



Performance evaluation of Iran University of medical sciences' hospital wastewater treatment plants

A.A. Kang Zeiton¹, M. Gholami², M. Farzadkia³, Z. Javadi⁴, I. Moabedi⁵

Received: 2009/8/3

Revised: 2009/11/10

Accepted: 2009/12/30

Abstract

Background and aims: Despite increasing concerns about hospital waste management, scant attention has been paid to hospitals and medical research laboratories. These effluents contain pathogenic microorganisms, incomplete metabolized Pharmaceutical, radioactive elements and other toxic chemicals. The purpose of present work is evaluation of hospitals wastewater treatment plants performance of Iran University of medical science, analysis and comparison of the pollutants' removal and sludge quality with the national standards (Iran EPA).

Methods: in this study that was conducted over a period of 6 months, 4 hospitals were selected out of hospitals of Iran University of medical science. Once in each month were sampled and Totally 72 Samples were obtained (including 6 samples from treatment plant input, treatment plant effluent and 6 samples from return activated sludge), respectively.

Results: The results showed that Shahid Hasheminejad hospital using integrated fixed activated sludge had the highest efficiency in removal of COD, BOD₅ and TSS and Sludge quality meet the B class of EPA standard.

Conclusion: Shahid Hasheminejad hospital wastewater treatment plant had the best performance, because of its treatment system and capability of treating variable organic and hydraulic loading and simple operation and maintenance.

Keywords: Integrated fixed film activated sludge, hospital, wasted sludge, wastewater treatment plant

-
1. MA Student, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences. Tehran, Iran.
 2. (**Corresponding author**) Associate Professor, Public Health Engineering Dept. School of Public Health, Iran University of Medical Sciences. Tehran, Iran. gholamim@iums.ac.ir
 3. Associate Professor of Environmental Health Engineering and member of Occupational Health Research Center. School of Public Health, Iran University of Medical Sciences. Tehran, Iran.
 4. Faculty Member of Public Health Engineering Dept. School of Public Health, Iran University of Medical Sciences. Tehran, Iran.
 5. Professor, Parasitology Dept. Public Health Engineering Dept. School of Public Health, Iran University of Medical Sciences. Tehran, Iran.

ارزیابی عملکرد تصفیه خانه فاضلاب بیمارستانهای دانشگاه علوم پزشکی ایران

علی اکبر دهقان کنگ زیتون^۱، میترا غلامی^۲، مهدی فرزادکیا^۳، زهره جوادی^۴، ایرج موبدي^۵

تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۱/۱۹

تاریخ ویرایش: ۸۸/۸/۱۹

تاریخ دریافت: ۸۸/۵/۱۲

چکیده

زمینه و هدف: با وجود افزایش نگرانی هادریاره مدیریت مواد زاید بیمارستانی، توجه کافی به فاضلاب تولیدی از بیمارستان ها و آزمایشگاه های تحقیقاتی نشده است. این پساب ها مملو از میکروارگانیسم های بیماری زا، مواد دارویی ناقص متابولیزه شده، عناصر رادیواکتیو و سایر مواد شیمیایی سمی هستند. هدف از این مطالعه بررسی عملکرد تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های دانشگاه علوم پزشکی ایران، آنانالیز رفتار آنها در حذف آلاینده ها و مقایسه کیفیت پساب خروجی و لجن تولیدی در این تصفیه خانه ها با استانداردهای ملی سازمان حفاظت محیط زیست می باشد.

روش بررسی: در این مطالعه که در یک دوره ۶ ماهه انجام شد^۶ بیمارستان از بین بیمارستانهای تحت پوشش دانشگاه علوم پزشکی ایران انتخاب شدند. در هر ماه یک بار نمونه برداری انجام و جماعت ۷۲ نمونه (شامل ۶ نمونه از ورودی تصفیه خانه، ۶ نمونه از خروجی تصفیه خانه و ۶ نمونه از لجن فعال برگشتی) بدست آمد.

یافته ها: نتایج نشان داد که بیمارستان شهیده‌اشمی نژاد با سیستم تصفیه لجن فعال تلفیقی فیلم ثابت بیشترین کارایی را در حذف COD، TSS و BOD₅ داشته و لجن های دفعی تصفیه خانه های مورد مطالعه در کلاس B مقررات EPA قرار می گیرند.

بحث و نتیجه گیری: تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهیده‌اشمی نژاد به دلیل نوع سیستم تصفیه و توانایی این سیستم در تصفیه بارگذاری های آلی و هیدرولیکی متغیر و بهره برداری و نگهداری ساده تر بهترین عملکرد را داشته است.

کلید واژه ها: لجن فعال تلفیقی فیلم ثابت، بیمارستان، لجن دفعی، تصفیه خانه فاضلاب.

مقدمه

نقره و جیوه هستند. فاضلاب های بیمارستانی از دودیگاه کمیت و کیفیت قابل بررسی هستند. از نظر میزان فاضلاب تولیدشده در بیمارستان در ایران تاکنون تحقیق جامعی صورت نپذیرفته و به جز چند فعالیت پژوهشی محدود، آمار قابل استفاده ای در دسترس نمی باشد. به ترتیب در سالهای ۱۳۷۶ و ۱۳۸۶ مطالعاتی بر روی ۱۶ بیمارستان دانشگاه علوم پزشکی

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، گندزداها،

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت دانشگاه بهداشت دانشگاه علوم پزشکی ایران
- ۲- (نویسنده مسئول) دانشیار گروه مهندسی بهداشت دانشگاه بهداشت دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران. gholamim@iums.ac.ir
- ۳- دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه بهداشت دانشگاه علوم پزشکی ایران و عضو مرکز تحقیقات بهداشت کار.
- ۴- عضو هیئت علمی گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه بهداشت دانشگاه علوم پزشکی ایران.
- ۵- استاد گروه انگل شناسی دانشگاه بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران.



