دانشگاه آزاد اسلامی
واحد علوم و تحقیقات

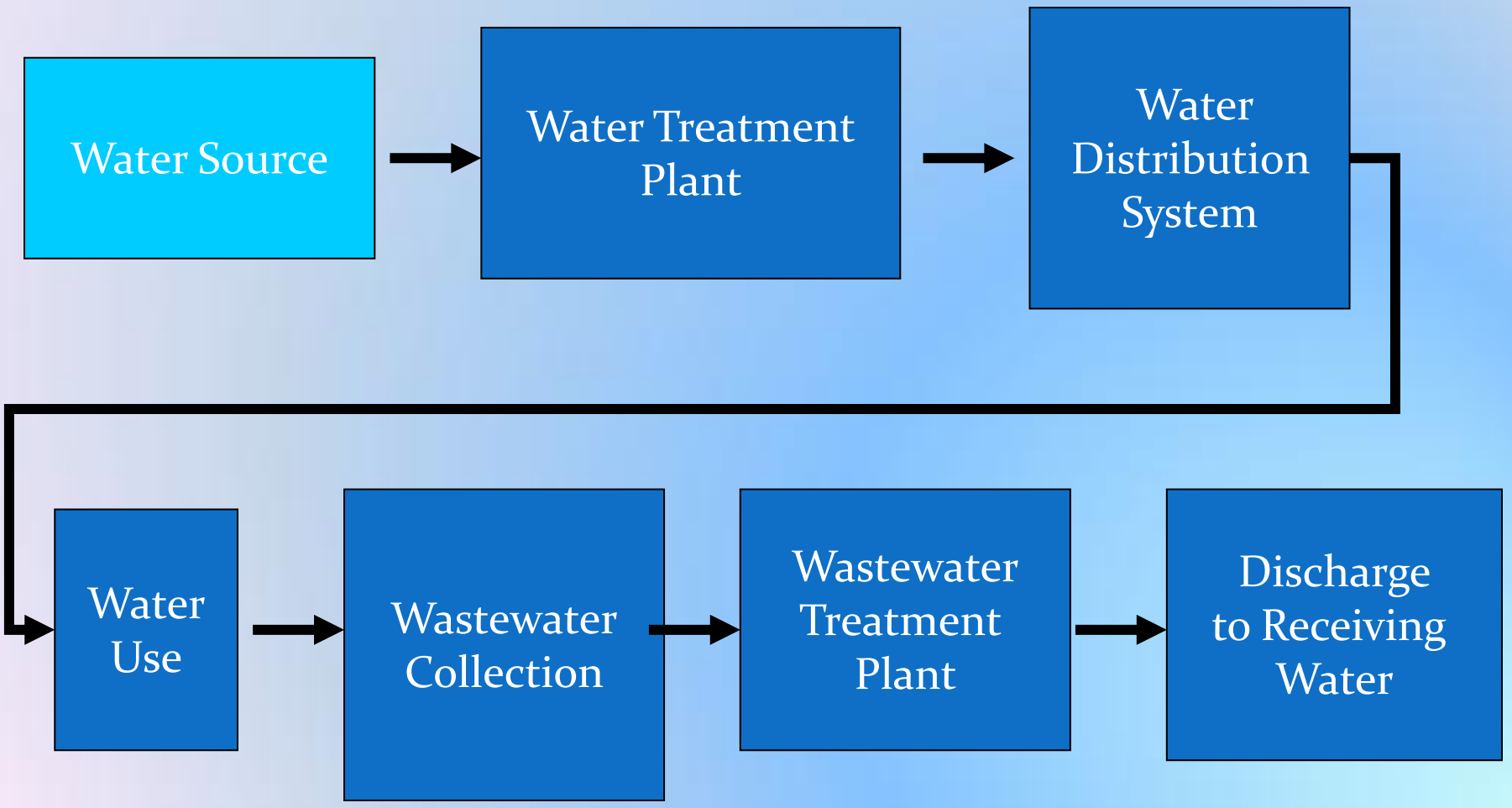
تصفیه بیولوژیک آب و فاضلاب

استاد: آقای دکتر حمیدرضا ناصری

توسط: مهدی نوربخش

۱۳۹۲

چرخه آب


Water Source
Water Treatment Plant
Water Distribution System
Water Use
Wastewater Collection
Wastewater Treatment Plant
Discharge to Receiving Water

انواع فاضلاب

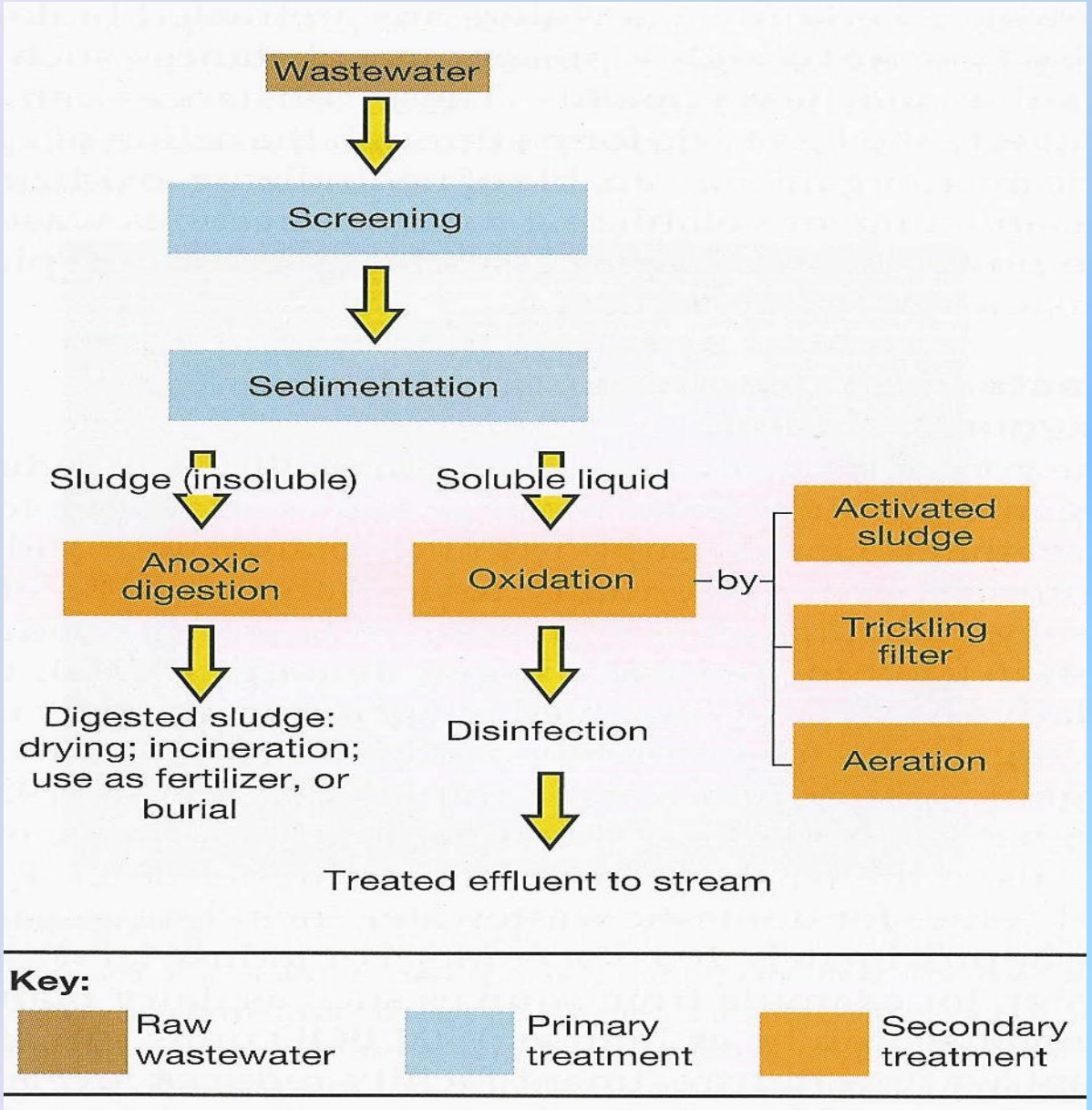
- فاضلاب خانگی
- فاضلاب صنعتی
- پساب ناشی از سیلابها
- فاضلاب کشاورزی

اهداف کلی تصفیه فاضلاب

- تامین شرایط بهداشتی برای زندگی مردم
- پاک نگهداری محیط زیست
- بازیابی فاضلاب
- تولید کود طبیعی
- تولید انرژی

مقصود از تصفیه آب

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


Wastewater
Screening
Sedimentation
Sludge (insoluble)
Soluble liquid
Anoxic digestion
Oxidation
by
Activated sludge
Trickling filter
Aeration
Digested sludge: drying; incineration; use as fertilizer, or burial
Disinfection
Treated effluent to stream
Key:
Raw wastewater
Primary treatment
Secondary treatment

روشهای مختلف تصفیه آب و فاضلاب

- روش های فیزیکی
- روش های شیمیایی
- روشهای بیولوژیکی

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.

