

نام درس: تصفیه فاضلاب

کد درس: ۲۵

پیش‌نیاز یا همزمان: فرایندها و عملیات در بهداشت محیط - جمع‌آوری فاضلاب و آبهای سطحی  
تعداد کل واحد‌ها: ۳ واحد نظری

هدف: آشنایی دانشجویان با خصوصیات فاضلابهای شهری و صنعتی، اثرات بهداشتی و زیست‌محیطی و اصول تصفیه این فاضلاب‌ها

شرح درس: در این درس اصول تصفیه فاضلاب شهری و صنعتی مورد بحث قرار می‌گیرد. خصوصیات فاضلاب‌ها، مکانیسم‌ها و مراحل تصفیه، انواع سیستم‌های بیولوژیکی و طبقه‌بندی آنها، تصفیه پیشرفته فاضلاب، روش‌های مختلف گندزدایی، روش‌های تصفیه و دفع لجن و همچنین تصفیه فاضلاب صنعتی و مراحل آن، تصفیه فاضلاب غیرمتمرکز (اقماری)، رهنمودهای سازمان جهانی بهداشت و استانداردهای ایران جهت تخلیه پساب به منابع آب پذیرنده ارائه خواهد شد.



❖ سر فصل درس نظری (۵۱ ساعت)

الف- تصفیه فاضلاب شهری:

➤ مقدمه

❖ تعریف فاضلاب

❖ اهداف تصفیه فاضلاب

❖ انواع فاضلاب (خانگی، صنعتی، تجاری، کشاورزی، موسسات، فاضلابهای سطحی و...)

❖ اجزاء فاضلاب شهری

❖ فاضلاب‌روها و انواع آن

❖ خصوصیات فاضلاب شهری شامل:

❖ خصوصیات فیزیکی فاضلاب (رنگ، درجه حرارت، بو و...) و بحث در مورد آنها

❖ خصوصیات شیمیایی فاضلاب (ترکیبات آلی، ترکیبات غیر آلی) و بحث در مورد آنها

❖ بحث مختصر در مورد  $TDS$ ,  $DO$ ,  $COD$  ( $COD_{SOL}$ ,  $COD_{SUS}$ ),  $BOD$  ( $BOD_{SOL}$ ,  $BOD_{SUS}$ ),  $TS$ ,  $THOD$ ,  $TSS$

$TDS$ ، قدرت فاضلاب و... و همچنین نحوه محاسبه آنها و حل چند مسئله.

❖ خصوصیات بیولوژیکی فاضلاب (باکتری‌ها، پروتوزوئرها، جلبک‌ها و... و نقش هر یک در تصفیه فاضلاب)

❖ دبی فاضلاب شهری و تغییرات آن و همچنین نحوه محاسبه  $Q_{ave}$ ,  $Q_{max}$ ,  $Organic\ Load_{ind}$ , ...

❖ مکانیسم‌های تصفیه فاضلاب (تصفیه فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی):

- اهداف و کاربرد تصفیه فیزیکی

- هدف از تصفیه شیمیایی و کاربرد آن

- تصفیه بیولوژیکی (اصول و مبانی تصفیه بیولوژیکی، انواع راکتورها در تصفیه فاضلاب «سیستم بسته» batch reactor)

(reactor)، سیستم دائمی (continous reactor)، سیستم منقطع (intermitent reactor) و بحث در مورد هر یک از آنها،

نحوه اختلاط «اختلاط کامل complete Mixing و جریان قالبی Plug flow و بحث درباره آنها)

➤ مراحل مختلف تصفیه فاضلاب شهری در یک تصفیه‌خانه:

❖ تصفیه مقدماتی فاضلاب شامل:

- آشغالگیرها (screen) (اهداف آشغالگیری، انواع آشغالگیرها، مکانیسم پاکسازی آشغالگیرها، سنجش سطح آب جلوی آشغالگیر، سرعت جریان در کانال آشغالگیر، روش های دفع آشغال های بجا مانده از آشغالگیر و بحث در ملاحظات طراحی آشغالگیرها )
- آشغال خرد کن ها (مزایا و معایب)
- حوضچه های دانه گیر (اهداف دانه گیری، انواع حوضچه های دانه گیر « حوضچه های دانه گیر با جریان افقی - حوضچه های دانه گیر هوادمی شده - حوضچه های دانه گیر با جریان گردابی » و بحث در مورد هر کدام، ویژگی دانه ها در حوضچه های دانه گیر و بحث در ملاحظات طراحی حوضچه ها)