HRT (h)	دبی ورودی (m ³ /d)	تخت فعال	سوانه فاضلاب (L/bed.d)	سرانه آب (L/bed.d)	سیستم تصفیه	نام بیمارستان
۱۲۵/۴	۱۶۷/۲	۲۶۰	۵۸۷/۷	۶۴۳	هوادهی گسترده	فیروزگر
۴۴/۷	۱۶۹/۲	۱۰۰	۱۶۹۲	۱۸۸۰	هوادهی گسترده	شهیدمطهری
۳۱/۶	۱۲۳/۷	۲۲۰	۵۶۲/۵	۶۲۵	هوادهی گسترده	هفتمن تبر
۲۵/۹	۱۲۴/۵	۲۲۸	۵۴۶/۳	۶۰۷	لجن فعال تلفیقی فیلم ثابت	شهیده‌اشمی نژاد

- ضریب تبدیل آب به فاضلاب ۰/۹ می باشد.

جدول ۱- مشخصات تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه

۱۰۰ سی می باشد و قابلیت دفع در آبهای سطحی ندارد[۵]. در همدان نیز تحقیقی روی کارایی سیستم تصفیه فاضلاب بیمارستان آتبه سازان انجام شد که در آن کارایی فرایند در حذف TSS، COD، BOD₅ و کل KLF بر مبنای ترتیب برابر با ۸۳/۷، ۸۶/۴، ۸۷/۶ و ۹۹/۹۷ بود[۶]. با توجه به ضرورت تصفیه فاضلابهای بیمارستانی و اطمینان از عملکرد صحیح تصفیه خانه ها، عملکرد تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های دانشگاه علوم پزشکی ایران بررسی و کیفیت پساب خروجی و لجن تولیدی در این تصفیه خانه ها با استانداردهای ملی سازمان حفاظت محیط زیست مقایسه گردید.

روش بررسی

نحوه انتخاب و مشخصات تصفیه خانه های فاضلاب از بین بیمارستان های دانشگاه، ۴ بیمارستان که دارای تصفیه خانه فاضلاب در حال بهره برداری بودند، انتخاب شدند. این تصفیه خانه ها دارای سیستم تصفیه لجن فعال هوادهی گسترده (۳ تصفیه خانه) و سیستم لجن فعال تلفیقی فیلم ثابت بودند. مشخصات هر بیمارستان و تصفیه خانه آن شامل دبی ورودی، سرانه آب و فاضلاب، تعداد تخت فعال و

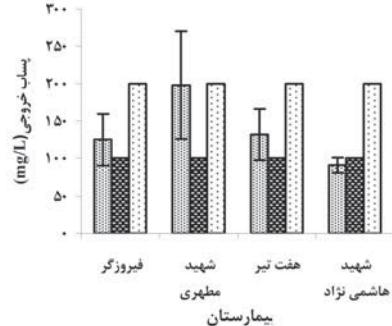
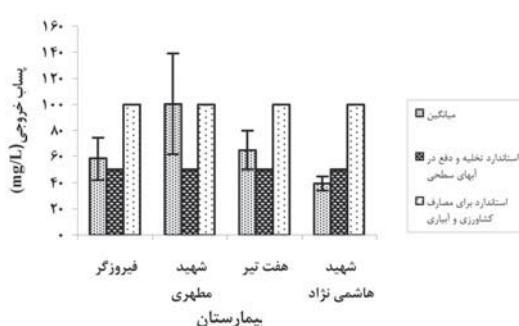
ایران و ۱۲ بیمارستان هرمزگان صورت گرفت که به ترتیب متوسط سرانه فاضلاب به ازای هر تخت حدود ۷۰۰ و ۳۶۲ لیتر ذکر گردید[۲،۱]. در خصوص کیفیت فاضلاب بیمارستانی در داخل کشور، تحقیقات اندکی به عمل آمده که صرفه اندازه گیری برخی پارامترها در برخی بیمارستان های کشور محدود می شود. مطالعاتی نیز روی کیفیت پساب در برخی بیمارستانهای امام حسین، مسیح دانشوری، مفید و مدرس دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی صورت گرفت که مقدار پارامترهای COD، BOD₅ و TSS در ۱۰۰ میلی لیتر به ترتیب ۱۰۰-۴۰۰ mg/l، ۲۵۰-۴۰۰ mg/l، ۵۵۰-۷۰۰ mg/l و ۲۰۰-۵۵۰ mg/l بود[۳]. در رابطه با بررسی عملکرد تصفیه خانه های فاضلاب بیمارستانی نیز مطالعات زیادی در کشور صورت گرفته است. در تحقیقی که توسط یوسفی و همکاران روی درجه موققیت طرح بهینه سازی یک سیستم تصفیه فاضلاب بیمارستانی صورت گرفت راندمان حذف COD و BOD₅ به ترتیب ۹۴ و ۸۹ درصد ذکر گردید [۴]. همچنین در بررسی کارایی سیستم تصفیه فاضلاب بیمارستان امام خمینی (ره) ارومیه مشخص گردید که میانگین غلظت COD، BOD₅ و TSS آن به ترتیب معادل ۳۷۴/۵، ۶۰۵/۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر بوده و تعداد کلیفرم های مدفوعی آن بیش تراز ۱۰۰ عدد در

مصارف کشاورزی و آبیاری	تخلیه به چاه جاذب	تخلیه به آبهای سطحی	آلاینده
۱۰۰	۳۰ (لحظه ای ۵۰)	۳۰ (لحظه ای ۵۰)	BOD ₅ (mg/l)
۲۰۰	۶۰ (لحظه ای ۱۰۰)	۶۰ (لحظه ای ۱۰۰)	COD(mg/l)
۱۰۰	-	۴۰ (لحظه ای ۶۰)	TSS(mg/l)
۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	کل کلیفرمها (تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر)
۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	کلیفرم مدفوعی (تعداد در ۱۰۰ میلی لیتر)