اهداف تصفیه بیولوژیکی

- تبدیل (مانند اکسیداسیون) مواد قابل تجزیه بیولوژیکی کلوئیدی و محلول به محصولات نهایی قابل پذیرش
- به دام انداختن و ترکیب مواد جامد کلوئیدی و معلق غیر قابل ته نشینی به فلاک های بیولوژیکی یا بیوفیلم
- تبدیل یا حذف مواد مغذی مانند فسفر و نیتروژن
- در بعضی موارد حذف ترکیبات آلی خاص جزئی

برخی میکروارگانیسم های موجود در فاضلاب

- باکتری های بیماری زا شامل : شیگلا ، کمپیلوباکتر، اشرشیاکلی، سالمونلا، انتروپاتوژنیک، ویبریوکلرا ، لپتوسپیرا و یرسینیا می باشند.
- ویروسها نیز از میکروبهایی هستند که در فاضلاب ها وجود دارند .
- نماتودها ،جانداران آبزی مجود در آب شیرین ، شور و خاک می باشند .
- پروتوزوآی اتوژنیک در آب آشامیدنی و فاضلاب شامل :ژیاردا لامبیا ، انتامباهیستر لیتیکا وکریپتوسیوریدیوم سبب اسهال یا گاسترونتریت می شوند .
- *جلبک ها:*

جلبک های سبز-آبی CYANOPHYTA

جلبک های سبز مانند SCENEDESMUSOBLIGUS

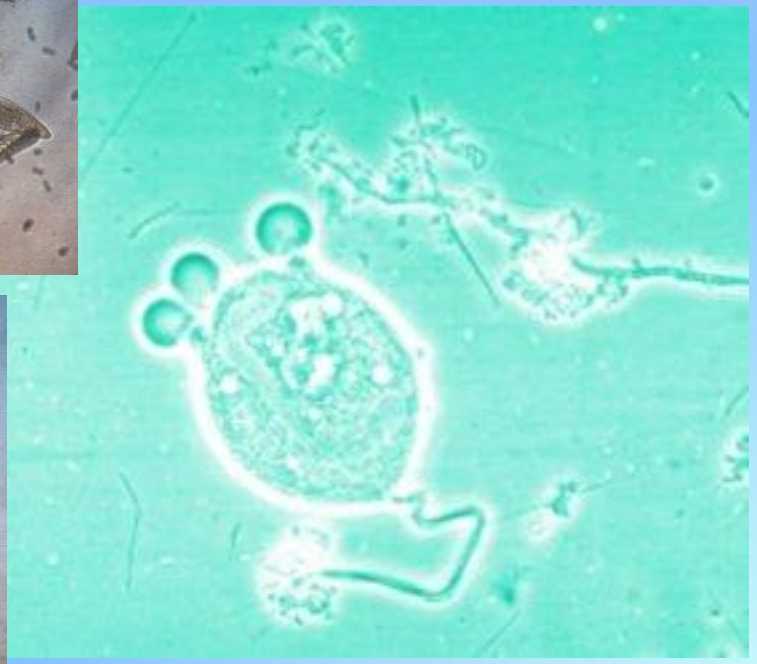
جلبک های زرد-سبز مانند CHLOROSACCUS FLUIDUS

