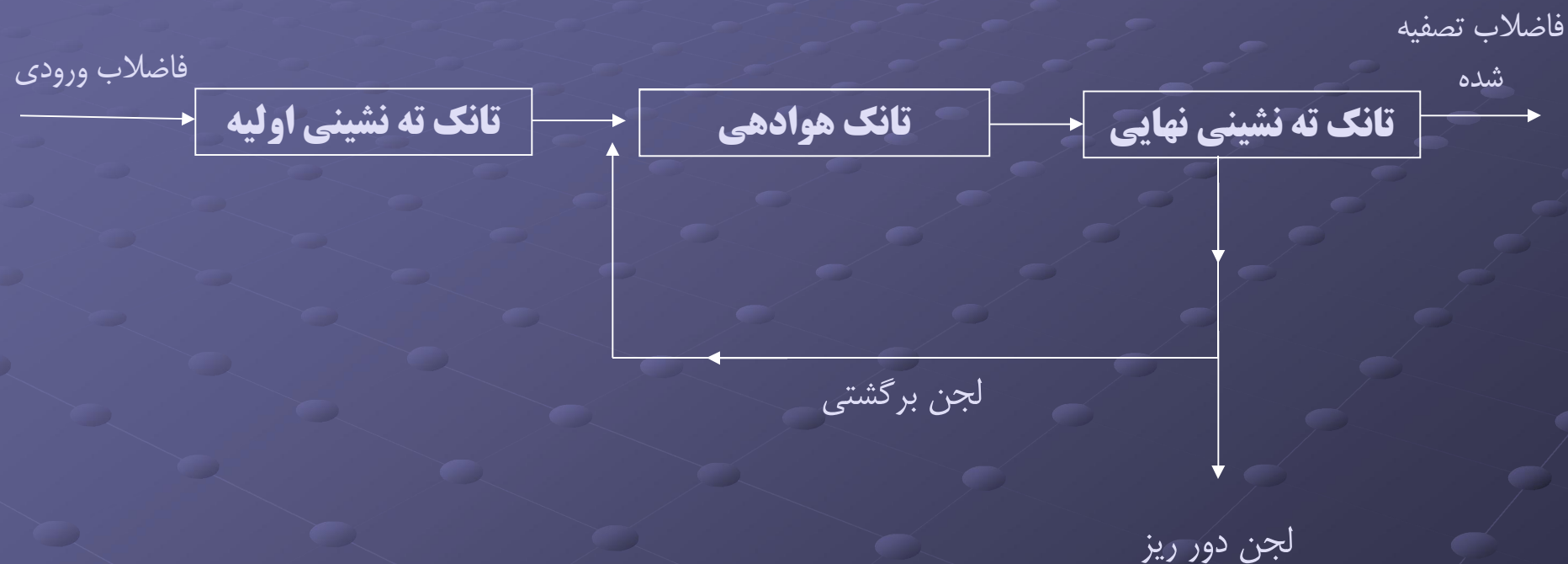
● بالا بودن قدرت نیترا ت سازی آنها در زمانی که در حالت کم بار کار می کنند.

● حساس نبودن کار آنها در برابر تغییرات دبی فاضلاب.

● کم بودن هزینه های راهبری و نگهداری آنها.

● راهبری ساده تر و در نتیجه نیاز به تخصص کمتر در مقایسه به سیستم های هوادهی.

# سیستم تصفیه فاضلاب به روش لجن فعال (هوادهی)



# محاسبه صافی های چکنده

● محاسبه بر اساس جداول استاندارد موجود در کتب و انتخاب بار حجمی و بارسطحی مناسب و نهایتاً استفاده از روابط زیر که در آنها  $L_0$  کل آلودگی شهر بر حسب کیلوگرم  $BOD_5$  در شبانه روز است:

$$V = \frac{L_0}{B_v}$$

$$A = \frac{L_0}{B_s}$$

● استفاده از روابط مختلف موجود جهت ابعاد صافی مانند معادله NRC

# استفاده از معادله NRC در طراحی صافی چکنده

دبی ماکزیمم فاضلاب بر حسب  
متر مکعب در دقیقه

میزان آلودگی  
ورودی بر حسب  
میلی گرم در لیتر  
BOD<sub>5</sub>

$$\eta = \frac{1}{1 + 0.532 \left( \frac{Q \times L_i}{V \times F} \right)^{0.5}}$$

راندمان تصفیه  
خانه

حجم صافی  
چکنده

ثابت فاضلاب  
برگشتی

مقدار فاضلاب برگشتی بر  
حسب درصد نسبت به  
فاضلاب ورودی به تصفیه  
خانه

$$F = \frac{1 + R_s}{(1 + 0.1 \times R_s)^2}$$

# مقدار ضریب $R_S$ در معادله NRC

● در صافی های کم بار صفر تا ۱۰۰ درصد

● در صافی های پر بار ۱۰۰ تا ۳۰۰ درصد

● در آمریکا این شاخص گاهی تا ۸۰۰ درصد نیز انتخاب می گردد

# محاسبه استخرهای هوادهی

هدف از محاسبه استخرهای هوادهی تعیین موارد زیر است:

- حجم استخر
- مقدار لجن برگشتی
- مقدار لجن اضافی
- مقدار اکسیژن لازم
- تعیین بازده استخر
- مقدار مصرف برق هواده ها در یک شبانه روز



# محاسبه حجم استخر هوادهی

برای محاسبه حجم می توان از معادله زیر استفاده نمود. در این معادله  $L_0$  کل آلودگی ورودی به استخر در یک شبانه روز و  $B_v$  بار سطحی می باشد که از جداول استخراج می گردد.

$$V = \frac{L_0}{B_v}$$

همچنین بار سطح را می توان از معادله زیر تعیین نمود:

$$B_v = MLSS \times MLVSS$$

# نسبت غذا به میکروارگانیزم (F/M)

این ضریب نشان دهنده مقدار مواد غذایی است که در اختیار میکروارگانیزم قرار می گیرد.