جدول ۲- استانداردهای سازمان حفاظت از محیط زیست ایران برای دفع فاضلاب و استفاده مجدد از پساب[۷]

pH	تحمیل انکل (egg/l)	MPN/ 100ml ¹	دما	TDS (mg/l)	TSS (mg/l)	NVS (mg/l)	VS/TS	VS (mg/l)	TS (mg/l)	COD/BOD ₅	BOD ₅ (mg/l)	COD (mg/l)	نام بیمارستان
۷/۳۵±۰/۲۸	ND	۲/۳۵±۰/۷	۲۱/۶±۳/۳	۵۲۵/۴±۴۶/۵	۲۲۲/۷±۴۹/۲۵	۲۰/۶/۳±۲۶/۵	۰/۷۵±۰/۱۴	۵۶/۱/۳±۴۸/۵	۱/۱۰±۰/۰۹	۲۰/۹±۰/۷	۳۷۶/۴±۱۰/۲۸	فیروزگر	
۷/۴۵±۰/۲۳	ND	۱/۵۳±۰/۷	۲۱/۶±۳/۱	۵۰۵/۴±۴۱/۷	۲۰۰/۴±۲۲/۷	۱۵/۰/۳±۱/۸	۰/۷۵±۰/۱۲	۴۳/۱±۰/۱۷	۱/۱۰/۰±۱۳/۵	۳۵/۶/۳±۰/۲۸	۵۱۹/۲±۱۷/۷	شید مطهری	
۷/۴۵±۰/۲۳	ND	۲/۱۳±۰/۷	۲۲±۲/۴۵	۵۶۴/۴±۴۸/۲	۲۱۶/۶/۳±۵۶/۹	۲۱۶/۰/۳±۲۳/۹	۰/۷۳±۰/۲۵	۵۶۴/۲±۱۱۲/۳	۱/۱۶/۰±۱۳/۹	۱/۱۶/۰±۰/۲۴	۴۴۶/۶±۱۳۷/۲	هفت تیر	
۷/۵۵±۰/۲۸	ND	۴/۵۵±۰/۷	۲۲/۷±۳	۱-۷۵±۲۸۱	۸۹/۲±۲۲/۴	۲۷۸/۰/۳±۷/۸	۰/۷۵±۰/۱۴	۱۱۶/۰/۳±۳۹/۵	۱/۱۰/۰±۰/۰۵	۲۴/۰/۳±۰/۰۶	۴۲۶/۴±۰/۰۵	هاشمی نژاد	

جدول ۳- کیفیت فاضلاب خام و روودی به تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان‌های مورد مطالعه



شکل ۲- نمودار مقایسه میانگین COD پساب خروجی با استاندارد حفاظت محیط زیست جهت تخلیه و دفع در آبهای سطحی و مصارف کشاورزی و آبیاری

شکل ۱- نمودار مقایسه میانگین COD پساب خروجی با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست جهت تخلیه و دفع در آبهای سطحی و مصارف کشاورزی و آبیاری

مقایسه گردید.

HRT در جدول ۱ آمده است. به منظور تعیین دبی ورودی به هر تصفیه خانه ابتدا منابع آب مصرفی در هر بیمارستان اعم از شهری و چاه مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید که تنها منبع آبی که وارد تصفیه خانه می‌شود، منبع آب شهری است. به همین دلیل از طریق قبوض آب متوسط دبی آب مصرفی در بیمارستان تعیین گردید. چون بخش اعظم آب مصرفی در بیمارستان‌ها جهت شست و شوشه کار می‌رود، ضریب تبدیل آب به فاضلاب حداکثر در نظر گرفته شد. جهت مقایسه نتایج با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست از نرم افزار آماری SPSS و تست آماری One-sample T-test استفاده گردید.

جهت بررسی قابلیت استفاده مجدد از پساب، نهایتاً نتایج بدست آمده با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست که در جدول ۲ آمده است،

نمونه برداری و آنالیز
در این طرح به دلیل بالا بودن تعداد پارامترها جهت ارزیابی عملکرد تصفیه خانه فاضلاب، حجم نمونه بر مبنای پارامتری که دارای بیشترین انحراف معیار بوده (COD) انتخاب گردید. بنابراین با در نظر گرفتن دقت ۹۵٪ و ضریب آلفای ۰/۰۵ تعداد نمونه مورد نیاز برای بررسی راندمان تصفیه خانه فاضلاب در هر بیمارستان برابر با عمی باشد. چون اکثر تصفیه خانه‌های فاضلاب بیمارستانی دارای سیستم تصفیه لجن فعل هواده‌ی گسترشده هستند و این سیستم دارای زمان هواده‌ی و بالایی می‌باشد، نمونه برداری به صورت لحظه‌ای انجام گرفت. مطالعه از نوع توصیفی - مقطعی بود و نمونه برداری در یک دوره ۶ ماهه در فصل تابستان و زمستان سال ۱۳۸۷ انجام شد. نمونه‌ها از ورودی،