❖ تصفیه اولیه فاضلاب (اهداف ته نشینی اولیه، روش های جداسازی ذرات معلق از فاضلاب « ته نشینی ، شناورسازی، غربالگری » ، تقسیم بندی حوضچه های ته نشینی اولیه بر اساس ماهیت عمل - شکل ظاهری - روش ته نشینی و تخلیه لجن، بحث در پارامترهای طراحی حوضچه های ته نشینی اولیه و محاسبات مربوطه)

❖ حوضچه های ته نشینی که خود به عنوان یک تصفیه خانه کوچک عمل میکنند (سپتیک تانک - ایماهاف تانک و ... ) و اصول عملکرد و بحث در ملاحظات طراحی

❖ اصول عملکرد و بحث در ملاحظات طراحی حوضچه های چربی گیر

❖ تصفیه ثانویه (تصفیه بیولوژیکی):

❖ اهداف تصفیه بیولوژیکی

❖ چگونگی تجزیه مواد آلی توسط میکروارگانیسم ها

❖ منحنی رشد و تعداد میکروبی

❖ انواع سیستم های بیولوژیکی و طبقه بندی آنها:

الف- هوازی مطلق (strict aerobs)

- سیستم های بیولوژیکی هوازی با رشد معلق (Suspended growth) نظیر: لجن فعال شده (activated sludge) ، لاگونهای هوازی (Aerated lagons)، برکه های تثبیت (stabilization ponds) و ... و مختصری بحث در مورد هر کدام

- سیستم های بیولوژیکی هوازی با رشد چسبیده (Attached growth) نظیر : صافی های چکنده (Trickling filter)، تماس دهنده های بیولوژیکی دوار (RBCs) ، برجهای بیولوژیکی (biological towers)، لجن فعال شده با محیط ثابت (Fix media activated sludge) و ... و مختصری بحث در مورد هر کدام

ب- بیهوازی مطلق (strict anaerobs)

- سیستم های بیولوژیکی بیهوازی با رشد معلق (Suspended growth anaerobic process) نظیر: هاضم لجن (sludge digester) ، لجن فعال شده بیهوازی (anaerobic activated sludge) ، برکه های تثبیت غیرهوازی (anaerobic ponds) ، راکتور ناپیوسته متوالی (ASBR) و ... و مختصری بحث در مورد هر کدام

- سیستم های بیولوژیکی بیهوازی با رشد چسبیده (Attached growth anaerobic process) نظیر: صافی بی هوازی (anaerobic filter) ، برجهای بی هوازی (anaerobic towers) و ... و مختصری بحث در مورد هر کدام

ج- هوازی بی هوازی یا اختیاری (Facultative) نظیر: لاگون های اختیاری و ...

❖ فرایند هوازی لجن فعال شده (رشد معلق (Suspended growth)

- تاریخچه، تعاریف و مفاهیم مربوط به لجن فعال شده



- سیستم های اصلاح شده (modification) لجن فعال شده: - پیستونی متداول-هوادهی تدریجی-هوادهی مرحله ای - تثبیت تماسی - اکسیژن با خلوص بالا- هوادهی ممتد- کانال اکسیداسیون- اختلاط کامل و ... و بحث در مورد چگونگی و عملکرد هریک با ذکر محاسن و معایب
- سیستم اختلاط کامل لجن فعال شده
- اساس کار سیستم لجن فعال شده و مراحل آن
- میکروارگانیسم های موجود در لجن فعال شده ( آمیب ها، تاژکداران، مژه داران، ساکتوریا، روتیفرها ، نماتودها، باکتری های رشته ای و... و نقش هر کدام از آنها در فرایند لجن فعال شده)
- عوامل موثر در تصفیه فاضلاب به روش لجن فعال شده ( درجه حرارت، مدت تهویه، مقدار هوا، نسبت لجن فعال شده، فعالیت لجن ها، تراکم فاضلاب و ... و بحث در مورد هرکدام)
- هوادهی ، انواع سیستم های هوادهی (روش حبابی Diffused Aeration، روش مکانیکی یا سطحی Surface Mechanical Aeration ، روش توربینی Turbine Aeration) و محاسبه ابعاد حوضچه هوادهی
- حوضچه های ته نشینی نهایی
- کنترل فرایند لجن فعال شده (کنترل میزان هوادهی، کنترل میزان لجن فعال شده برگشتی، کنترل میزان لجن فعال شده دفعی و کنترل از طریق مشاهده میکروسکوپی)
- مشکلات بهره برداری فرایند لجن فعال شده و راه حل های آن (تولید کف باکتری های رشته ای ، حجیم شدن لجن و .../مزایا و معایب فرایند لجن فعال شده
- ❖ صافی های چکنده (فرایند هوازی رشد چسبیده Attached growth):
- اصول فرایند تصفیه بیولوژیکی توسط صافی چکنده
- انواع صافی های چکنده
- عوامل موثر بر راندمان صافی های چکنده و بحث در مورد هریک آنها شامل:
  - میزان بارگذاری هیدرولیکی (بار حجمی)
  - میزان بارگذاری آلی
  - میزان فاضلاب برگشتی
  - چگونگی توزیع و پخش فاضلاب و تهویه بستر ها
  - عمق سنگ ریزه های بستر باکتری
  - ابعاد سنگ ریزه ها
  - درجه حرارت
- مشکلات بهره برداری از صافی های چکنده و راه حل های آنها ( برکه ای شدن، پشه های صافی و...)
- مزایا و معایب صافی چکنده در مقایسه با فرایند لجن فعال شده
- ❖ سیستم های بیولوژیکی دوار RBCs (فرایند هوازی رشد چسبیده Attached growth):
- اهداف و ساختار تماس دهنده های بیولوژیکی دوار
- میزان بارگذاری هیدرولیکی
- میزان بار گذاری آلی
- دستگاه های محرک دوار
- بستر تماس دهنده بیولوژیکی دوار
- مشکل حلزون ها در سیستم های بیولوژیکی دوار و راه حل آن