کوچک بودن این نسبت به معنای کمبود مواد غذایی و تجزیه بهتر ترکیبات آلی موجود در فاضلاب می باشد.

برای کاهش این نسبت باید میزان لجن برگشتی افزایش یابد.

# لجن برگشتی ( $R_s$ )

حداقل نسبت لجن برگشتی به کل فاضلاب ورودی به تصفیه خانه را می توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$\frac{R_s}{Q_{\max}} = \frac{MLSS}{SMLSS - MLSS} \times 100$$

حداکثر دبی  
ورودی به  
تصفیه خانه

غلظت لجن  
برگشتی

دبی لجن  
برگشتی

$$SMLSS = \frac{1200}{SVI}$$

شاخص حجمی  
لجن

# شاخص حجمی لجن (SVI)

حجم یک گرم لجن خشک وقتی که آبدار باشد را شاخص حجمی لجن یا SVI می نامند.

افزایش SVI به بیش از ۲۰۰ منجر به کاهش قابلیت ته نشینی خواهد شد و کاهش SVI به کمتر از ۵۰ نیز موجب بروز مشکلاتی می گردد.

# شاخص جرمی لجن (SDI)

جرم یک گرم لجن خشک وقتی که آبدار باشد را شاخص جرمی لجن می نامند.

مقدار شاخص جرمی لجن مابین ۲ (خیلی خوب) الی ۰.۳ (بد) می باشد.

# لجن اضافه (دور ریز)

مقدار لجن دور ریز به عوامل زیر بستگی دارد:

● مقدار آلودگی ورودی بر حسب BOD

● تفاوت میان مواد معلق ورودی به تانک هوادهی و خروجی از استخر ته نشینی.



# عمر لجن (SRT)

عمر لجن حاصل تقسیم مقدار کل مواد خشک موجود در استخر هوادهی بر مقدار کل مواد خشکی که روزانه از استخر دفع می گردد (لجن دفعی)

$$SRT = \frac{MLSS \times V}{SS_e \times Q + SL_s}$$

مقدار جامدات خشک موجود در تانک هوادهی

حجم تانک هوادهی

مقدار جامدات خشک موجود در لجن دفعی بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب در روز

دبی فاضلاب ورودی به تصفیه خانه بر حسب مترمکعب در شبانه روز

غلظت جامدات خشک موجود در پساب خروجی از تانک هوادهی

عمر لجن

# محاسبه مقدار اکسیژن لازم

بار حجمی آلودگی ورودی به  
استخر هوادهی بر حسب کیلوگرم  
BOD بر ای هر متر مکعب از

حجم استخر

بازده استخر هوادهی

مقدار اکسیژنی که صرف نیترات  
سازی می شود

$$O_v = \alpha \times \eta \times B_v + b \times MLSS + 3.4 \times ON$$

کیلوگرم اکسیژن لازم  
در شبانه روز برای هر  
متر مکعب از فاضلاب

عدد ثابت که  
بطور متوسط  
برابر است با  
۰.۵

عدد ثابت که  
بطور متوسط  
برابر است با  
۰.۱

غلظت جامدات خشک موجود  
در استخر هوادهی

# محاسبه مقدار اکسیژنی که از دستگاه هواده باید وارد فاضلاب گردد

$$O_c = \frac{C_s}{\alpha \times f \times (C_s - C_x)} (0.5 \times \eta \times B_v + 0.1 \times MLSS + 3.4 \times NO)$$

کلیه پارامترهای معادله فوق در اسلایدهای قبل تعریف شده اند

# محاسبه قدرت هواده ها

● روش دمیدن هوا:

$$N = \frac{W \times R(t_1 + 273)}{8.41 \times \eta} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{0.283} - 1 \right]$$

● روش بهم زدن فاضلاب:

در این روش باید کاتالوگ ارائه شده توسط شرکت سازنده مراجعه نمود.

# محاسبه افت فشار در لوله های انتقال هوا

فشار هوا در خروجی کمپرسور باید بیش از فشار ناشی از ارتفاع فاضلاب روی هواده و افت های فشار ناشی از لوله کشی ها باشد.

از معادلات زیر می توان برای تعیین افت فشار در لوله ها استفاده نمود:

$$H_e = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

$$H_e = 0.029 \frac{D^{0.027}}{Q^{0.148}} \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

فقط برای محاسبه افت در لوله های فولادی

$$L = 55.4 \times C \times D^{1.2}$$

برای محاسبه طول معادل

در معادله آخر  $D$  قطر لوله و  $C$  ضریب افت فشار موضعی است که مقدار آن برای فلکه کشویی ۰.۲۵ برای زانویی و سه راهی ۰.۳۳ تا ۰.۶۷ برای شیرهای زانویی ۰.۹ و شیرهای بشقابی ۲ است.