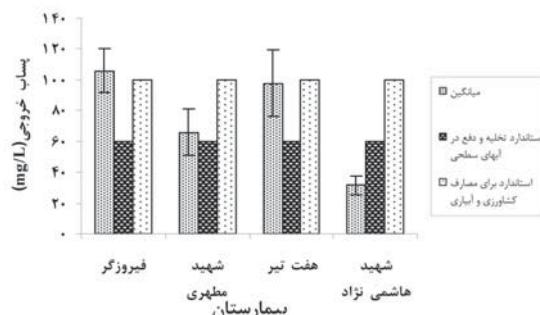
pH	تحمیل انکل (egg/l)	MPN/ 100ml ¹	دما	TDS (mg/l)	TSS (mg/l)	NVS (mg/l)	VS/TS	VS (mg/l)	TS (mg/l)	COD/BO _{D₅}	BOD ₅ (mg/l)	COD (mg/l)	نام بیمارستان
۷/۱±۰/۱۸	ND	۲/۳۱±۰/۷	۲۱/۰/۱±۰/۸	۴۰/۴±۰/۵۶/۲	۱۶/۶±۱۴/۶	۲۷۶/۰/۰±۰/۱۹	۰/۶۰±۰/۰۶	۳۰/۳۷۸/۰±۰/۳۱	۴۹/۶/۰±۰/۷۱/۵	۲/۱۲±۰/۱۶	۵۸/۴±۰/۱۵/۹	۱۲۴/۰±۰/۳۶/۵	فیروزگر
۷/۳۳±۰/۲۵	ND	۲/۳۱±۰/۷	۲۱/۰/۰±۰/۴۷	۳۱/۱/۰±۰/۴۲/۲	۶۵/۵/۰±۰/۱۵/۶	۲۰/۰/۰±۰/۲۵/۱	۰/۴۴±۰/۰۵	۱۶/۸/۰±۰/۳۹/۶	۳۷۷/۰/۰±۰/۷۹/۶	۱/۱۹±۰/۰/۱	۱۰۰/۴±۰/۲۸/۶	۱۹۸/۰±۰/۲۷/۱	شید مطهری
۷/۲۸±۰/۲۷	ND	۲/۱۳±۰/۷	۲۱/۰/۰±۰/۴	۲۸/۰/۰±۰/۴۸	۲۱/۰/۰±۰/۱۹/۶	۲۳/۰/۰±۰/۰۷/۶	۰/۳۷±۰/۰۳	۱۷/۰/۰±۰/۲۲/۲	۲۸/۰/۰±۰/۰۸/۸	۲/۰/۱±۰/۰/۲	۶۷/۴/۰±۰/۱۴/۷	۱۳۱/۰/۰±۰/۲۴/۱	هفت تیر
۷/۵۵±۰/۲۸	ND	۴/۵۵±۰/۷	۲۱/۰/۰±۰/۴	۳۹/۳/۰±۰/۱۱/۵	۳۱/۰/۰±۰/۰۸/۸	۳۱/۰/۰±۰/۰۹/۰/۸	۰/۳۲±۰/۰۲۲	۱۲/۸/۰±۰/۰۲۲	۴۲/۳/۰±۰/۱۲/۲	۲/۰/۰±۰/۰/۱۷	۳۹/۰/۰±۰/۰/۰۵	۹۱±۰/۰/۱	هاشمی نژاد

جدول ۴- کیفیت فاضلاب تصفیه شده و پساب خروجی از تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان‌های مورد مطالعه



SOUR (mgO ₂ /gr.VSS.h)	تخم انگل (egg/l)	MPN/ gr.TS	TDS (mg/l)	TSS (mg/l)	NVS (mg/l)	VS/TS	VS (mg/l)	TS (mg/l)	نام بیمارستان
۷۱/۳۵±۰/۱۶	ND	۷۰/۴۶±۰/۱۷۳-۰/۲۷/۲	۳۹۷۸/۲±۶۴۳/۵	۱۲۸۸/۱±۰/۱۴۹/۶	۴۸۷۴/۱±۲۱۸/۳	۰/۷۴±۰/۲۱	۱۳۰/۲۵/۰±۱۲۲/۱/۹	۱۸۶/۰±۱۱۷/۶	فیروزگر
۷۱/۳۵±۰/۲۷	ND	۷۷۵۰/۰±۱۷۱۴/۷/۲	۳۷۱۰/۱±۴۷۵/۷	۱۲۷۸/۰±۰/۱۰۷/۴	۴۷۹/۱±۰/۲۴۰	۰/۷۷±۰/۰۲	۱۷۷/۰/۰±۱۴۴/۷/۰	۱۷۵/۰±۰/۸۷/۱	شیدمطهری
۷۱/۳۵±۰/۲۲	ND	۷۴۷۵/۰±۱۶۷۷/۱/۶	۳۵۱۳/۰±۰/۱۰۷/۹	۱۵۴۳/۰±۰/۰۰۰/۴	۵۵/۰/۳±۰/۹۵/۸	۰/۷۳±۰/۰۲	۱۴۴۱/۰/۷±۱۶۴۲/۷	۱۹۹۵/۰±۰/۹۷/۱	هفت تیر
۷۱/۳۵±۰/۲۲	ND	۹۵۹/۰±۰/۱۳۷۵/۲/۷	۲۰/۸/۱±۰/۶۴۶/۶	۱۱۳۶/۰±۰/۶۷/۱/۱	۳۱۷/۰/۵۴۴۰/۰/۶	۰/۷۶±۰/۰۲	۱۳۰/۰/۰±۰/۹۹/۰/۳	۱۳۳۷/۰±۰/۰۴/۰	هاشمی نژاد

جدول ۵- کیفیت لجن تولیدی در تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه



شکل ۳- نمودار مقایسه میانگین TSS پساب خروجی با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست جهت تخلیه و دفع در آبهای سطحی و مصارف کشاورزی و آبیاری

خروجی و لجن انجام شده توسط بیمارستان های فاضلاب مورد مطالعه در جدول ۵ نشان دهنده کیفیت لجن تولیدی در هر یک از تصفیه خانه ها است. میانگین پارامترهای TSS، SOUR، VS/TS و MPN کلیفرم مذکور براساس کتاب روش های استاندارد آزمایشات آب و فاضلاب انجام گرفت [۸، ۹].

مدفعی و تخم انگل در پساب تصفیه خانه ها به ترتیب برابر $۷۸/۹\text{ mg/l}$, $۱۳۵/۲\text{ mg/l}$, $۶۵/۲\text{ mg/l}$, $۷۸/۹\text{ mg/l}$ در ۱۰۰ ml و غیرقابل شناسایی بود.

