١٢/١٩٠٣

دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی و درمانی ایران
دانشکده بهداشت

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط
گروه مهندسی بهداشت محیط

عنوان

# ارزیابی عملکرد تصفیه خانه های فاضلاب بیمارستان های تحت پوشش دانشگاه علوم پزشکی ایران

اساتید راهنما
دکتر میترا غلامی
دکتر مهدی فرزادکیا

اساتید مشاور
مهندس زهره جوادی
دکتر ایرج موبدی

نگارش
علی اکبر دهقان کنگ زیتون

۱۳۸۸/۸/۱۰

تابستان ۱۳۸۸

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
قسمت مدارک

۱۲۱۹۰۳

این پایان نامه را به:

روح پرفتوح پدرم که در همه حال یار و یاورم بود و کلامش روشنگر راهم

و نیز مادر خوبم که در همه حال از صبر و بردباری و متانت او درس ها آموختم

تقدیم می نمایم.

## تقدیر و تشکر

اکنون که با لطف و عنایت حضرت حق انجام این پایان نامه به پایان رسید، لازم می دانم از زحمات بی دریغ و راهنمایی های مدبرانه مدیر محترم گروه مهندسی بهداشت محیط، دکتر میترا غلامی که راهنمایی و هدایت این پایان نامه را به عهده داشتند، تشکر ویژه داشته باشم.

همچنین از جناب آقای دکتر فرزادکیا معاون محترم آموزشی دانشکده بهداشت و دیگر راهنمای این پایان نامه که سخاوتمندانه تجارب و معلومات خود را در اختیار اینجانب گذاشتند تشکر و قدردانی نمایم.

همچنین از زحمات و راهنمایی های مشاورین محترم این پایان نامه، سرکار خانم مهندس جوادی، عضو محترم گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت و نیز استاد گرانقدر دکتر موبدی، عضو محترم گروه انگل شناسی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران که بدون بهره گیری از راهنمایی ها و مشاوره های آنان انجام این پایان نامه ممکن نبود، تشکر و قدردانی نمایم.

در ادامه خرسندم مراتب تشکر و قدردانی خود را از زحمات سرکار خانم دکتر رزمجو و جناب آقای دکتر معمار، اساتید محترم گروه انگل شناسی دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی ایران که در انجام این پایان نامه زحمات فراوانی متحمل شدند ابراز کنم.

از پرسنل محترم آزمایشگاه سرکارخانم مهندس میرزایی، جناب آقای مهندس پورمسلمی، جناب آقای دکتر اسرافیلی و جناب آقای شاهپری و دیگر عزیزان که اوقات خود را مصروف کمک و یاری به این جانب کردند تشکر و قدرانی کنم.

از همکلاسی های عزیزم آقایان مهندس دالوند، رستمی، ده پهلوان و خانم مهندس رشید که افتخار آشنایی با ایشان را داشتم، تشکر و قدردانی نمایم.

از دوستان عزیز و گرانقدرم آقایان دکتر سهند جرفی، دکتر رضا درویش چشمه سلطانی، دکتر محمد خلیلی، مهندس فرهاد محمدی و دوست گرانقدر و دیرینه ام مهندس حمیدرضا شمس اللهی که بدون حمایت ها و پشتیبانی های ایشان انجام این پایان نامه ممکن نبود، تشکر و قدردانی ویژه نمایم.

از جناب آقای مهندس وثیقی، مسئول بهداشت محیط معاونت بهداشت و درمان دانشگاه علوم پزشکی ایران و مسئولین بهداشت محیط بیمارستان های فیروزگر، شهیدمطهری، شهدای هفتم تیر و شهیدهاشمی نژاد کمال تشکر و قدردانی را دارم.

در پایان از پرسنل محترم کتابخانه، آموزش و سایت کامپیوتر تشکر و قدردانی می نمایم.

## چکیده:

مهم ترین آلاینده های فاضلاب بیمارستانی شامل ویروسها و باکتریهای بیماری زا، مولکولهای ناشی از مواد دارویی متابولیز نشده و استفاده نشده، ترکیبات ارگانوهالوژن مانند ترکیبات آلی هالوژن دار قابل جذب روی کربن فعال (AOX)، رادیوایزوتوپ ها و گندزداها هستند. فاضلابهای بیمارستانی ممکن است حاوی ترکیبات کلردار و یا فلزات سنگینی مانند جیوه و نقره باشد. در قرن بیستم به دلیل اضافه شدن آلاینده هایی مانند آنتی بیوتیک های دامی و انسانی، داروها، فاضلاب های صنعتی و شهری و هورمون های جنسی و استروئیدی و گسترش اهداف تصفیه فاضلاب، لزوم بررسی عملکرد تصفیه خانه ها و اصلاح و بهینه سازی سیستم های تصفیه موجود اهمیت زیادی پیدا نمود. هدف از این مطالعه بررسی عملکرد تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های دانشگاه علوم پزشکی ایران، آنالیز رفتار آنها درحذف آلاینده ها و مقایسه کیفیت پساب خروجی و لجن تولیدی در این تصفیه خانه ها با استانداردهای ملی سازمان حفاظت محیط زیست می باشد. در این مطالعه که در یک دوره ۶ ماهه در دو فصل تابستان و زمستان ۱۳۸۷ انجام شد، از بین بیمارستانهای تحت پوشش دانشگاه علوم پزشکی ایران ۴ بیمارستان انتخاب شدند. ۳ بیمارستان فیروزگر، شهیدمطهری و شهدای هفتم تیر دارای سیستم تصفیه لجن فعال هوادهی گسترده و بیمارستان شهیدهاشمی نژاد دارای سیستم تصفیه لجن فعال تلفیقی فیلم ثابت (IAFS) می باشد. در هر ماه یک بار نمونه برداری انجام و جمعا" ۹۶ نمونه (شامل ۸ نمونه از ورودی تصفیه خانه، ۸ نمونه از خروجی تصفیه خانه و ۸ نمونه از لجن تولیدی در تصفیه خانه) بدست آمد. نتایج نشان داد که بیمارستان شهیدهاشمی نژاد با سیستم لجن فعال فیلم ثابت در مجموع بالاترین کارایی را در حذف COD، $BOD_5$ و TSS دارا می باشد و تنها در این بیمارستان میانگین COD، $BOD_5$ و TSS با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست دارای اختلاف معنی دار می باشد و پساب قابلیت تخلیه برای مصارف کشاورزی و آبیاری را دارد. لجن های دفعی تصفیه خانه های مورد بررسی به لحاظ کیفیت میکروبی در کلاس B مقررات EPA قرار گرفت. لذا دفع و استفاده مجدد از این لجن ها در کشاورزی به شدت سلامت عمومی را به خطر می اندازد.