❖ تصفیه پیشرفته فاضلاب شامل:

- حذف مواد مغذی نظیر فسفر و نیتروژن (فرایند جریان اصلی، فرایند جریان جانبی، نیتریفیکاسیون و دنتریفیکاسیون و سایر روش های حذف بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی آنها) و بحث در هر مورد
- حذف ترکیبات غیر آلی محلول نظیر فلزات سنگین خاص و... (ترسیب شیمیایی، تبادل یونی، اولترافیلتراسیون، اسمز معکوس، الکترودیالیز، تقطیر، حذف توسط جلبک ها و...) و بحث در هر مورد
- حذف ترکیبات آلی محلول نظیر MTBE و NDMA و... (جذب سطحی، اسمز معکوس، ترسیب شیمیایی، اکسیداسیون شیمیایی، الکترودیالیز، تقطیر، اکسیداسیون پیشرفته و...) و بحث در هر مورد
- حذف بیشتر جامدات معلق و کلوئیدی آلی و غیر آلی و... (فیلتراسیون عمقی، فیلتراسیون سطحی، فیلتراسیون غشایی و...) و بحث در هر مورد

❖ روش های مختلف گندزدایی:

- استفاده از عوامل شیمیایی نظیر کلر، برم، ید، ازن، فنل و مشتقات آن، اترها، پراکسید هیدروژن و... و بحث در هر مورد
- عوامل فیزیکی نظیر حرارت، نور خورشید و امواج صوتی و... و بحث در هر مورد
- روش های مکانیکی شامل انواع روش ها و فرایندهای مورد استفاده در تصفیه فاضلاب نظیر آشغال گیری و دانه گیری و...

- پرتوها نظیر UV و... و بحث در هر مورد

❖ تصفیه، استفاده مجدد و دفع جامدات و جامدات بیولوژیکی (لجن):

- قوانین استفاده مجدد و دفع جامدات بیولوژیکی
- عملیات مقدماتی به منظور استفاده مجدد یا دفع جامدات حاصل از فرایندهای تصفیه فاضلاب شهری
- لجن اولیه و ثانویه و خصوصیات هر کدام
- روش های تغلیظ لجن (تغلیظ سانتریفوژی-ثقلی-نواری ثقلی-شناورسازی با هوای محلول)
- هضم لجن (هضم هوازی و بی هوازی لجن)
- آبگیری لجن (اصلاح لجن-اصلاح لجن با ماده شیمیایی معدنی-اصلاح لجن با پلیمرها-اصلاح حرارتی-بسترهای لجن خشک کن-فیلتر فشاری نواری-سانتریفوژها-فیلترهای فشاری-فیلترهای خلایی)

❖ مختصری بحث در مورد روش های استفاده مجدد از پساب

❖ فرایندهای ترکیبی تصفیه هوازی فاضلاب (TF/AS و TF/SC) و مختصری بحث در مورد آنها

❖ برکه های تثبیت فاضلاب (رشد معلق Suspended growth)