فلاژله ای گیاهی مانندEUGLENA VINIDIS

جلبک های قهوه ای مانند BANGIA ATROPURPUREA

جلبک های طلایی مانند CHROMULINA ROSANOFFI

برخی میکروارگانیسم های موجود در فاضلاب

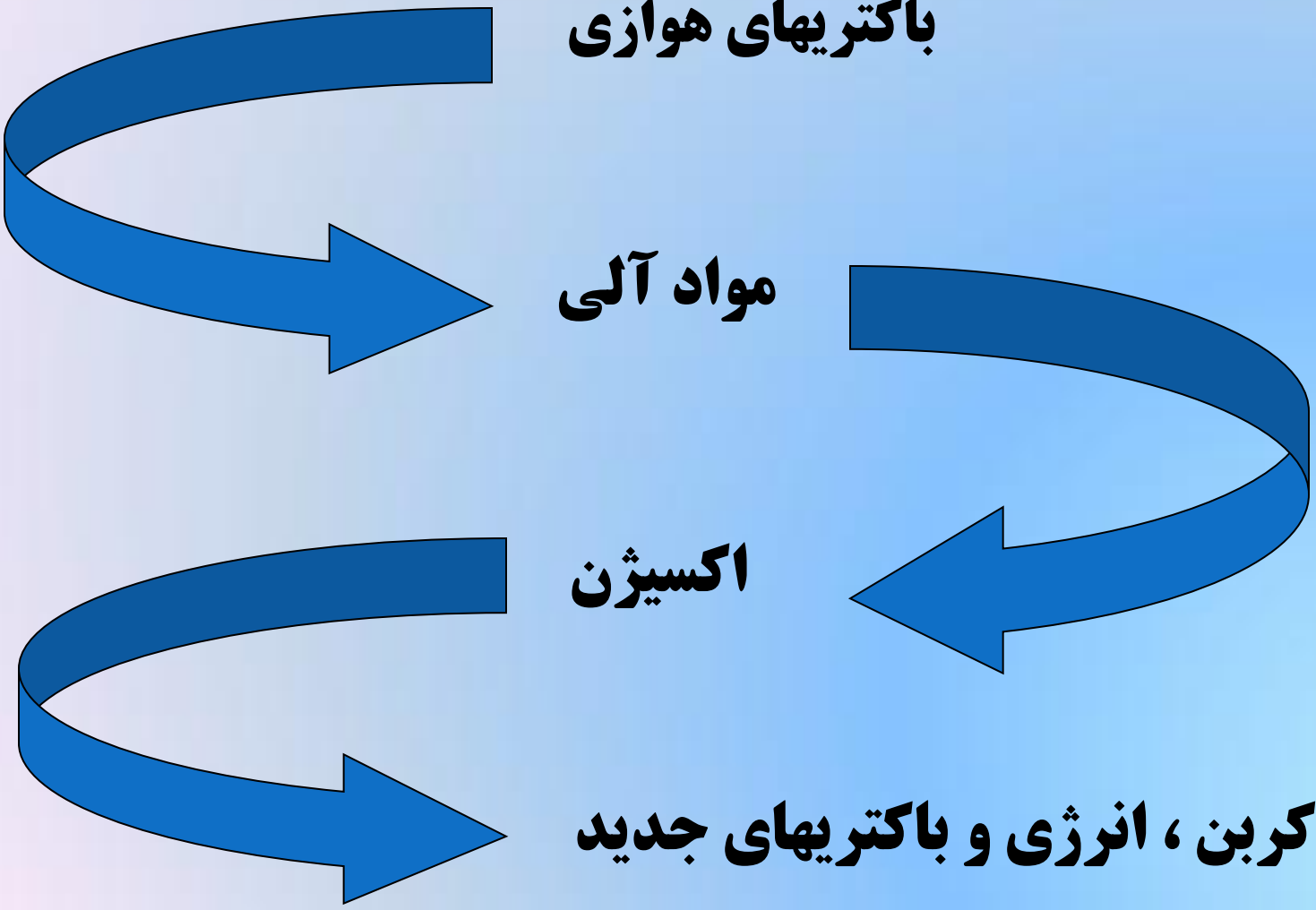


میکروارگانیسم های بی هوازی

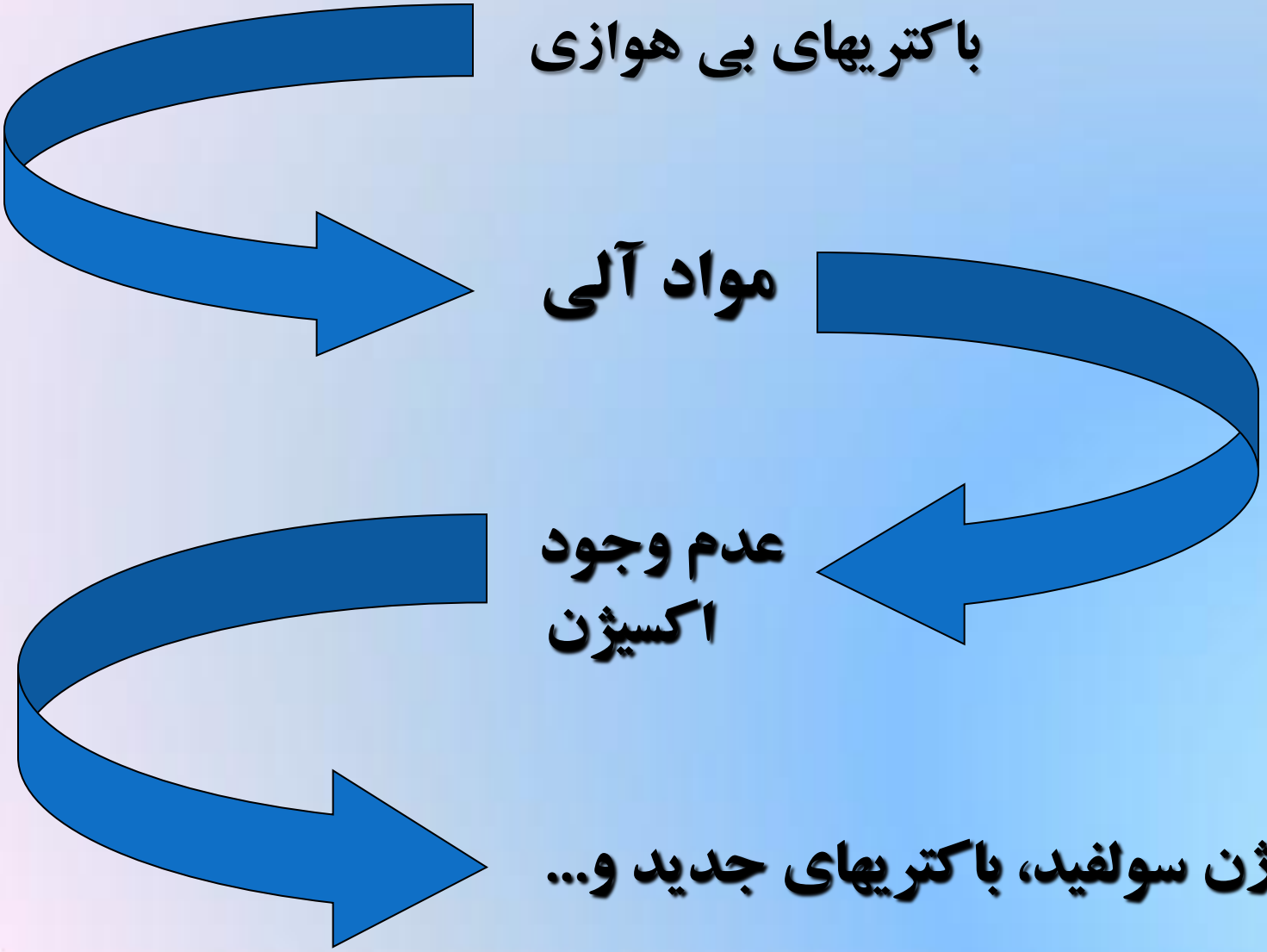
میکروارگانیسم های هوازی

میکروارگانیسم های اختیاری

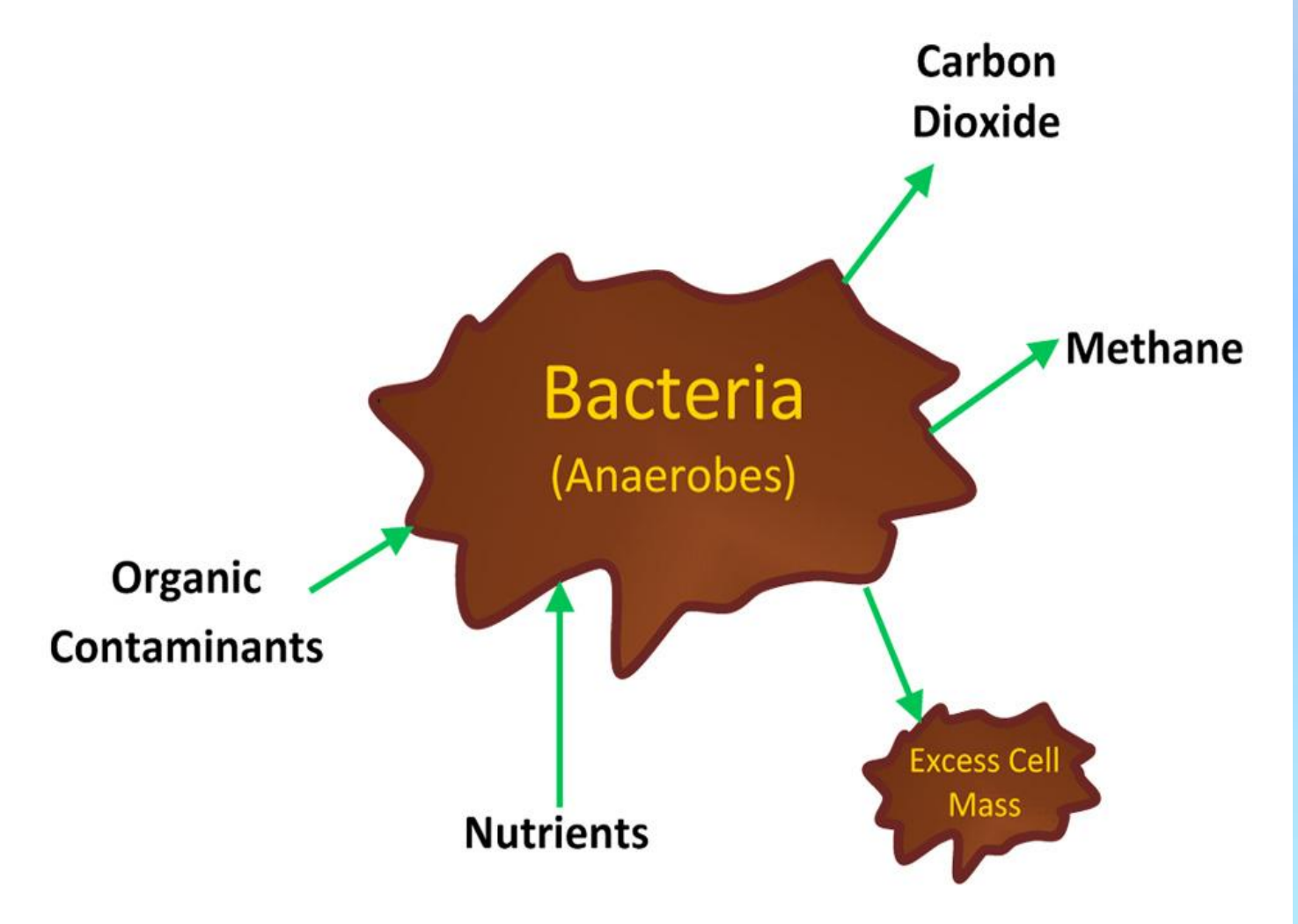
تصفیه بیولوژیک هوازی



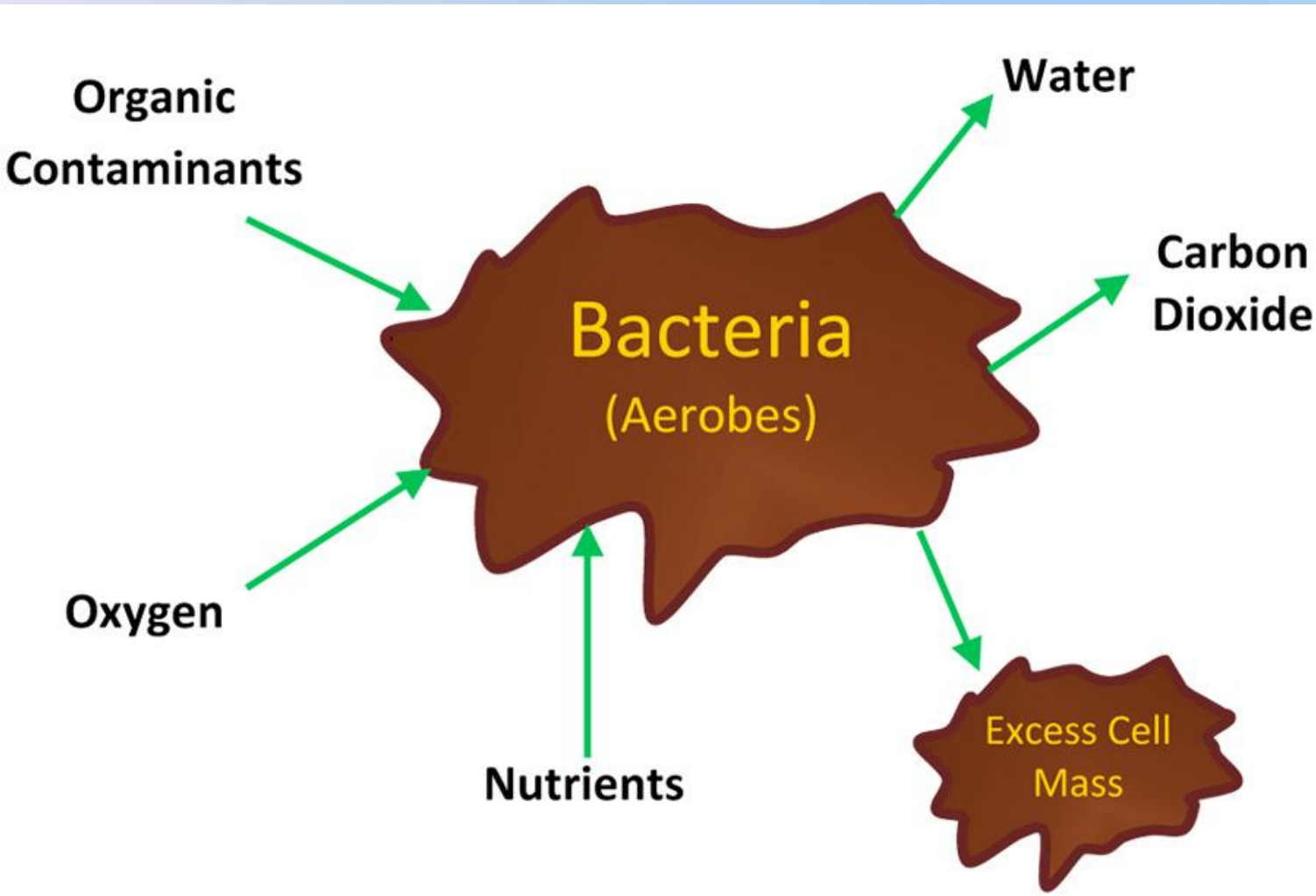
تصفیه بیولوژیک بی هوازی

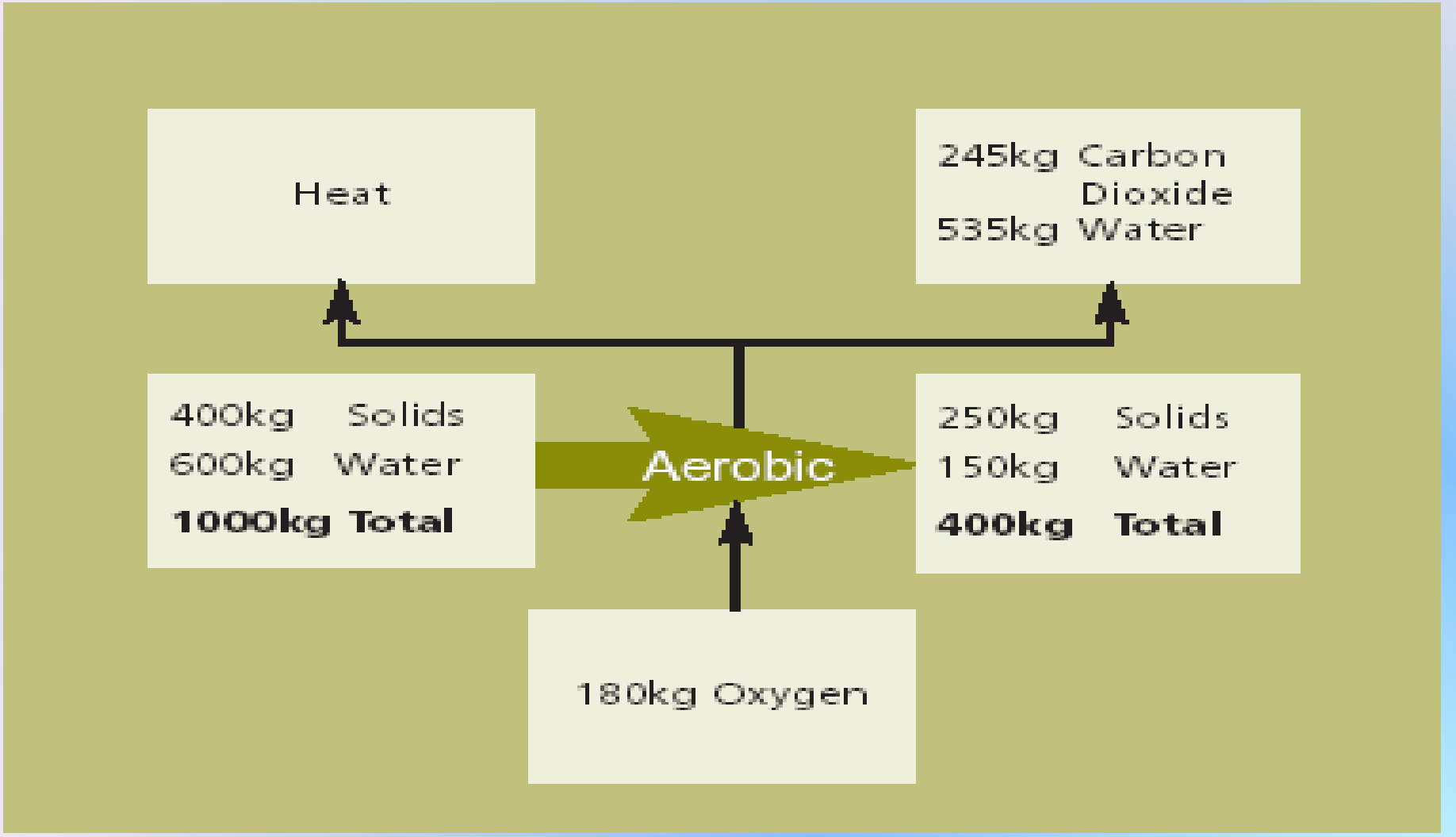


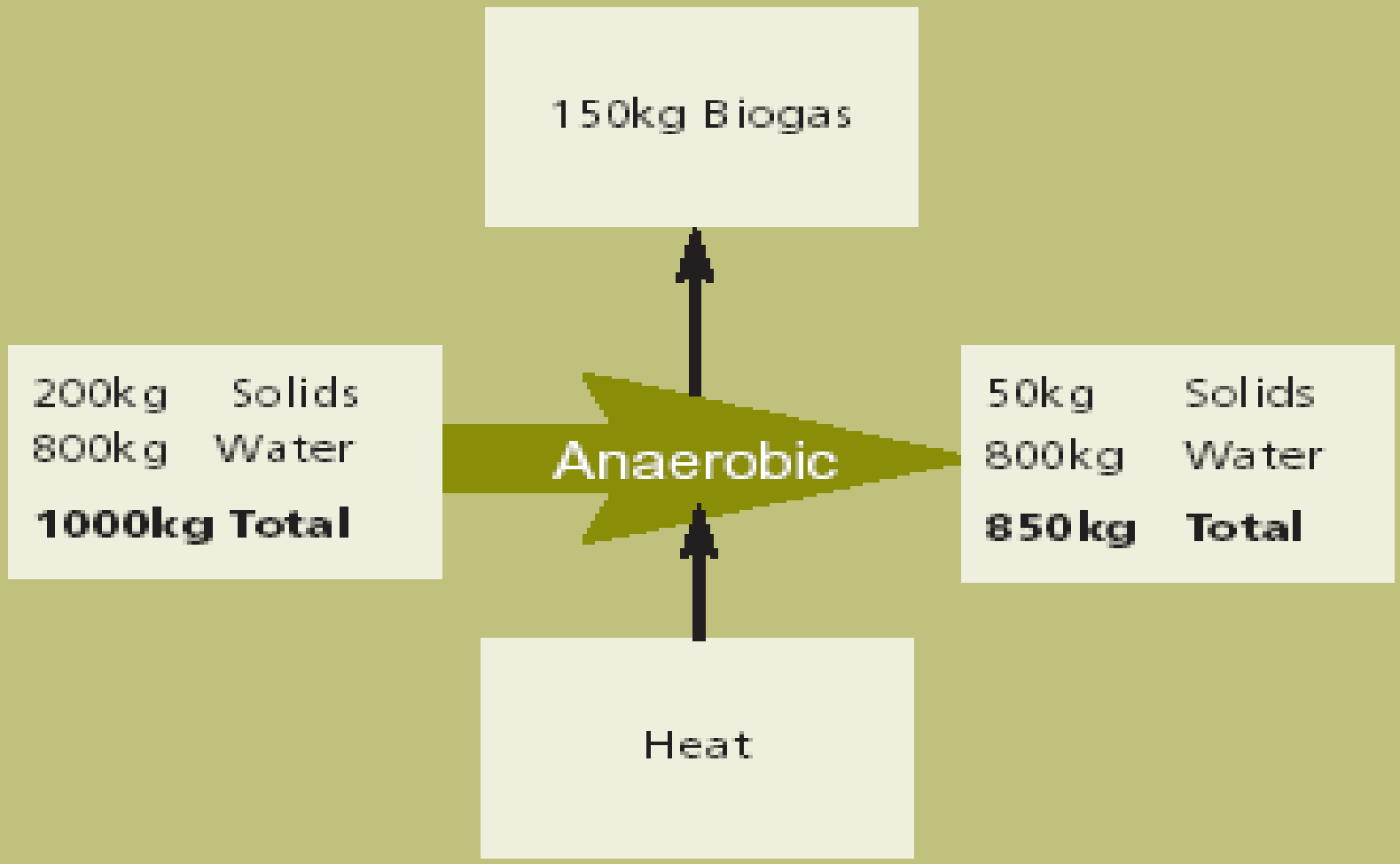
تصفیه غیر هوازی



تصفیه هوازی


Organic
Contaminants