با توجه به نتایج به دست آمده می توان نتیجه گرفت که سیستم های تلفیقی رشد معلق فیلم-ثابت در مقایسه با فرایندهای لجن فعال هوادهی گسترده کارایی مناسبی در تصفیه فاضلاب های بیمارستانی دارد.



**واژه های کلیدی:** تصفیه فاضلاب بیمارستانی، لجن دفعی، لجن فعال هوادهی گسترده، لجن فعال تلفیقی فیلم-ثابت

فهرست مطالب | صفحه

## فصل اول: بیان مسئله و اهمیت موضوع


۱-۱- مقدمه و معرفی طرح (شامل بیان مسئله، اهمیت و ضرورت اجرای طرح) ..... ۲

۱-۲- اهداف پژوهش ..... ۴

۱-۲-۱- هدف کلی طرح ..... ۴

۱-۲-۲- اهداف ویژه ..... ۴

۱-۳- فرضیات یا سؤالات پژوهش ..... ۵

۱-۳-۱- سؤالات ..... ۵

۱-۴- تعریف واژه ها ..... ۵


## فصل دوم: کلیات


**۲-۱- بخش اول: تصفیه فاضلاب** ..... ۹

۲-۱-۱- مقدمه ..... ۹

۲-۱-۲- روشهای تصفیه فاضلاب ..... ۹

۲-۱-۲-۱- روشهای فیزیکی ..... ۹

۲-۱-۲-۲- روشهای شیمیایی ..... ۹

۲-۱-۲-۳- روشهای بیولوژیکی ..... ۱۰

۲-۱-۲-۴- لجن فعال هوادهی گسترده ..... ۱۱

۲-۱-۲-۵- لجن فعال با مدیای فیلم- ثابت ..... ۱۱

۲-۱-۲-۵-۱- فرایندهای با مدیای معلق داخلی برای رشد چسبیده ..... ۱۱

۲-۱-۲-۵-۱-۱- Captor® و Linpor® ..... ۱۱

۲-۱-۲-۵-۱-۲- Kaldnes® ..... ۱۲

**۲-۲- بخش دوم: راهنمای مشکلات و راه حل در فرایندهای لجن فعال** ..... ۱۳

**۲-۳- بخش سوم: آلاینده های فاضلاب بیمارستانی** ..... ۳۳

فهرست مطالب | صفحه


۲-۳-۱- آلودگی آلی ..... ۳۳
۲-۳-۲- آلودگی میکروبی ..... ۳۳
۲-۳-۳- آنتی بیوتیک ها ..... ۳۳
۲-۳-۳-۱- پزشکی ..... ۳۳
۲-۳-۳-۲- دامپزشکی و کشاورزی ..... ۳۴
۲-۳- ۴- عوامل مهارکننده رشد و تکثیر سلول ها ..... ۳۵
۲-۳-۵- داروهای بی هوشی ..... ۳۶
۲-۳-۶- گندزداها ..... ۳۶
۲-۳-۷- فلزات سنگین ..... ۳۷
۲-۳-۷-۱- پلاتینیوم ..... ۳۷
۲-۳-۷-۲- جیوه ..... ۳۸
۲-۳-۷-۳- عناصر نادر زمین گادولینیوم، ایندیوم و اسمیوم ..... ۳۸
۲-۳-۸- AOX و مدیای تباین اشعه X یددار ..... ۳۹
**۲-۴- بخش چهارم: مروری بر پژوهش های مرتبط** ..... ۴۰


## فصل سوم: مراحل انجام پژوهش (مواد و روش ها)


۳-۱- مراحل انجام پژوهش ..... ۴۹
۳-۱-۱- مقدمه ..... ۴۹
۳-۱-۲- جامعه پژوهش ..... ۴۹
۳-۱-۳- محیط پژوهش ..... ۴۹
۳-۲- نمونه پژوهش ..... ۴۹
۳-۲-۱- نوع پژوهش ..... ۴۹
۳-۲-۲- روش نمونه گیری و حجم نمونه ..... ۴۹