کیفیت لجن تولیدی در تصفیه خانه ها

جدول ۵ نشان دهنده کیفیت لجن تولیدی در هر یک از تصفیه خانه ها است. میانگین پارامترهای TSS، SOUR، VS/TS و MPN کلیفرم مذکور براساس کتاب روش های استاندارد آزمایشات آب و فاضلاب انجام گرفت [۸، ۹].

در اشکال ۱، ۲ و ۳ میانگین COD، BOD₅، TSS، BOD₅ و SOUR در هر یک از تصفیه خانه ها با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست جهت تخلیه و دفع در آبهای سطحی و مصارف آبیاری و کشاورزی مقایسه شده است.

جدول ۶ کارایی تصفیه فاضلاب بیمارستان های

یافته ها

خصوصیات فاضلاب خام

جدول ۳ خصوصیات فاضلاب ورودی به هر یک از تصفیه خانه هارانشان می دهد. میانگین پارامترهای MPN، TSS، BOD₅، COD و TDS ترتیب $۱/۶\times ۷/۰$ بوده و تخم انگل در فاضلاب ورودی به تصفیه خانه ها غیرقابل شناسایی بود. تصفیه خانه فاضلاب هر بیمارستان به ترتیب حدود $۱۶۹/۲$ ، $۱۶۷/۲$ ، $۱۲۳/۷$ و $۱۲۴/۵$ متر مکعب فاضلاب را در روز تصفیه می کند.

خصوصیات فاضلاب تصفیه شده (پساب)

در جدول ۴ خصوصیات فاضلاب تصفیه شده در هر یک از تصفیه خانه ها آورده شده است. میانگین پارامترهای MPN، TSS، BOD₅، COD و TDS ترتیب $۷/۰\times ۶/۰$ بوده و تخم انگل در فاضلاب ورودی به تصفیه خانه ها غیرقابل شناسایی بود.

TSS (%)	MPN (%)	BOD (%)	COD (%)	بیمارستان
۶۸/۸±۲/۱۵	۹۹/۷	۷۲±۱/۴۲	۶۶/۸±۱/۸	فیروزگر
۲۵/۱۶±۲/۹	۹۸/۴۶	۶۶/۴±۳/۹۲	۶۲/۰۱±۲/۶	شهیدمطهری
۵۴/۱۴±۴/۲	۹۹/۶۹	۷۲/۶±۴/۳۶	۶۸/۸±۴/۹۵	شهداي هفت تير
۶۳/۸±۵/۷	۹۹/۹۱	۸۲/۵±۱/۲	۷۸/۷۵±۰/۷۱	شهیده‌هاشمی نژاد

جدول ۶- متوسط کارایی هر یک از تصفیه خانه هادر حذف پارامترهای COD، BOD₅ و TSS

محدوده SOR برای زلال سازهای ثانویه در سیستم لجن فعال هوادهی گسترده در جریان متوسط $24 - 32 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ و در جریان پیک $8 - 12 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{d}$ ذکر شده است [1]. به دلیل تخریب فلاک در مقادیر بسیار بالای C، غلظت جامدات معلق در پساب فرایندهای هوادهی گسترده ممکن است از ۷۰ تجاوز نماید [14]. بالاترین و کمترین راندمان حذف COD و BOD_5 به ترتیب در بیمارستان‌های شهیده‌هاشمی نژاد و شهید مطهری مشاهده شد. کارایی حذف COD برای سیستم تصفیه لجن فعال هوادهی گسترده بین ۹۵-۷۵ درصد می‌باشد [14].

به دلیل ورود پساب این تصفیه خانه‌های منابع آب سطحی یا استفاده از آن‌ها برای مصارف کشاورزی و آبیاری، قابلیت دفع، تخلیه و استفاده مجدد از پساب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

مقایسه اعداد بدست آمده با استانداردهای سازمان حفاظت از محیط زیست که در جدول ۲ آمده و نمودارهای ۱، ۲ و ۳ نشان می‌دهد که تنها در بیمارستان شهیده‌هاشمی نژاد میانگین COD، BOD_5 و TSS با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست دارای اختلاف معنی دار می‌باشد و پساب قابلیت تخلیه برای مصارف کشاورزی و آبیاری را دارد ($\text{P}<0.0001$ ، COD: $\text{P}<0.0001$ و BOD_5 : $\text{P}<0.001$ TSS: $\text{P}<0.0001$). با توجه به جدول ۲ و مقایسه مقادیر سنجش شده برای MPN کلیفرم مذکوری با استانداردهای موجود در رابطه با مصارف کشاورزی و آبیاری اختلاف معناداری بین میانگین این پارامتر و استاندارد مشاهده می‌گردد و پساب هیچ یک از بیمارستان‌ها از نظر میکروبی قابل استفاده جهت مصارف کشاورزی و آبیاری نمی‌باشد.

در رابطه با قابلیت تخلیه و دفع پساب تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان‌های مورد مطالعه در آبهای سطحی، مقایسه موارد سنجش شده با استانداردهای سازمان مندرج در جدول ۲ در مورد کلیفرم MPN باشد ($2/6 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{d}$). کمترین کارایی حذف جامدات معلق مربوط به سیستم تصفیه فاضلاب بیمارستان شهید مطهری بوده و برابر ۲۵ درصد می‌باشد. علت کارایی پائین سیستم در حذف TSS می‌تواند به علت میزان بارگذاری هیدرولیکی نسبتاً زیاد روی حوضچه ته نشینی ثانویه باشد ($23 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{d}$).

مورد مطلعه را در حذف آلاینده‌های COD، BOD_5 ، TSS و MPN کلیفرم مذکوری نشان می‌دهد. همانطور که در جدول مشخص است تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهیده‌هاشمی نژاد در مجموع بالاترین کارایی را داشته است.