- انواع برکه های تثبیت و تعاریف آنها (برکه های تثبیت بی هوازی، برکه های اختیاری، برکه های تکمیلی و...) و بحث در هر مورد
- عوامل موثر بر تصفیه در برکه ها (عوامل طبیعی-عوامل فیزیکی-عوامل شیمیایی) و بحث در هر مورد
- معیارهای توقف کارایی برکه
- عوامل مطلوب و نامطلوب مربوط به برکه های اختیاری در نواحی گرم
- تصفیه فاضلاب در نواحی گرم و خشک
- ارتقاء کیفی پساب خروجی برکه (استانداردهای پساب جهت استفاده مجدد، ارتقاء کیفی توسط سنبل آبی و...)
- شکل هندسی، ساختمان، پوشش و اتصالات برکه
- بهره برداری و نگهداری از برکه ها
- مشکلات بهره برداری از برکه ها و راه حلها



- ❖ لاکون های هوازی و بحث مختصر در مورد آنها
- ❖ وتلندها و بحث مختصر در مورد آنها
- ❖ نحوه دفع پساب در مناطق خشک و مرطوب، اندازه گیری قابلیت جذب زمین
- ❖ انواع چاه های جذبی، محاسبه ابعاد چاه جذبی، محاسبه ابعاد و طول ترانشه های پخش زیر آبیاری، انواع توالست ها و ...

ب) تصفیه فاضلاب صنعتی:

- تعاریف، تاریخچه و اهمیت تصفیه و دفع بهداشتی فاضلاب های صنعتی
- شناسایی خصوصیات کمی و کیفی فاضلاب های صنعتی
- فرآیندهای تولید کننده فاضلاب در واحدهای صنعتی
- معرفی و طبقه بندی صنایع دارای اهمیت از نظر آلودگی آب
- روش های کاهش حجم فاضلاب صنعتی (طبقه بندی فاضلابها، حفظ فاضلاب، تغییر فرآورده برای کم کردن فاضلابها، استفاده مجدد از هردوی پسابهای شهری و صنعتی به منظور تامین آب خام، حذف تخلیه های منقطع یا یکباره فاضلابهای فرایند و ...) و بحث در هر مورد
- روش های کاهش غلظت آلودگی (تغییرات فرایند، تغییرات و اصلاح تجهیزات، جداسازی فاضلاب ها، یکنواخت سازی فاضلابها، بازیافت فرآورده فرعی، متناسب سازی فاضلابها، پایش جریانهای فاضلاب، جلوگیری از سرریزهای اتفاقی و ...) و بحث در هر مورد
- خنثی سازی فاضلاب های دارای pH نامتعرف (اختلاط فاضلابها، تصفیه با سنگ آهک برای فاضلابهای اسیدی، تصفیه با دوغاب آهک برای فاضلابهای اسیدی، تصفیه با سود سوزآور برای فاضلابهای اسیدی، تصفیه با گاز دودکش دیگ بخار، تصفیه با دی اکسید کربن برای فاضلابهای قلیایی و ...) و بحث در هر مورد
- یکنواخت سازی جریان فاضلاب
- متناسب سازی جریان فاضلاب
- حذف روغن و چربی از فاضلاب های دارای روغن و چربی بیش از مقدار معمول
- حذف جامدات نامحلول معلق (ته نشینی، شناورسازی، غربالگری) و بحث در هر مورد
- حذف جامدات کلوئیدی (خصوصیات کلوئیدها، انعقاد شیمیایی، حذف کلوئیدها به روش جذب سطحی و ...) و بحث در هر مورد
- حذف مواد جامد محلول معدنی (تبخیر، دیالیز، تبادل یون، جلبکها، اسمز معکوس و ...) و بحث در هر مورد
- حذف مواد جامد محلول آلی (ذخیره کردن در برکه های اکسایش، تصفیه به روش لجن فعال، هوادهی اصلاح شده، هوادهی محیط رشد پراکنده، تثبیت تماسی، تصفیه به روش هوادهی به میزان زیاد، صافی چکنده، آبیاری افشان، احتراق مرطوب، هضم بی هوازی، سیستم هوادهی مکانیکی، تزریق در چاه، هوادهی ممتد، اکسیژن خالص و ...) و بحث در هر مورد
- تصفیه و دفع مواد جامد لجن (هضم بی هوازی و هوازی، صاف کردن خلثی، شستشوی لجن، بستریهای خشک کن، استفاده از برکه های روباز تبخیر، فرایند احتراق مرطوب، تعلیق ذرات ریز شده، خشک کردن و سوزاندن، سانتریفوژ کردن، پر کردن اراضی به طریق بهداشتی، تلمبه کردن لجن و ...) و بحث در هر مورد
- آشنایی با تصفیه فاضلاب مهمترین صنایع موجود در ایران (صنایع فلزی، نفت و پتروشیمی، دباغی، صنایع غذایی، نساجی، کاغذسازی و ...)