فهرست مطالب | صفحه


۳-۲-۳- روش گردآوری اطلاعات و مشخصات ابزار گردآوری اطلاعات ..... ۵۰
۳-۳- نحوه انجام کار ..... ۵۰
۳-۴- روش تجزیه و تحلیل اطلاعات ..... ۵۰
۳-۵- محدودیت های پژوهش و روش های کاهش آن ..... ۵۰
۳-۶- پیش بینی زمان لازم برای اجرای کامل طرح ..... ۵۱
۳-۷- نحوه اندازه گیری متغیرها ..... ۵۱
۳-۷-۱- روش اصلاح شده بایلنجر جهت پایش تخم انگل ها ..... ۵۳
۳-۷-۱-۱- مزایا روش بایلنجر ..... ۵۳
۳-۷-۱-۲- معایب روش بایلنجر ..... ۵۳
۳-۷-۱-۳- وسایل و مواد مصرفی ..... ۵۴
۳-۷-۱-۳-۱- معرف ها ..... ۵۴
۳-۷-۱-۳-۲- وسایل ..... ۵۴
۳-۷-۱-۴- روش کار ..... ۵۴
۳-۷-۱-۴-۱- زمان های ته نشینی ..... ۵۸
۳-۷-۱-۴-۲- بافر استواستات ..... ۵۸
۳-۷-۱-۴-۳- روش پرکردن اسلاید مک مستر ..... ۵۹
۳-۷-۱-۴-۴- استفاده از سانتریفوژ ..... ۵۹
۳-۷-۱-۵- شناسایی تخم کرم ها ..... ۵۹
۳-۸- معرفی بیمارستان های مورد مطالعه ..... ۶۰
۳-۷-۱- بیمارستان فیروزگر ..... ۶۰
۳-۸-۲- بیمارستان شهید مطهری ..... ۶۴
۳-۸-۳- بیمارستان شهدای هفتم تیر ..... ۶۸
۳-۸-۴- بیمارستان شهیدهاشمی نژاد ..... ۷۲

## فصل چهارم: یافته ها و نتایج

۴-۱- نتایج آنالیز فاضلاب ورودی به تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه..... ۷۸
۴-۲- نتایج آنالیز فاضلاب خروجی از تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه..... ۸۱
۴-۳- نتایج آنالیز لجن تولیدی در تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه..... ۸۴
۴-۴- درصد حذف پارامترها در تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه..... ۸۷
۴-۵- نتایج اندازه گیری پارامترهای بهره برداری در تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه..... ۸۹
۴-۶- نتایج آنالیز پارامترهای COD، $BOD_5$ و TSS در تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه..... ۹۱
۴-۷- نتایج مقایسه پارامترهای COD، $BOD_5$، TSS و MPN کلیفرم مدفوعی با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران..... ۹۵

## فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری

۵-۱- بحث..... ۱۰۴
۵-۲- نتیجه گیری کلی..... ۱۱۱
۵-۳- پیشنهادات..... ۱۱۲
**منابع و مأخذ**..... ۱۱۴
**ضمائم و پیوست**..... ۱۱۹

## فهرست جداول

صفحه


جدول (۲-۱) کاربردهای فرایندهای واحد شیمیایی در تصفیه فاضلاب ..... ۱۰

جدول (۲-۲) پارامترهای طراحی متداول برای فرایند لجن فعال هوادهی گسترده ..... ۱۱

جدول (۲- ۳) مواد مدیا برای فرایند لجن فعال فیلم ثابت معلق ..... ۱۲

جدول (۲- ۴) پارامترهای طراحی متداول برای یک راکتور بیوفیلم بستر متحرک ..... ۱۲

جدول (۲-۵) راهنمای گره گشایی برای مشکلات سیستم هوادهی در راکتورهای بیولوژیکی ..... ۱۳

جدول (۲-۶) راهنمای گره گشائی مسائل کف در فرایند لجن فعال ..... ۱۵

جدول (۲-۷) راهنمای گره گشائی مسائل بالکینگ در لجن فعال ..... ۲۰

جدول (۲-۸) مشاهدات معمول تست ته نشینی برای شست و شوی جامدات (Solid Washout) ..... ۲۶

جدول (۲-۹) تست متداول ته نشینی برای فلوک سوزنی و فلوک تک مانده (Straggler) ..... ۲۸

جدول (۲-۱۰) مشاهدات متداول قسمت ته نشینی برای بالا آمدن لجن و توده ای شدن لجن دنیتریفیکاسیون) ..... ۲۹

جدول (۲-۱۱) مشاهدات معمول تست ته نشینی برای پساب ثانویه کدر ..... ۳۰

جدول (۲-۱۲) مشاهدات متداول تست ته نشینی برای خاکستر شدن لجن (Ashing) ..... ۳۱

جدول (۲-۱۳) راهنمای گره گشائی برای آشغالگیرهای مکانیکی ..... ۳۲

جدول (۳-۱) متغیرها و نحوه اندازه گیری هر یک از آنها ..... ۵۲

جدول (۳-۲) ویژگی بیمارستان ها و تصفیه خانه هر یک از آن ها ..... ۷۶

جدول (۴-۱) نتایج آنالیز نمونه های فاضلاب ورودی به تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه ..... ۷۸

جدول (۴-۲) میانگین و انحراف معیار پارامترهای اندازه گیری شده در فاضلاب ورودی به تصفیه خانه هر بیمارستان ..... ۸۰

جدول (۴-۳) نتایج آنالیز نمونه های فاضلاب خروجی از تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه ..... ۸۱

جدول (۴-۴) میانگین و انحراف معیار پارامترهای اندازه گیری شده در پساب خروجی از تصفیه خانه فاضلاب هر بیمارستان ..... ۸۳

جدول (۴-۵) نتایج آنالیز نمونه های لجن تولیدی در تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه ..... ۸۴

جدول (۴-۶) میانگین و انحراف معیار پارامترهای اندازه گیری شده در لجن هر بیمارستان ..... ۸۶