بحث و نتیجه‌گیری

همانطوری که در جدول ۳ آمده است، میانگین پارامترهای COD، BOD_5 و TSS تصفیه خانه‌ها به ترتیب برابر $1, 434/6 \text{ mg/l}$ و $1, 244/7 \text{ mg/l}$ می‌باشد. مشخصات فاضلاب خام ورودی به تصفیه خانه‌ها نشان داد که فاضلاب تولیدی از نظر شدت آلودگی در گروه فاضلاب‌های متوسط قرار دارد. متوسط سرانه فاضلاب تولیدی در بیمارستان‌های مورد بررسی حدود $847/12 \text{ L/bed.d}$ می‌باشد. سرانه تولید فاضلاب برای مراکز درمانی بین ۱۵۰۰-۶۶۰ و ۱۵۱۴-۶۶۲ لیتر به ازای هر تخت ذکر شده است [11]. نسبت BOD_5/COD فاضلاب تولیدی در بیمارستان‌ها برابر $5/56$ می‌باشد. همچنین pH فاضلاب ورودی بین $7/1 - 7/7$ می‌باشد. با توجه به نسبت BOD_5/COD که برابر $5/0$ یا بزرگتر است و pH فاضلاب، این نوع فاضلاب به عنوان فاضلاب قابل تصفیه به وسیله روش‌های بیولوژیکی محسوب می‌شود [12، 10]. درجه حرارت فاضلاب نیز تابعی از درجه حرارت هواست به طوری که در ماه‌های گرم سال میزان آن افزایش و در ماه‌های سرد سال کاهش می‌یابد [13].

جدول ۶ کارایی هر یک از تصفیه خانه‌های را در حذف COD، BOD_5 و TSS نشان می‌دهد. بالاترین حذف TSS در تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان فیروزگر مشاهده شد که علت آن میزان بارگذاری هیدرولیکی (SOR) بسیار پائین روی واحد ته نشینی ثانویه می‌باشد ($2/6 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{d}$). کمترین کارایی حذف جامدات معلق مربوط به سیستم تصفیه فاضلاب بیمارستان شهید مطهری بوده و برابر ۲۵ درصد می‌باشد. علت کارایی پائین سیستم در حذف TSS می‌تواند به علت میزان بارگذاری هیدرولیکی نسبتاً زیاد روی حوضچه ته نشینی ثانویه باشد ($23 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{d}$).



بعضی از محققین لجن های حاصل از تصفیه فاضلاب به روش لجن فعال هوادهی گستردہ رادر صورت عملکرد بھینه سیستم تثبیت شده می دانند، در صورتی که عده ای دیگر لجن این سیستم هارا خام دانسته و تثبیت آنها را قبل از دفع اجتناب ناپذیر می دانند[۱۴]. نتایج آزمایشات انجام شده بروی لجن دفعی این تصفیه خانه ها نشان داد که این لجن ها هیچ یک از معیارهای تثبیت نظیر نسبت VS/TS، SOUR و شاخص رنگ و بوی راندارند[۱۷]. مقایسه نتایج به دست آمده در این تحقیق با استانداردها ممید این موضوع می باشد. از جمله علل عدم تثبیت لجن در این تصفیه خانه ها، شرایط نامطلوب راهبری است که سبب اختلال در روند تصفیه فاضلاب و عدم تثبیت لجن می گردد.

در رابطه با ارزیابی قابلیت دفع و استفاده مجدد لجن های دفعی، در حال حاضر استاندارد و مقررات خاصی از طرف سازمان حفاظت محیط زیست کشور برای دفع و استفاده مجدد از لجن های دفعی از تصفیه خانه های فاضلاب کشور ارائه نشده است[۱۸]. به همین دلیل برای بررسی قابلیت دفع و استفاده مجدد از این لجن ها بایستی از استاندارد سایر کشورها مانند استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده (USEPA) استفاده کرد[۱۹، ۲۰، ۲۱].

این سازمان لجن های تولیدی در تصفیه خانه های فاضلاب را بر مبنای شاخص های میکروبی (MPN) کلیفرم مدفعی و گونه سالمونلا، ویروس های روده ای و تخم انگل زنده) به دو کلاس A و B تقسیم کرده و استفاده از این لجن ها را به محل های خاصی محدود می کند.

بر اساس این تقسیم بندی لجن های دارای کلاس A باید دارای تراکم کلیفرم مدفعی کمتر از ۱۰۰۰ MPN/g.TS، تراکم گونه سالمونلا کمتر از ۳ MPN/۴g.TS، تراکم ویروس های روده ای کمتر از ۱ PFU/۴g.TS و تراکم تخم انگل کمتر از ۱ OVA/۴g.TS باشند. لجن هایی که در این کلاس قرار می گیرند مجاز نبودن هیچ محدودیتی دفع یا در کیسه و ظروف دیگر برای کاربرد روى زمین استفاده شوند. لجن های کلاس B باید تراکم کلیفرم مدفعی کمتر از ۲×۱۰^۶ MPN/g.TS داشته باشند. استفاده از

شکل ۳ درمی یابیم که میانکین TSS در پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های فیروزگر، هفت تیر و شهیده هاشمی نژاد دارای اختلاف معناداری با استاندارد می باشد (بیمارستان فیروزگر $P<0.0001$ ، بیمارستان هفت تیر $P<0.0001$ و بیمارستان شهیده هاشمی نژاد $P<0.0001$). در مجموع هیچ کدام از بیمارستان ها نتوانستند استاندارد سازمان رادر مورد هر سه آنلینه COD، BOD و TSS برا آورده نمایند. مطالعه ای که روی پساب خروجی از تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان امام خمینی (ره) ارومیه انجام شده است نیز گویای عدم کیفیت مناسب این پساب جهت دفع به آب های سطحی می باشد. متوسط غلظت COD، BOD، TSS پساب تصفیه خانه فاضلاب این بیمارستان، به ترتیب معادل ۳۷۴، ۶۰/۵ و ۶۰/۵ میلی گرم در لیتر بوده و تعداد کلیفرم های مدفعی آن بیش تراز ۱۰۰۰ عدد در ۱۰۰ سی سی می باشد[۵]. از طرف دیگر نتایج تحقیقات انجام شده روی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهرداری کارگر یزد نشان دهنده راندمان حذف COD، BOD، TSS و MPN کلیفرم مدفعی به ترتیب $78/6\%$ ، $86/4\%$ ، $83/7\%$ و $99/15\%$ بوده است که با مقایسه آن با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران، استفاده مجدد پساب مورد نظر جهت فضای سیز از نظر کلیه پارامترها به جز MPN مناسب می باشد[۱۵].