Water
Carbon
Dioxide
Bacteria
(Aerobes)
Oxygen
Nutrients
Excess Cell
Mass

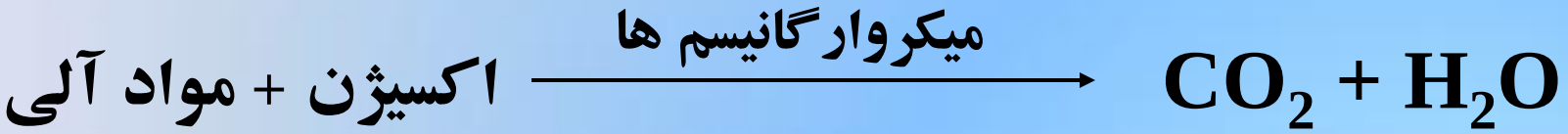

Heat
245kg Carbon Dioxide
535kg Water
400kg Solids
600kg Water
1000kg Total
Aerobic
250kg Solids
150kg Water
400kg Total
180kg Oxygen


150kg Biogas
200kg Solids
800kg Water
1000kg Total
Anaerobic
50kg Solids
800kg Water
850kg Total
Heat

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



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

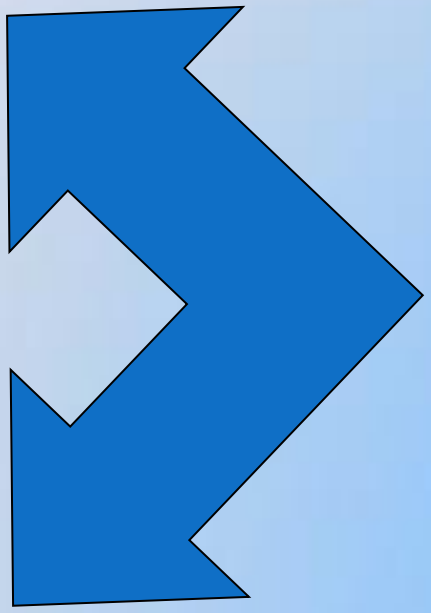
اکسیداسیون مواد آلی کربن دار

- 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 پایداری همچون 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.

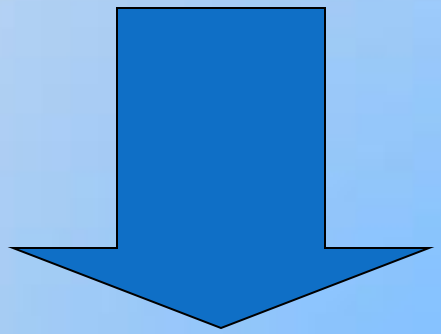
نیتریت ها



مواد آلی ازته ← میکروارگانیسم ها

نیترات 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.

میزان آلودگی فاضلاب های شهری

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

دستگاه BODمتر دیجیتال

تعریف COD

- نیاز اکسیژن شیمیایی ، مانند BOD نشان دهنده مقدار مواد آلی موجود در فاضلاب است ولی با این تفاوت که فقط در آزمایشگاه و با استفاده از یک عامل اکساینده قوی شیمیایی در محیط اسیدی قابل اندازه گیری است.
- 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.