## فهرست جداول

صفحه


جدول (۴-۷) درصد حذف پارامترها در تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه..... ۸۷

جدول (۴-۸) میانگین ماهیانه پارامترهای فاضلاب در تانک هوادهی بیمارستان فیروزگر..... ۸۹

جدول (۴-۹) میانگین ماهیانه پارامترهای فاضلاب در تانک هوادهی بیمارستان شهیدمطهری..... ۸۹

جدول (۴-۱۰) میانگین ماهیانه پارامترهای فاضلاب در تانک هوادهی بیمارستان شهدای هفتم تیر..... ۹۰

جدول (۴-۱۱) میانگین ماهیانه پارامترهای فاضلاب در تانک هوادهی بیمارستان شهیدهاشمی نژاد..... ۹۰

جدول (۴-۱۲) مشکلات مربوط به تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان فیروزگر..... ۹۷

جدول (۴-۱۳) مشکلات مربوط به تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهیدمطهری..... ۱۰۱

جدول (۴-۱۴) مشکلات مربوط به تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهدای هفتم تیر..... ۱۰۲

## فهرست اشکال و نمودارها

صفحه


شکل (۳-۱) ظروف دو طرف صاف مناسب برای ته نشینی..... ۵۵

شکل (۳-۲) حذف سوپرناتانت با پمپ اکشن..... ۵۵

شکل (۳-۳) شست و شوی دیواره ظرف با محلول رقیق پاک کننده..... ۵۵

شکل (۳-۴) پلت با یک حجم بافر و دو حجم حلال..... ۵۶

شکل (۳-۵) روش همگن سازی نمونه a– همگن سازی با دست b- همگن سازی با میکسر گردابی..... ۵۶

شکل (۳-۶) دورریختن سوپرناتانت و باقی ماندن پلت..... ۵۷

شکل (۳-۷) جداسازی نمونه به سه فاز مشخص بعد از سانتریفوژ ..... ۵۷

شکل (۳-۸) افزودن ۵ میلی لیتر محلول سولفات روی به ۱ میلی لیتر نمونه ..... ۵۷

شکل (۳-۹) پرکردن اسلاید: پرهیز از حباب های هوا..... ۵۸

شکل (۳-۱۰) اسلاید مک مستر قدیمی، هر شبکه برابر با ۰/۱۵ ml ..... ۵۸

شکل (۳- ۱۱) نقشه موقعیت جغرافیایی بیمارستان فیروزگر..... ۶۰

شکل (۳-۱۲) حوضچه ورودی فاضلابب به تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان فیروزگر..... ۶۰

شکل (۳-۱۳) آشغالگیر، خردکن و جعبه تقسیم فاضلاب در تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان فیروزگر..... ۶۱

شکل (۳-۱۴) حوضچه هوادهی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان فیروزگر..... ۶۱

شکل (۳-۱۵) حوضچه ته نشینی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان فیروزگر..... ۶۲

شکل (۳-۱۶) حوضچه کلرزنی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان فیروزگر..... ۶۲

شکل (۳-۱۷) نمودار شماتیک تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان فیروزگر..... ۶۳

شکل (۳-۱۸) نقشه موقعیت جغرافیایی بیمارستان شهیدمطهری..... ۶۴

شکل (۳-۱۹) ورودی فاضلاب به تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهیدمطهری..... ۶۴

شکل (۳-۲۰) حوضچه هوادهی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهیدمطهری..... ۶۵

شکل (۳-۲۱) حوضچه ته نشینی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهیدمطهری..... ۶۵

شکل (۳-۲۲) تجهیزات کلرزنی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهیدمطهری..... ۶۶

شکل (۳-۲۳) نمودار شماتیک تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهیدمطهری..... ۶۷

## فهرست اشکال و نمودارها

صفحه


شکل (۳-۲۴) حوضچه ورودی فاضلاب به تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهدای هفتم تیر ..... ۶۸

شکل (۳-۲۵) حوضچه هوادهی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهدای هفتم تیر ..... ۶۹

شکل (۳-۲۶) حوضچه ته نشینی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهدای هفتم تیر ..... ۶۹

شکل (۳-۲۷) حوضچه کلرزنی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهدای هفتم تیر ..... ۷۰

شکل (۳-۲۸) خروجی پساب تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهدای هفتم تیر ..... ۷۰

شکل (۳-۲۹) نمودار شماتیک تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهدای هفتم تیر ..... ۷۱

شکل (۳-۳۰) ورودی فاضلاب به تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهیدهاشمی نژاد ..... ۷۲

شکل (۳-۳۱) حوضچه هوادهی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهیدهاشمی نژاد ..... ۷۳

شکل(۳-۳۲) حوضچه ته نشینی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهیدهاشمی نژاد ..... ۷۳

شکل (۳-۳۳) حوضچه کلرزنی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهیدهاشمی نژاد ..... ۷۴

شکل (۳-۳۴) فیلتر شنی و تاسیسات کلرزنی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهیدهاشمی نژاد ..... ۷۴

شکل (۳-۳۵) نمودار شماتیک تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهیدهاشمی نژاد ..... ۷۵

شکل (۴-۱) نمودار میانگین COD ورودی و خروجی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه ..... ۹۱

شکل (۴-۲) نمودار میانگین $BOD_5$ ورودی و خروجی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه ..... ۹۱

شکل (۴-۳) نمودار میانگین TSS ورودی و خروجی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه ..... ۹۲

شکل (۴-۴) نمودار میانگین درصد حذف COD، $BOD_5$ و TSS تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه ..... ۹۲