- تصفیه فاضلاب های صنعتی به صورت مشترک با فاضلاب شهری
- تعریف سیستم های تصفیه غیرمتمرکز (اقماری) فاضلاب Satellite treatment systems
- تقسیم بندی سیستم های تصفیه غیرمتمرکز (اقماری) فاضلاب (سیستم منقطع Interception type. سیستم استخراجی Extraction type و سیستم بالادست Upstream type) و بحث مختصر در مورد آنها
- رهنمودهای WHO و استانداردهای ایران جهت تخلیه پساب به منابع آب پذیرنده
- ✓ در طول نیمسال تحصیلی بایستی کلاس های حل تمرین برای دانشجویان برگزار شود تا توانایی های دانشجویان افزایش و ارتقاء یابد.
- ✓ دانشجوی بایستی در کارگاه آموزشی نمونه سازی سیستم های تصفیه فاضلاب آموزش لازم را فراگرفته و در ساخت پایلوت ها مشارکت نموده و در طول نیمسال از هر یک از تصفیه خانه های فعال متعارف فاضلاب در یکی از شهرها و یا روستاها بشرح ذیل بازدید بعمل آورد.

۲- تصافی چکنده

۴- سیستم های تصفیه بیولوژیکی دوار (RBC)

۶- حوضچه چربی گیر

۸- ایماهاف تانک

۱- سیستم لجن فعال شده متعارف

۳- برکه های تثبیت

۵- لاگون های هوازی

۷- وتلندها

۹- سبتیک تانک

\*منابع :

1. Haller Edward (1995), Simplified Wastewater Treatment Plant Operations, CRC Press.
2. Tchobanoglous George, Stensel H. David, Tsuchihashi Ryujiro, Burton Franklin (2013), Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery 5th Edition, ISBN-10: 0073401188, ISBN-13: 978-0073401188, McGraw-Hill Education.
3. Qasim seyed R. (1998) "Wastewater Treatment Plant Planning, Design and Operation" Technomic pub. Company Inc. USA.
4. Nemerow N.L., aviyit Dasgupta, Industrial and Hazardous waste treatment, vannostrand Rienhold, New York, USA (1994)
5. Eckenfelder, Jr (2000) Industrial water pollution control" Mc Graw-Hill Inc.
۶. هالر ادوارد جی، ترجمه: ملکوتیان محمد (۱۳۸۸)، بهره برداری ساده از تصفیه خانه فاضلاب، ناشر: بوتیمار و مترجمان، کرمان. مترجمین: ندافی کاظم، یزدانبخش احمدرضا (۱۳۸۰)، "تصفیه فاضلاب برای کنترل آلودگی آب"، انتشارات فردابه، تهران.
۷. مترجمین: فرزادکیا مهدی، امام جمعه محمد مهدی (۱۳۹۱)، "تصفیه فاضلاب صنایع غذایی"، انتشارات دانشگاه علوم پزشکی قزوین.
۸. سازمان جهانی بهداشت، مترجمین: ندافی کاظم، نبی زاده رامین (۱۳۷۵)، برکه های تثبیت فاضلاب (اصول طراحی و اجرا)، انتشارات موسسه علمی فرهنگی نص.
۹. قانعیان محمدتقی، مصداقی نیا علیرضا، احرام پورش محمد حسن (۱۳۸۰)، مبنای استفاده مجدد از فاضلاب (کلیات، روشها، استانداردها، مخاطرات بهداشتی)، انتشارات طب گستر.
۱۰. یغمائیان کامیار، خانی محمدرضا، اکبرزاده عباس (۱۳۸۱)، مهندسی فاضلاب (جمع آوری، تصفیه و دفع)، انتشارات موسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران.

۱۱. بی رایت فورست (مولف)، پازوش هرمز و همکاران (مترجم) (۱۳۶۰)، آبرسانی و تاسیسات بهداشتی روستایی، ناشر مترجم.

۱۲. بذرافشان ادریس، زردلی محمد علی، حسینی علیرضا (۱۳۸۹)، کاربرد سیستم های غشایی در تصفیه فاضلاب، انتشارات سخن گستر و معاونت تحقیقات و فن آوری دانشگاه علوم پزشکی زاهدان.  
\* توجه: در کلیه منابع فوق آخرین چاپ مدنظر میباشد.

نحوه ارزشیابی دانشجو:

- امتحان کتبی میان نیمسال ۴۰٪
- امتحان کتبی پایان نیمسال ۷۰٪
- گزارش بازدیدها ۱۰٪