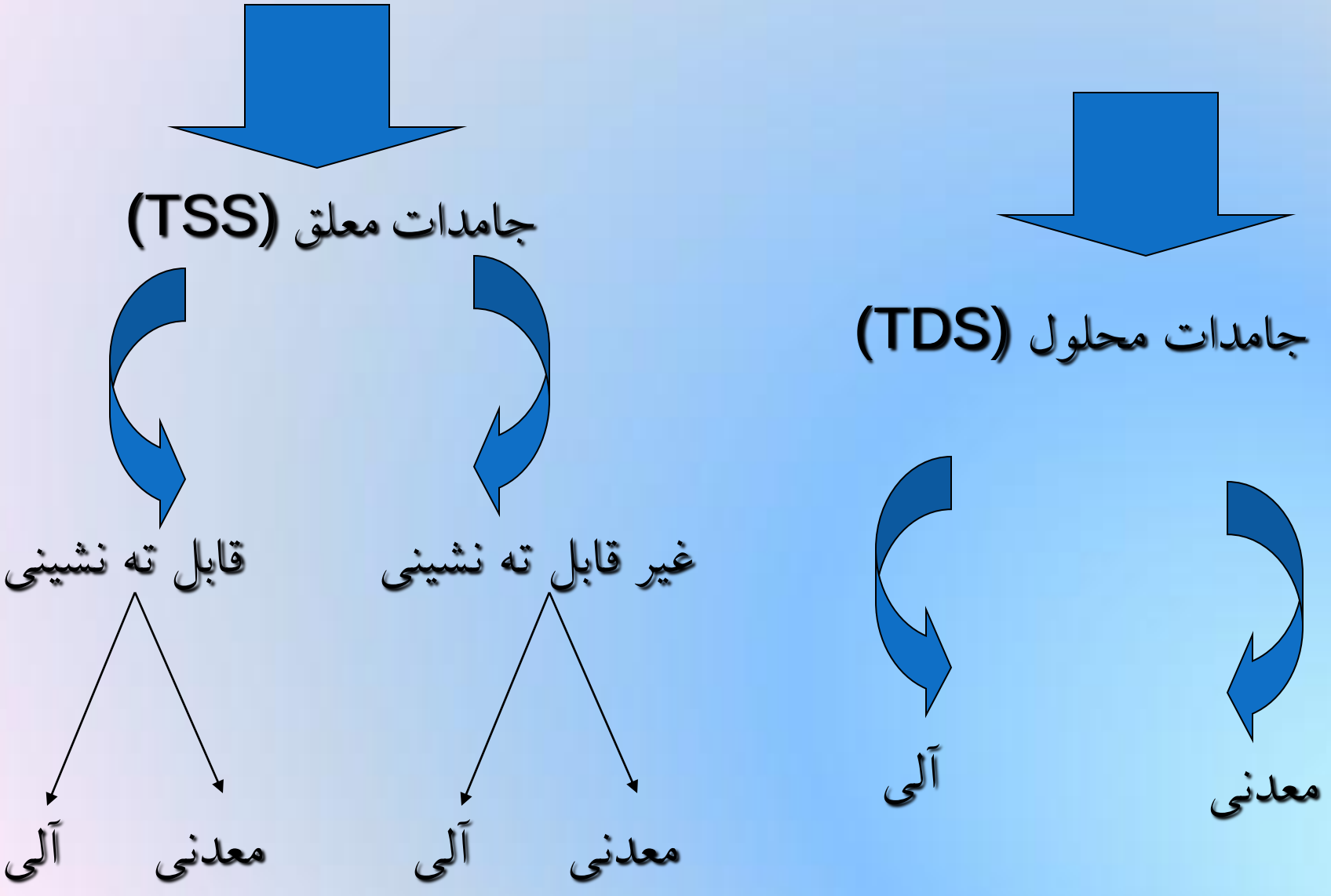
انجام آزمایش COD به روش تقطیر برگشتی

TOC

- کل کربن آلی را با گرم کردن نمونه در دمایی بالاتر از ۵۵۰ درجه سانتیگراد و تبدیل مواد آلی موجود در آن به CO_2 و در نهایت اندازه گیری CO_2 تولید شده مشخص می کنند.

چند نمونه از دستگاه TOC متر

جامدات موجود در فاضلاب (TS)



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.

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

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

- ۱۰۰٪ مواد قابل ته نشینی
- ۸۰٪ کل مواد معلق
- ۳۵٪ BOD_5
- ۳۰٪ COD

تاثیر دما بر باکتریها

- به ازاء هر ۱۰ درجه سانتیگراد افزایش دما فعالیتهای باکتریها ۲ برابر می شود. این عمل تا دمای ٤٠ درجه سانتیگراد ادامه دارد.

تاثیر pH بر باکتریها

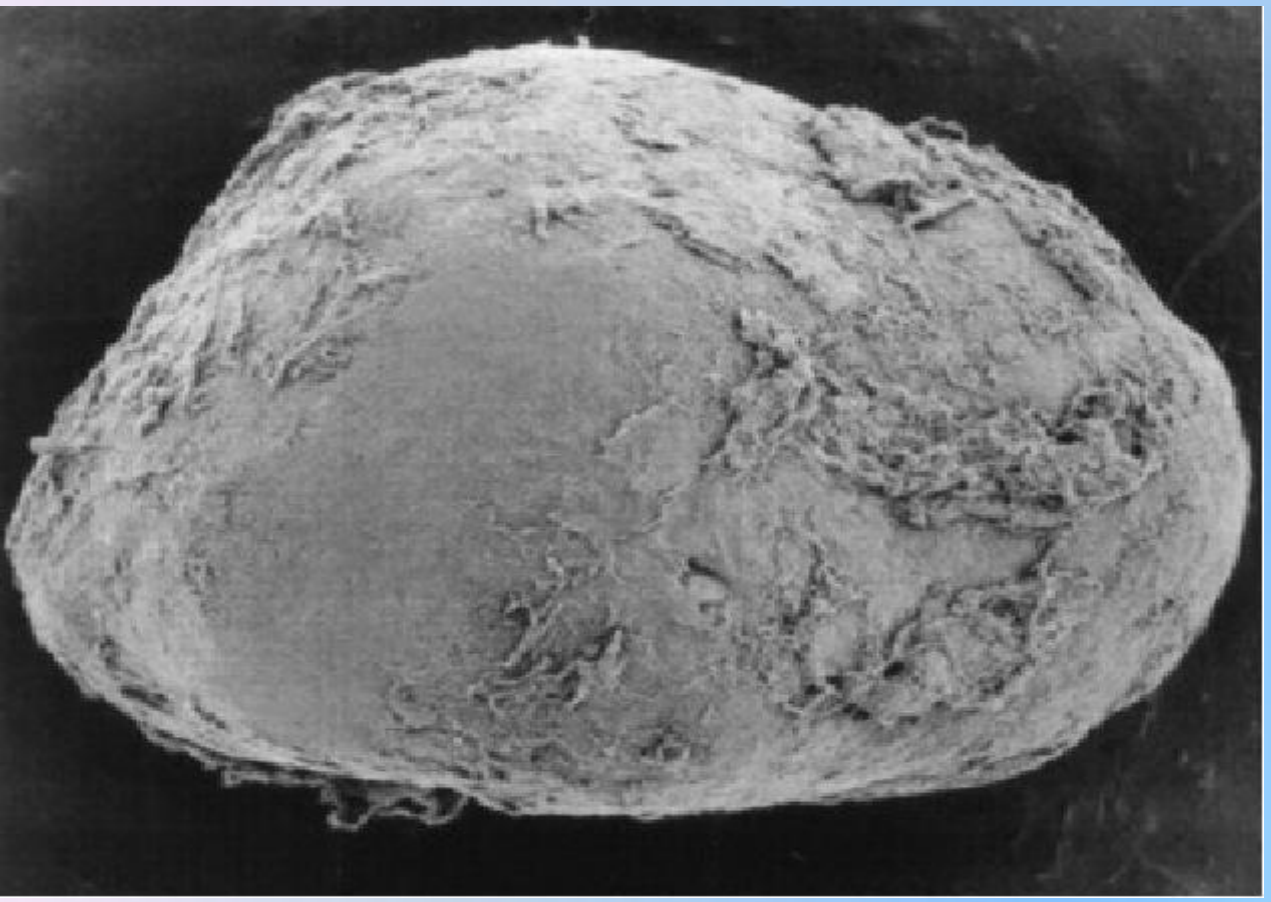
- مناسب ترین pH برای رشد باکتریها ۵/٦ الی ۵/۷ می باشد اما برخی از آنها در pH های بسیار پایین همچون تیوباسیلوس تیواکسیدانس و یا محیط های بسیار قلیایی نیز می توانند رشد نمایند.

- 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

انواع تصفیه هوازی



- رشد معلق: (لجن فعال)
- رشد چسبیده: (صافی چکنده یا دیسکهای بیولوژیک گردان)

Scanning electron micrograph of mesophilic sludge granule at low magnification (Sekiguchi *et al.*, 1999).