شکل (۴-۵) نمودار تغییرات DO در تانک هوادهی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه طی سه فصل تابستان، پائیز و زمستان ..... ۹۳

شکل (۴-۶) نمودار تغییرات SVI در تانک هوادهی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه طی سه فصل تابستان، پائیز و زمستان ..... ۹۳

شکل (۴-۷) نمودار تغییرات MLSS در تانک هوادهی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه طی سه فصل تابستان، پائیز و زمستان ..... ۹۴

شکل (۴-۸) نمودار تغییرات MVLSS در تانک هوادهی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه طی سه فصل تابستان، پائیز و زمستان ..... ۹۴

شکل (۴-۹) نمودار مقایسه میانگین COD پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست جهت تخلیه و دفع در آبهای سطحی و مصارف کشاورزی و آبیاری ..... ۹۵

## فهرست اشکال و نمودارها

صفحه

شکل (۴-۱۰) نمودار مقایسه میانگین $BOD_5$ پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست جهت تخلیه و دفع در آبهای سطحی و مصارف کشاورزی و آبیاری..... ۹۵

شکل (۴-۱۱) نمودار مقایسه میانگین TSS پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست جهت تخلیه و دفع در آبهای سطحی و مصارف کشاورزی و آبیاری..... ۹۶

# فصل اول

# مقدمه

## ۱-۱- مقدمه و معرفی طرح (شامل بیان مسئله، اهمیت و ضرورت اجرای طرح):

با رشد روزافزون جمعیت و افزایش مصرف آب در جوامع، به طور همزمان میزان تولید فاضلاب افزایش یافت. این افزایش تولید فاضلاب می توانست خطر بزرگی برای محیط زیست باشد. در اواسط قرن نوزدهم در انگلستان، بیماریهای منتقله از آب نظیر وبا شایع شد و چندین اپیدمی در لندن هزاران قربانی به بار آورد. افزایش آگاهی نسبت به نقش میکروارگانیسم ها در ایجاد بیماریها، احساس نیاز به تصفیه فاضلاب را تشدید کرد. این موضوع باعث گذاردن قانونی شد که ساخت واحدهای تصفیه فاضلاب را تشویق نمود. دفع نادرست فاضلاب و فضولات انسانی یک از علل اصلی بیماری در مناطقی است که تصفیه رضایت بخش فاضلاب وجود ندارد. چون میکروارگانیسم های بیماری زای بسیاری در فاضلاب وجود دارد، همه فاضلابها باید آلوده فرض شوند[۱].

یکی از انواع فاضلابها که برای محیط زیست خطرات بسیاری به همراه داشته، و به واسطه کیفیت آن در دسته مواد زائد خطرناک تقسیم بندی شده است، فاضلاب بیمارستانی است. در صورت عدم مدیریت صحیح مواد زاید بیمارستانی، محیط زیست دچار خطر بزرگی خواهد شد[۲]. مواد زاید مایع بیمارستانی یکی از منابع اصلی مواد زاید خطرناک و عفونی را تشکیل می دهد که تحت پوشش مقررات مواد زاید بیمارستانی قرار می گیرند. در کشورهای درحال توسعه بسیاری از بیمارستانها فاقد تصفیه خانه های فاضلاب هستند و فاضلابهای بیمارستانی اغلب به داخل سیستم جمع آوری فاضلاب شهری بدون هیچ گونه تصفیه تخلیه می شوند[۲]. سیستمهای جمع آوری فاضلاب شهری هم سرانجام بدون تصفیه پیشرفته به داخل رودخانه ها، دریاچه ها و اقیانوس ها تخلیه می شوند. لجن و پسابی که در طی تصفیه فاضلابهای بیمارستانی تولید می شود، علاوه بر خطرات شیمیایی، خطر بالقوه انتقال بیماریهای عفونی را نیز به همراه دارد[۲].

مصرف آب در بیمارستان ها بالا می باشد، به طوری که حداقل مصرف آب خانگی ۱۰۰ لیتر به ازای هر نفر در روز است، در حالی که آب مورد نیاز برای بیمارستانها معمولا از ۴۰۰ تا ۱۶۰۰ لیتر در روز به ازای هر تخت تغییر می کند. در فرانسه آب متوسط لازم برای تاسیسات بیمارستانی دانشگاهی حدود ۷۵۰ لیتر در روز به ازای هر تخت تخمین زده شده است. در کشورهای درحال توسعه میزان مصرف حدود ۵۰۰ لیتر در روز به ازای هر تخت به نظر می رسد[۳].

دو بخش مهم از بیمارستان که نقش مهمی را در تولید فاضلاب دارند رختشویخانه‌ها و آشپزخانه‌ها می‌باشند که روزانه حجم بسیار زیادی از آب را مصرف می‌کنند. رخشویخانه‌ها ممکن است علاوه بر مصرف دترجنتها از مواد گندزدا و عوامل دیگر مانند اسید یا قلیا استفاده کنند که به راحتی به فاضلاب راه می‌یابند.

فاضلابهای بیمارستانی دارای آلاینده های بسیاری می باشند. مهم ترین آلاینده های فاضلاب بیمارستانی شامل ویروسها و باکتریهای بیماری زا، مولکولهای ناشی از مواد دارویی متابولیز نشده و استفاده نشده، ترکیبات ارگانوهالوژن مانند ترکیبات آلی هالوژن دار قابل جذب روی کربن فعال (AOX)[1]، رادیوایزوتوپ ها و گندزداها هستند[۳]. آزمایش های انجام شده جهت تعیین خصوصیات فاضلابهای بیمارستانی، نشان دهنده غلظت باکتریایی کمتر از $10^8$ در هر ml ۱۰۰ است که معمولا در فاضلاب شهری وجود دارد. بطور معمول محتمل ترین تعداد کلیفرم (MPN) برای باکتریهای کلیفرم به علت حضور ضدعفونی کننده ها و آنتی بیوتیک ها در فاضلاب بیمارستانی پائین است[۳].