در رابطه با وضعیت لجن های دفعی، نسبت VS/TS در لجن های خام و تثبیت شده به ترتیب $75/0$ و $6/0$ می باشد[۱۶]. میانگین نسبت VS/TS در لجن تصفیه خانه ها برابر $73/0$ می باشد که با استاندارد موجود دارای اختلاف معناداری می باشد($P<0.0001$). میزان مصرف ویژه اکسیژن (SOUR) در لجن های هضم شده باید کمتر یا مساوی $2\text{ mg o}_2/\text{g.vs.h}$ باشد[۱۶]. میانگین مصرف اکسیژن در لجن تصفیه خانه ها برابر $3/08\text{ mg o}_2/\text{g.vs.h}$ می باشد که اختلاف معناداری با استاندارد دارد($P<0.0001$). رنگ و بوی لجن های هضم شده به طور هوایی قهوه ای تاقهوهای تیره و بدون بوی آزاردهنده می باشد[۱۰]. رنگ و بوی لجن این تصفیه خانه ها عموماً قهوه ای تیره یا کاملاً تیره بوده و دارای بوی تعفن هستند که با شرایط لجن های هضم شده کاملاً تفاوت دارد.

TSS و BOD قابلیت دفع و استفاده در کشاورزی و آبیاری را دارا می باشد. بالاترین درصد حذف COD و BOD در تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهید هاشمی نژاد و بالاترین درصد حذف TSS در تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان فیروزگر مشاهده شد که علت آن به ترتیب طراحی صحیح و بهره برداری مناسب و بارگذاری سطحی پایین روی حوضچه ته نشینی ثانویه می باشد. با توجه به اینکه هیچ از تصفیه خانه ها نتوانستند استاندارد سازمان حفاظت از محیط زیست را در مورد آلودگی میکروبی برآورده نمایند لزوم استفاده از سیستم های گندزدایی کار آمدتر که دارای راهبری ساده تری می باشد، ضروری است. همچنین لجن این تصفیه خانه ها تثبیت نشده بوده که می توان برای تثبیت از فرایندهای ساده و ارزان مانند آهک زنی استفاده کرد.

با توجه به نتایج بدست آمده چنین به نظر می رسد دلایل زیر می تواند بوجود آوردن مشکلات موجود در تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه باشد:

- عدم وجود کارکنان متخصص و برنامه بهره برداری و نگهداری مطلوب از واحدهای تصفیه خانه
- راهبری نامناسب و اتحدهای تصفیه خانه ها مانند خاموش کردن هواده ها
- عدم تخلیه اصولی لجن های مازاد ته نشین شده در حوض ته نشینی ثانویه
- برگشت نامنظم و حساب نشده لجن ته نشین شده به حوض هواده هی

- عدم وجود تاسیسات تصفیه و دفع لجن های مازاد

- عدم انجام آزمایشات روتین جهت پایش کیفیت فاضلاب ورودی و پساب خروجی و متعاقباً انجام تغییرات در استراتژی راهبری تصفیه خانه

- باورنداشتن برخی از مدیران مراکز درمانی به مسائل زیست محیطی و در الوبت قرار ندادن موضوع رفع آلودگی در برنامه ریزی های صورت گرفته که تامین اعتبارات لازم برای تسريع در روند احداث شبکه و تصفیه خانه فاضلاب شهری در مناطق تهران به عنوان دریافت کننده نهایی فاضلابهای بیمارستانی، تخصیص ردیف خاص اعتباری برای اجرای سیستم های تصفیه فاضلاب بیمارستانهای دولتی،

این لجن هاروی محصولات غذایی، علوفه ای و فیبری، چمن ها، پارک ها و حتی جهت چرای حیوانات محدودیت دارد. این لجن ها تنها برای احیای اراضی نامرغوب و یا کاربرد در جنگل ها مناسب هستند.

نتایج بدست آمده از آزمایشات کلیفرم مدفعی روی لجن تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه نشان داد که میانگین محتمل ترین تعداد کلیفرم مدفعی در هر گرم جامدات خشک لجن 7.78×10^5 می باشد که اختلاف معناداری با مقررات کلاس A دارد ($P < 0.0001$). مقایسه میانگین با مقررات کلاس B لجن نیز اختلاف معناداری را نشان داد ولجن این تصفیه خانه ها توانست استاندارد کلاس B را برآورده نماید ($P < 0.0001$). بنابراین این لجن تنها می تواند برای احیای اراضی نامرغوب و جنگل ها استفاده شود.

در این رابطه مطالعاتی روی تصفیه خانه های فاضلاب اصفهان و شاهین شهر و همچنین تصفیه خانه فاضلاب سرکان انجام شده است که نتایج مطالعه اول نشان دهنده هماهنگی استانداردهای موجود با میانگین مقادیر pH، رطوبت، جامدات کل، مواد آلی، مواد معدنی، ازت، فسفر، پتاسیم و افلز سنگین در هر سه تصفیه خانه، و میانگین مقادیر کلیفرم مدفعی و تخم انگل ها، و بالا بودن میانگین مقادیر سدیم، کربن آلی و C/N در هر دو تصفیه خانه و کلیفرم مدفعی و تخم انگل در تصفیه خانه شمال اصفهان از حد اکثر مقادیر معمول و مجاز بوده است. لذا کاربرد آن ها برای مصارف مختلف مناسب نمی باشد و نیاز به تجدید نظر در فرایندهای تصفیه لجن و سیستم بهره برداری از این تصفیه خانه را دارد [۲۲].