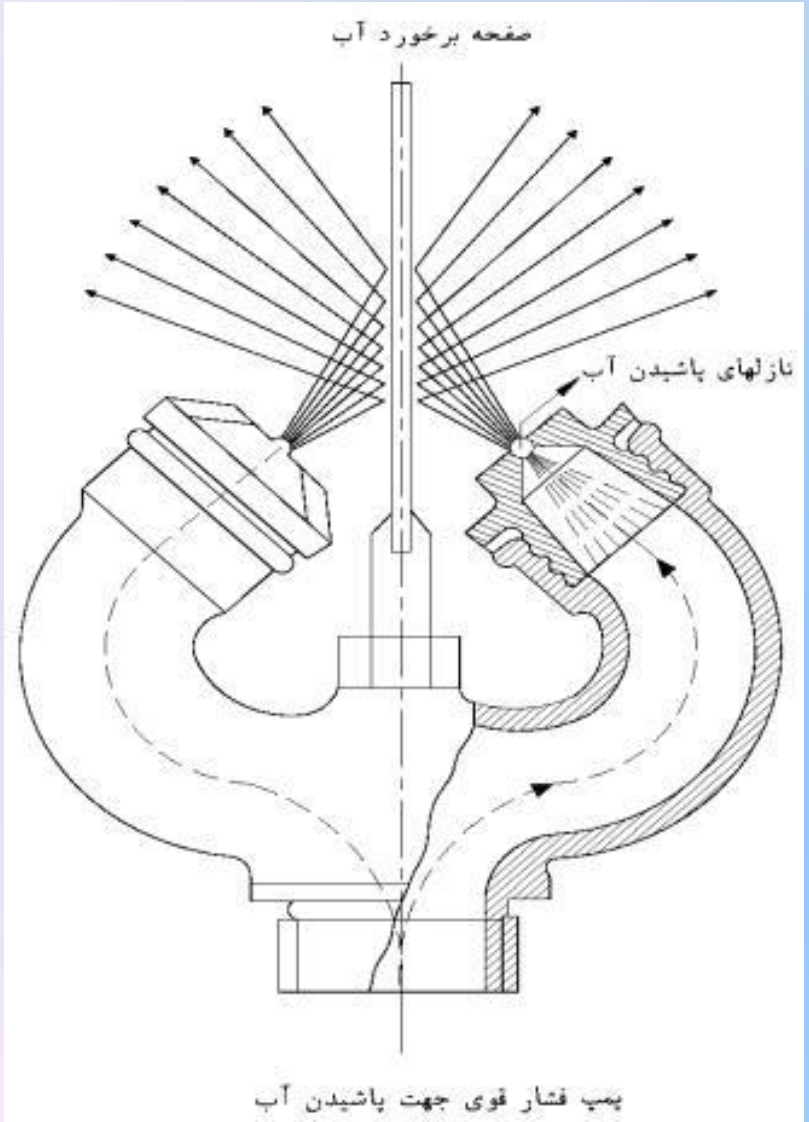
اکسیژن رسانی در تصفیه آب و فاضلاب

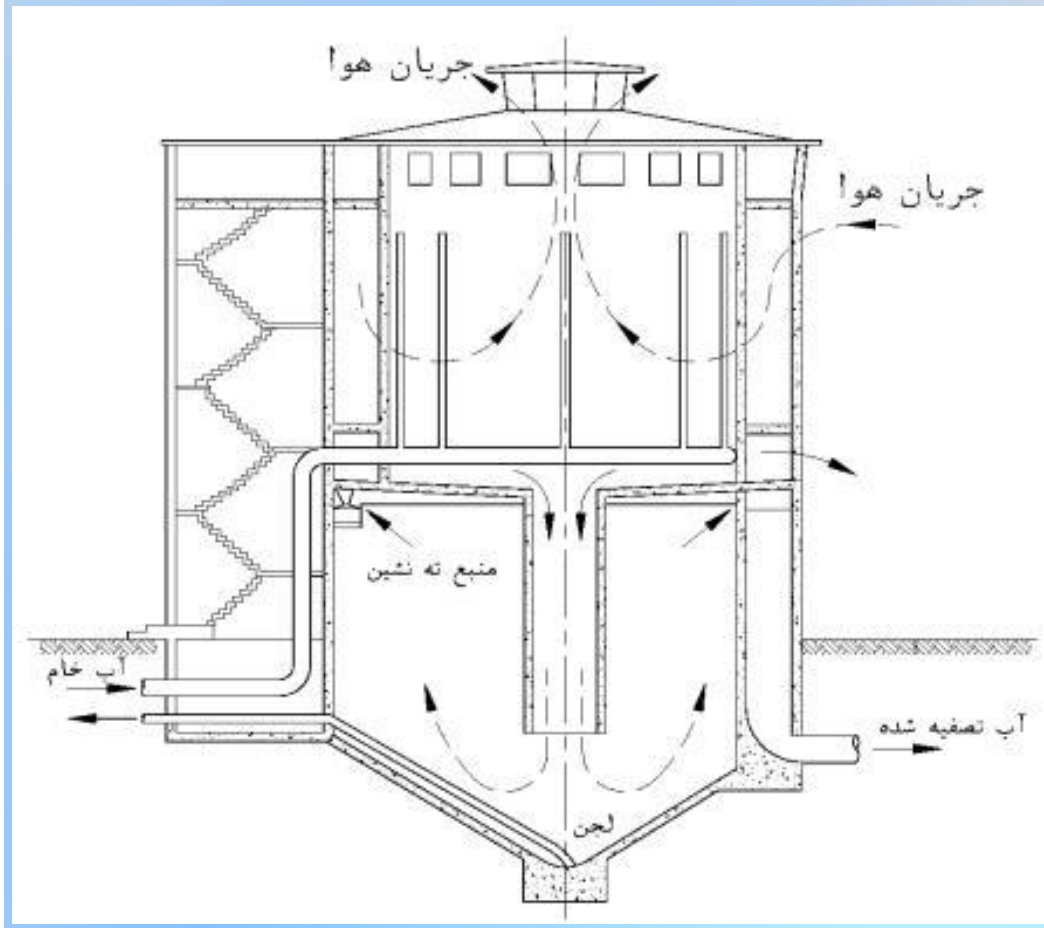
- وارد نمودن هوا به آب (با استفاده از هواپخشان)
- وارد نمودن آب به هوا (ایجاد تلاطم با کمک هوادهی سطحی)
- هوادهی طبیعی (برکه های تثبیت)

روشهای هوادهی

روشهای هوادهی

انواع هوادهی (در تصفیه آب)





استفاده از اکسیژن خالص

مزایا:

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

معایب:

- نیازمند کارکنان با تخصص بیشتراست
- 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...

تصفیه بیولوژیک با کمک باکتریهای بی هوازی

توصیف فرایند:

- در تصفیه بی هوازی مواد آلی احیاء شده و به ترکیبات آلی ناپایدار و برخي 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 ایمهاف تانکها، چاههای فاضلاب خانگی، فاضلابهای قوی (دارای آلودگی بالا).

هضم لجن بیولوژیک

- لجن بیولوژیکی (میکروارگانیسم های پرورش یافته) حاوی ٦٠ الی ٨٠ درصد مواد آلی می باشد.
- تصفیه و تجزیه لجن بسیار پیچیده و پرهزینه است.
- هزینه تصفیه لجن گاهی ٥٠ 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.