1- adsorbable organic halogens

فاضلابهای بیمارستانی ممکن است حاوی ترکیبات کلردار و یا فلزات سنگینی مانند جیوه و نقره نیز باشند[۴]. مقدار BOD و COD گزارش شده در پسابهای بیمارستانی به ترتیب برابر با ۷۰۰ و mg/L ۱۹۰۰ می باشد. میزان ترکیبات AOX (ترکیبات هالوژنه) موجود در فاضلابهای بیمارستانی نسبتاً بالا می باشد بطوریکه در بخش مرکزی یک بیمارستان در شیکاگو میزان آنها تا mg/L ۱۰ رسیده بود. این ترکیبات تجزیه پذیری خوبی ندارند و رفتارهای جذبی خوبی از خود نشان نمی دهند. بیشترین جرم AOX جدا شده از پسابهای بیمارستانی مربوط به صفحات آزمایش X-ray ، حلالها، گندزداها، پاک کننده ها و داروهای کلردار می باشد. مطالعات انجام گرفته بر روی بیمارستانهای آلمان نشان داده است که غلظت این ترکیبات در پساب خروجی بخشهای ویژه حدود ۰/۱۳ تا mg/L ۰/۹۴ می باشد، در صورتیکه این مقدار برای پساب خروجی کل بیمارستان بسیار بیشتر می باشد[۵].

آنتی بیوتیک ها از آلاینده های مهم در فاضلابهای بیمارستانی هستند که همواره موجب نگرانی می باشند. این مواد سبب توسعه باکتریهای مقاوم به این مواد شده و از آنجا که مقادیر مختلف آنتی بیوتیک ها در آبهای زیرزمینی و رودخانه ها هم دیده شده اند، می توانند سبب بروز بیماریهای مقاوم در انسانها و حیوانات شده و در نتیجه درمان بیماریهای عفونی را مشکل تر نمایند[۲]. از طرف دیگر آنتی بیوتیکها به علت ویژگی ضد باکتریایی خود موجب اختلال در سیستم های تصفیه فاضلاب می شوند و نهایتاً سبب کاهش کارایی سیستم تصفیه در حذف مواد آلی و پاتوژن ها می گردند[۶].

به منظور پیشگیری از انتشار میکروارگانیسم های بیماریزا، فاضلاب های بیمارستانی توسط کلر گندزدایی می گردند. کلرزنی این نوع فاضلاب ها، به دلیل واکنش کلر با مواد آلی تولید محصولات جانبی گندزدایی می کند. یکی از محصولاتی که در اثر واکنش کلر با ترکیبات هالوژن دار موجود در فاضلاب بیمارستانی تشکیل می شود، هالواستیک اسید ($HAA_5$[2]) است. هالواستیک اسیدها سرطان زا بوده و دارای پیامدهای نامطلوبی در طی دوره حاملگی هستند[۷]. همچنین، این ترکیبات تمایل به تجمع در آب های سطحی داشته و تهدید بزرگی برای انسان و اکوسیستم هستند[۶].حضور ترکیبات ارگانوکلره در غلظت های بالا برای زندگی آبزیان سمی گزارش شده اند[۸]. از آنجایی که حضور ترکیبات آلی کلرینه در فاضلابهای بیمارستانی تایید شده است، آنالیز و کنترل هالواستیک اسیدها در پسابهای بیمارستانی بعد از گندزدایی و کنترل انتشارشان به محیط زیست آبزی ضروری است[۷].

در بیمارستان ها، به منظور گندزدایی سطوح، ابزار و وسایل و پوست مقادیر بسیار بالایی از گندزداها مورد استفاده قرار می گیرند. الکل، آلدئیدها و ترکیبات چهارتایی آمونیوم از مهمترین ترکیباتی هستند که در گندزدایی سطوح استفاده می شوند[۹]. این مواد به علت داشتن خاصیت ضدمیکروبی موجب اختلال در سیستمهای تصفیه فاضلاب بیمارستانی می گردند[۹]. به علاوه گندزداها عمدتا از موادی مثل نیتروژن و فسفر تشکیل شده اند که تخلیه آنها در محیط های آبی و آبهای پذیرنده سبب رشد بیش از حد جلبکها می شود[۹]. تخلیه ترکیبات شیمیایی مثل گندزداها و دترجنت ها سبب آلودگی منابع آبی و خطرات اکولوژیکی برای ارگانیسم های آبزی می شود[۴].

بعد از کاربرد آنها در محل مورد نظر ممکن است این ترکیبات در نهایت به فاضلاب شهری راه بیابد. ترکیبات گوناگونی که تجزیه پذیر نیستند ممکن است در نهایت از طریق پساب تصفیه خانه های فاضلاب شهری به آبهای سطحی راه بیابند.

باقی مانده های دارویی شامل آنتی بیوتیک ها، بی حس کننده ها و ضد التهاب ها، عوامل تنظیم کننده چربی ها، مهارکننده بتا، ضدصرع، ضدبارداری، استروئیدها و هورمون های مربوطه نیز در فاضلابهای بیمارستانی حضور دارند. غلظت آنها در فاضلاب بیمارستانی از فاضلاب شهری بیشتر است. اما جریان کل مواد به دلیل سهم خیلی کمتر فاضلاب بیمارستانی در فاضلاب شهری در کشورهای توسعه یافته بسیار کمتر است. فاکتور رقیق سازی فاضلاب بیمارستانی به وسیله فاضلاب شهری بیش از ۱۰۰ است. این مواد اثرات بسیار سمی روی محیط های آبی دارند[۱۰].