در رابطه با لجن تصفیه خانه فاضلاب سرکان تحقیقات نشان دهنده عدم تطابق نتایج بدست آمده با استانداردهای زیست محیطی استفاده مجدد از لجن در کلاس A و B می باشد [۱۶].

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که از بین تصفیه خانه های فاضلاب مورد مطالعه تنها تصفیه خانه دارای عملکرد مناسب تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهید هاشمی نژاد بود. پساب این تصفیه خانه از نظر پارامترهای COD،



8. APHA, AWWA, WEF. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 19th Eds., Washington DC., USA. 1998.
9. WHO. Analysis of Wastewater for use in Agriculture-A laboratory Manual of Parasitological and Bacteriological techniques, Finland: WHO; 1996.
10. Tchobanoglous G. Burton F. Stensel D. Wastewater Engineering; treatment, disposal, reuse, 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 2003.
11. Nemerow NL. Agardy FJ. Sullivan P. Salvato JA. Environmental Engineering, sixth edition. New Jersey: Jon Wiley & Sons, Inc; 2009.
12. Crites R. Tchobanoglous G. Small and Decentralized Wastewater Management Systems. New York: McGraw Hill; 1998.
13. Mizanzade MB, Babamir SH. Barrasi karaeye tasfiye khane fazeab shahrake ekbatan Tehran dar salhaye 2000-2001. Kashan university of medical sciences journal. 2003, 25: p. 40-47[Persian].
14. Benefield LD. Randal CW. Biological Process Design for Wastewater treatment. Englewood Cliffs: Prentice-Hill; 1980.
15. Purdara H, Zini M, Fallah J. Estefadeye mojadad az pasab tasfiye shode bimarestani baraye abyari fazaye sabz. Ab va fazelab journal. 2004, 49: p. 43-49[Persian].
16. Farzadkia M, Taherkhani H. Barrasi keyfiat lajan tasfiye khane fazelab shahre serkan va moghayese ba estandardhaye zist mohiti jahate estefade mojadad dar sale 2001. Mazandaran University of medical sciences journal. 2005, 47: p. 19-25[Persian].
17. Farzadkia M, Nuriye N. Barrasi karaeye hazem bihavazi dar tasbite lajan tasfiye khane fazelab shahre serkan. Hamedan University of medical sciences journal. 2003, 4: p. 31-37[Persian].
18. Farzadkia M. Meyarhaye behdashti estefade mojadad az lajan fazelab shahri dar zamin. Ab va mohit zist journal. 1999, 34: p. 33-38[Persian].
19. U.S. Environmental Protection Agency. Process Design Manual-Land Application of Sewage Sludge and Domestic Septage. EPA/625/R-95/001; 1995.
20. U.S. Environmental Protection Agency. 40 CFR Parts 257. Standards for the use and disposal of sewage sludge; final rules Federal Reg 1993; 58(32): 9248.
21. U.S. Environmental Protection Agency. Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge. EPA/625/R-92/013; 2033.
22. Bina B, movahedian AH, Amin AA. Barrasi keyfiat lajan khoshk shode tasfiye khanehaye fazelab Esfahan va karborde an baraye masarefe mokhtalef. Ab va fazelab journal. 2004, 49: p. 34-42[Persian].

لحوظ امتیاز بیشتر در ارزشیابی بیمارستان ها جهت اقدامات زیست محیطی، در نظر گرفتن ابزارهای تشویقی مناسب برای بیمارستان های رافع آلدگی، استفاده از فرایندهای ساده و ارزان تثبیت لجن مانند آهک زنی، تغییر در استراتژی بهره برداری از واحدهای مختلف تصفیه خانه و نهایتاً "استفاده از کارکنان و پرسنل آموزش دیده و متخصص در امر بهره برداری و راهبری تصفیه خانه می تواند سبب کاهش مشکلات این تصفیه خانه ها گردد.

تقدیر و تشکر

در انتها از زحمات دکتر معمار و دکتر رزمجو اعضاي هیئت علمی گروه انگل شناسی دانشگاه علوم پزشکی ایران که در انجام تست های انگل شناسی زحمات زیادی کشیدند صمیمانه تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

1. Javadi Z. Barrasi nahveye tasfie va dafe fazelabhaye bimarestanhaye vabaste be daneshgahe olum pezeshkiye Iran va taen mizan sarane fazelab. Porje tahghighati. 1997[Persian].
2. Sarafraz SH. Khani MR. Yaghmaein K. quality and quantity of hospital wastewaters in Hormozgan province. Iranian journal of environmental health science and engineering; 2007, 1: p. 43-50.
3. Majlesi M. Barrasi vaziate dafe fazelab va keyfiyate pasabe khoruji dar bimarestanhaye daneshgahe olum pezeshkiye shahid beheshti. Tarhe pazhuheshi. Tehran. 1998[Persian].
4. Yusefi Z, Ghuchani M. Karaeye tasfiye khane fazelabe bimarestanhaye amuzeshi sari dar hazfe koliforme madfue. Behdashte mihit seminar.2005, 8[Persian].
5. Khorsandi H, Navid-juy N. barrasi mizan karaee tasfiye khane fazelab bimarestane emem khomeyni orumiye da sale 2003 va eraeye rahkarhaye monaseb bahrebardari. Orumiye university of medical sciences journal; 2005, 1: p. 1-6[Persian].
6. Binavapur M, Kulivand A, Sabzevari A and hamkar. Emkansaniye estefade mojadad az pasab tasfiye khane fazelab bimarestan hamedan baraye abyari fazaye sabz. Ab va fazelab journal; 2007, 18: p. 83-87[Persian].
7. Sazman hefazate mohit zist. Zavabet va estandardhaye zist mohiti dar zamineye mohite ziste ensani. 2003, p. 53-54[Persian].