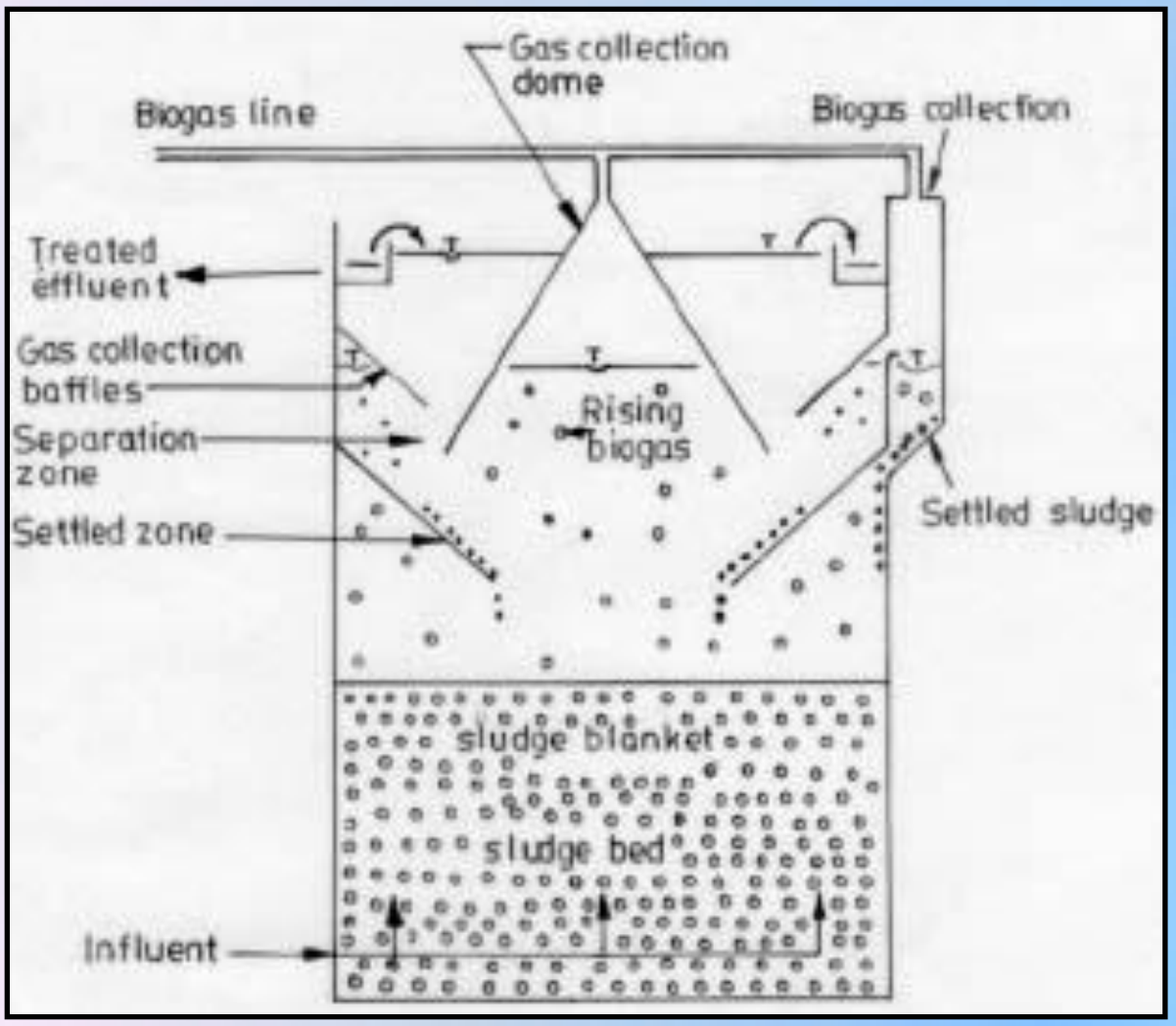
مرحله متانی یا تخمیر قلیایی

- 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

- ٦٥ الی ٧٠ درصد گازمتان
- ٣٥ الی ٣٠ درصد گاز کربنیک
- ١ درصد سولفید هیدروژن (خورنده و بد بو)
- درصد ناچیزی از سایر گازها

تاثیر 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 ٤۰ درجه)
- **ترموفیل:** باکتریهای گرما دوست (بیش از ٤۰ 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.

تصفیه هوازی

مهمترین روشهای تصفیه هوازی فاضلاب عبارتند از:

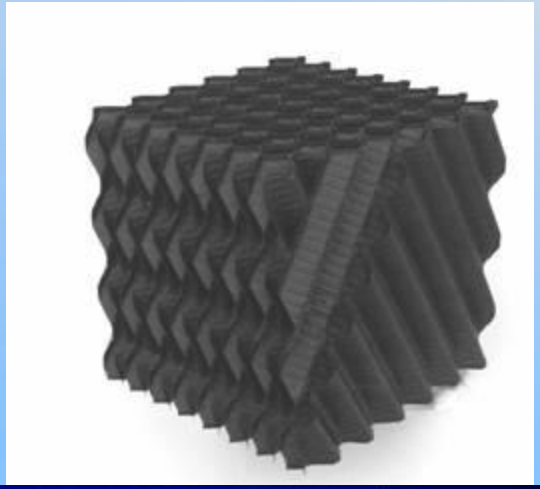
- انواع سیستم های صافی چکنده
- انواع سیستم های لجن فعال

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 صافی چکنده

انواع قطعات پلاستیکی 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

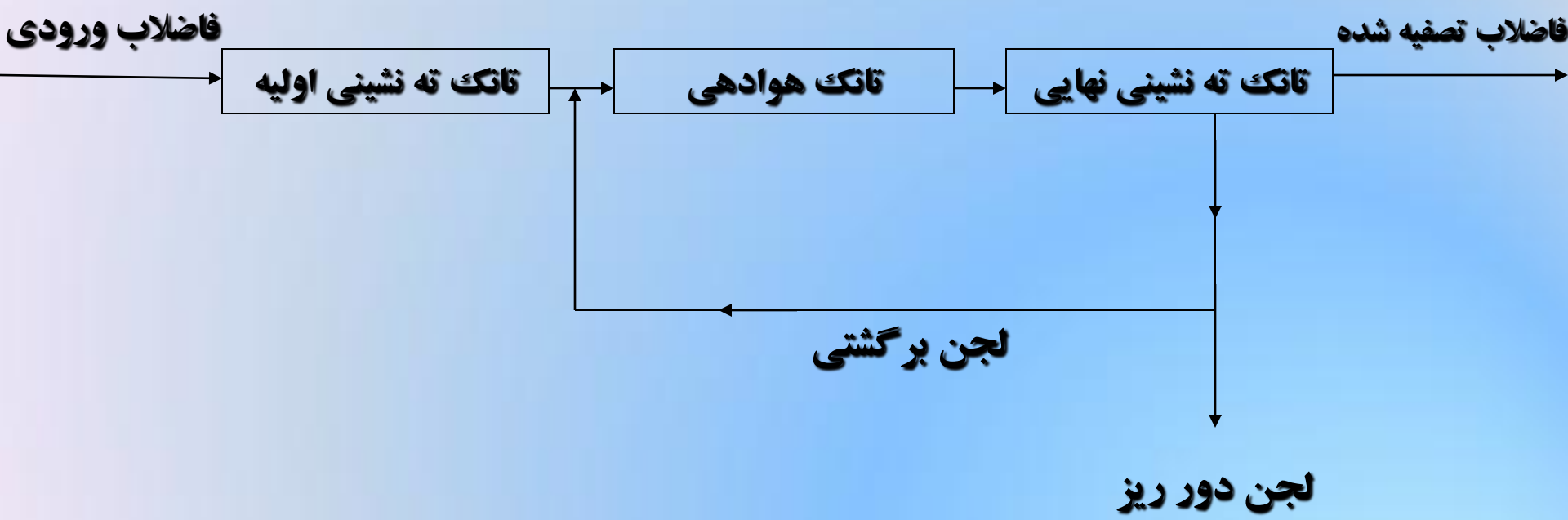
طبقه بندی صافی های چکنده از نظر میزان آلودگی قابل تصفیه

- صافی های پربار
- صافی های کم بار

برتری های صافی چکنده در مقایسه با استخر هوادهی

- بالا بودن قدرت نیترات 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)



نسبت غذا به میکرو ارگانیسم (F/M)

- این ضریب نشان دهنده مقدار مواد غذایی است که در اختیار میکروارگانیسم 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.

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.

منابع:

۱- تصفیه فاضلاب (جلد دوم) نگارش دکتر منزوی

۲- اصول آلی تصفیه بیولوژیکی نگارش مهندس ابوالفضل اژدرپور

۳-مقاله اینترنتی Biological Wastewater Treatment تالیف Arun Mital

٤- *Waste and Recycling Wastewater Treatment*

Ernő Fleit , Hungary

Chlorine Contact Chamber
Primary Settling Basins
Grit S Screen Facility
Control Room
Pump Station
Digesters
Fermenters
DAF Thickener
Heating Building
Utility Building
Secondary Clarifiers
Bioreactor

خدا نگهدار