2- Haloacetic acids

یکی از مواردی که در این حالت حائز اهمیت است کاربرد لجن باقیمانده از تصفیه فاضلابهای بیمارستانی بعنوان کود می باشد که سبب تشدید آلودگی می گردد[۷].

به طور کلی کمیت و کیفت فاضلاب های بیمارستانی به تعداد تختهای بیمارستان، تعداد روزهای ملاقات، فرهنگ مردم و موقعیت اجتماعی بیمارستان، شرایط آب و هوایی، وضعیت بهداشت بیمارستان، وضعیت جغرافیایی بیمارستان، تعداد مراجعین، واحدهای موجود در بیمارستان، بخش تحقیقاتی موجود در بیمارستان، وجود آشپزخانه در بیمارستان، وجود زباله سوز در بیمارستان، وضعیت محل جمع‌آوری زباله عفونی در بیمارستان و رختشویخانه بستگی دارد. مطالعه ای در رابطه با کیفیت فاضلاب بیمارستانی روی بیمارستان های استان هرمزگان انجام شد که در استان هرمزگان متوسط غلظت $BOD_5$، COD و TSS به ترتیب برابر با ۲۴۲/۲۵ mg/L، ۶۲۸/۱ mg/L و ۲۳۱/۲۵ mg/L بودند[۱۱].

به منظور تصفیه فاضلابهای بیمارستانی روش های مختلفی پیشنهاد شده است. مطالعاتی روی سیستم های راکتور بیولوژیکی فیلم- ثابت و راکتور بستر متحرک به منظور تصفیه فاضلاب بیمارستان مورد استفاده قرار گرفت. درصد حذف COD در راکتور فیلم ثابت برابر ۹۵/۱ درصد و درصد حذف COD، NH4-N و کدورت در راکتور MBR برابر ۸۰، ۹۳ و ۸۳ بود[۱۲، ۱۳]. مزایای راکتور فیلم- ثابت شامل بهره برداری و نگهداری ساه، حذف کارآمد COD و باکتریها و مصرف انرژی کم می باشد[۱۲].

چون اطلاعات دقیقی در مورد BOD و COD فاضلابهای بیمارستانی و حجم فاضلاب تولیدی در این مراکز وجود ندارد و این سه پارامتر نقش مهمی در طراحی تصفیه خانه های فاضلاب بیمارستانی دارند، در نتیجه تعین مقدار این پارامتر و سایر پارامترهای تاثیرگذار بر محیط زیست اهمیت زیادی دارد.

هدف از این پژوهش، بررسی عملکرد تصفیه خانه های فاضلاب در بیمارستان ها به منظور تعیین بار آلودگی ورودی از آن ها به محیط زیست می باشد. در این راستا بررسی کمی و کیفی تصفیه خانه های مورد بررسی نیز ارزیابی می گردد.

## ۱-۲- اهداف پژوهش

### ۱-۲-۱- هدف کلی طرح (General Objectives)

تعیین عملکرد تصفیه خانه های فاضلاب بیمارستانهای تحت پوشش دانشگاه علوم پزشکی ایران

### ۱-۲-۲- اهداف ویژه (Specific Objectives)

- تعیین میزان پارامترهای BOD, COD , TDS, TSS, TS, NVS, VS، کلیفرم گرماپای (EC) و تخم انگل در ورودی و خروجی تصفیه خانه های فاضلاب بیمارستانی
- تعیین میزان پارامترهای SVI, NVS SOUR, COD, VS و تخم انگل در لجن خروجی از تصفیه خانه های فاضلاب بیمارستانی
- تعیین فرآیندهای مناسب به منظور تصفیه فاضلابهای بیمارستانی
- تعیین عیوب تصفیه خانه های دارای بازدهی پایین و ارائه راهکار
- بررسی راندمان تصفیه خانه های فاضلاب بیمارستانی در حذف BOD, COD, TDS, TSS, TS و کلیفرم گرماپای

## ۱-۳- فرضیات یا سؤالات پژوهش (Hypotheses/ Research Questions)

### ۱-۳-۱- سؤالات

- میزان پارامترهای BOD, COD , TDS, TSS, TS, NVS, VS، کلیفرم گرماپای (EC) و تخم انگل در ورودی و خروجی تصفیه خانه های فاضلاب بیمارستانی در چه محدوده ای است؟
- میزان پارامترهای SVI, NVS SOUR, COD, VS و تخم انگل در لجن خروجی از تصفیه خانه های فاضلاب بیمارستانی در چه محدوده ای است؟
- فرآیندهای مناسب جهت تصفیه فاضلابهای بیمارستانی کدام است؟
- کدام یک از تصفیه خانه های فاضلاب بیمارستانی دارای بازدهی پایین بوده و راهکار مناسب جهت حذف آن چیست؟
- راندمان تصفیه خانه های فاضلاب بیمارستانی در حذف BOD, COD, TDS, TSS, TS و کلیفرم گرماپای در چه محدوده ای است؟

## ۱-۴- تعریف واژه ها

**فاضلاب بیمارستان (Hospital Wastewater):** فاضلاب بیمارستانی به فاضلاب ناشی از بیمارستانها گفته می شود که می تواند از اجزای بیولوژیکی، شیمیایی و حتی رادیواکتیو تشکیل شده باشد. ضایعات بیولوژیکی(پاتولوژیکی) شامل خون، چرک زخم و ترشحات عفونی سینه (به وسیله باکتریها و ویروسها) است. ضایعات شیمیایی شامل باقی مانده آنتی بیوتیکها و سایر داروهای مورد استفاده در درمان بیماران می باشد. ضایعات رادیواکتیو در بیمارستانها در اثر به کارگیری مواد رادیواکتیو در بخشهای درمانی و تشخیصی تولید می شود که عمده ترین مواد رادیواکتیو مورد استفاده فسفر-۳۲ و ید-۱۳۱ هستند. دو بخش مهم از بیمارستان که نقش مهمی را در تولید فاضلاب دارند رختشویخانه‌ها و آشپزخانه‌ها می‌باشند که روزانه حجم بسیار زیادی از آب را مصرف می‌کنند. رخشویخانه‌ها ممکن است علاوه بر مصرف دترجنت ها از مواد گندزدا و عوامل دیگر مانند اسید یا قلیا استفاده کنند که به راحتی به فاضلاب راه می‌یابند[۱۴].

**اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی(BOD):** آزمایش BOD اکسیژنی را که به وسیله باکتریها طی اکسیداسیون مواد آلی موجود در یک نمونه فاضلاب استفاده می شود، اندازه گیری می کند. این تست بر مبنای این فرض است که همه مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیکی موجود در فاضلاب با استفاده از اکسیژن ملکولی به عنوان پذیرنده الکترون به $CO_2$ و آب اکسید خواهد شد[۱۵].

**اکسیژن مورد نیاز شیمیایی(COD):** اکسیژن مورد نیاز شیمیایی یک اندازه گیری کمی از مقدار اکسیژن مورد نیاز برای اکسیداسیون شیمیایی مواد آلی کربنه در فاضلاب با استفاده از نمک های غیرآلی دی کرومات و پرمنگنات به عنوان اکسیدکننده در مدت ۲ ساعت است[۱۶].

**کل جامدات (TS):** به مجموع اجزای جامد محلول و معلق در آب یا فاضلاب گویند[۱۶].

**کل جامدات معلق (TSS):** مقدار جامدات نامحلول شناور و معلق در فاضلاب را گویند. این پارامتر به باقی مانده کل غیر قابل فیلتراسیون (TotalN onfilterable Residue) هم شهرت دارد[۱۶].

**کل جامدات محلول (TDS):** مجموع کل جامدات محلول فرار و غیرفرار را گویند[۱۶].

**جامدات فرار (VS):** موادی، معمولا آلی، که می توانند از نمونه به وسیله گرما، معمولا ۵۵۰ درجه سانتی گراد، فرار کنند و جامدات غیرآلی غیرفرار (خاکستر) باقی می ماند[۱۶].

**جامدات غیرفرار (NVS):** آنچه که (خاکستر) بعد از سوزاندن TS در دمای ۵۰±۵۰۰ درجه سانتی گراد باقی می ماند، را گویند[۱۷].

**شاخص جمی لجن (SVI):** نسبت حجم (برحسب میلی لیتر) لجن ته نشین شده از یک نمونه یک لیتری در ۳۰ دقیقه به غلظت مایع مخلوط (برحسب میلیگرم در لیتر) ضرب در ۱۰۰۰ را گویند[۱۶].

**اکسیژن محلول (DO):** مقدار اکسیژنی که در یک مایع حل می شود و معمولا به صورت میلیگرم در لیتر یا درصد اشباع بیان می شود[۱۶].

**غلظت یون هیدروژن (pH):** عکس لگاریتم غلظت یون هیدروژن برحسب گرم مول در لیتر. در مقیاس pH برابر با ۱۴-۰، مقدار ۷ در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد شرایط خنثی را نشان می دهد. کاهش آن نشان دهنده افزایش غلظت یون هیدروژن (اسیدیته) و افزایش آن نشان دهنده کاهش غلظت یون هیدروژن (قلیائیت) است[۱۸].

**میزان جذب ویژه اکسیژن (SOUR):** شاخصی است برای تعیین پتانسیل تولید بو در لجن که از طریق هوادهی نمونه لجن و اندازه گیری میزان کاهش اکسیژن تعیین می گردد[۱۸]. این شاخص میران فعالیت میکروبی را نشان می دهد. به منظور محاسبه آن از فرمول زیر استفاده می شود:

میزان جذب ویژه اکسیژن ($mgO_2/g.VSS.h$) = (میزان مصرف اکسیژن) (mg/L.min) / جامدات معلق فرار (g/L)) * ۶۰Min/h

**جامدات معلق مایع مخلوط (MLSS):** غلظت جامدات معلق در مایع مخلوط لجن فعال که به صورت میلیگرم در لیتر بیان می شود. معمولا این پارامتر در رابطه با واحدهای هوادهی لجن فعال به کار می رود[۱۶].

**جامدات معلق فرار مایع مخلوط (MLVSS):** کسری از جامدات معلق در مایع مخلوط لجن فعال که می تواند از طریق احتراق در ۵۵۰ درجه سانتی گراد فرار کند، این پارامتر غلظت میکروارگانیسم های دردسترس برای اکسیداسیون بیولوژیکی را نشان می دهد[۱۶].

**نسبت غذا به میکروارگانیسم (F/M):** نسبت BOD یا COD ورودی به غلظت جامدات معلق فرار در تانک هوادهی یک سیستم تصفیه فاضلاب را گویند[۱۶].

**لجن برگشتی:** لجن فعال ته نشین شده که به منظور اختلاط با فاضلاب ورودی یا فاضلاب ته نشینی اولیه شده برگشت داده می شود. معمولا لجن فعال برگشتی نام دارد[۱۶].