



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 موبدی^۵

تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۱/۱۹

تاریخ ویرایش: ۸۸/۸/۱۹

تاریخ دریافت: ۸۸/۵/۱۲

چکیده

زمینه و هدف: با وجود افزایش نگرانی ها درباره 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، آنالیز 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 ۴ بیمارستان از بین بیمارستانهای تحت پوشش دانشگاه علوم پزشکی ایران انتخاب شدند. در هر ماه یک بار نمونه برداری انجام و جمعا 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 شهید هاشمی نژاد با سیستم تصفیه لجن فعال تلفیقی فیلم ثابت بیشترین کارایی را در حذف COD، BOD₅ و TSS 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 شهید هاشمی 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 دو دیدگاه کمیت و کیفیت قابل بررسی هستند. از نظر میزان فاضلاب تولید شده 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 بروی 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 محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی ایران
- ۲- نویسنده مسئول) دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران. gholamim@iums.ac.ir
- ۳- دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی ایران و عضو مرکز تحقیقات بهداشت کار.
- ۴- عضو هیئت علمی گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی ایران.
- ۵- استاد گروه انگل شناسی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران.

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

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

جدول ۱- مشخصات تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه

۱۰۰ سی سی می باشد و قابلیت دفع در آبهای سطحی ندارد [۵]. در همدان نیز تحقیقی روی کارایی سیستم تصفیه فاضلاب بیمارستان آتیه سازان انجام شد که در آن کارایی فرایند در حذف BOD، COD، TSS و کل کلیفرم به ترتیب برابر با ۸۶/۴، ۸۳/۷، 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

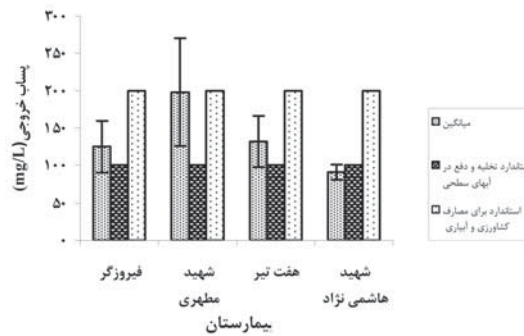
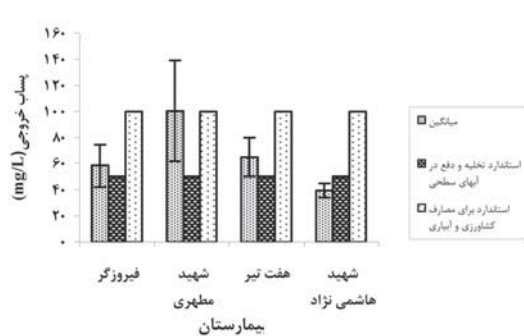
ایران و ۱۲ بیمارستان هرمزگان صورت گرفت که به ترتیب متوسط سرانه فاضلاب به ازای هر تخت حدود ۳۶۲ و ۷۰۰ لیتر ذکر گردید [۲، ۱]. در خصوص کیفیت فاضلاب بیمارستانی در داخل کشور، تحقیقات اندکی به عمل آمده که صرفا به اندازه گیری برخی پارامترها در برخی بیمارستان های کشور محدود می شود. مطالعاتی نیز روی کیفیت پساب در برخی بیمارستانهای امام حسین، مسیح دانشوری، مفید و مدرس دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی صورت گرفت که مقادیر پارامترهای BOD₅، COD، TSS و MPN در ۱۰۰ میلی لیتر به ترتیب ۴۰۰-۲۵۰، ۷۰۰-۵۵۰ mg/l و ۲۰۰-۲۴۰۰ 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 موفقیت طرح بهینه سازی یک سیستم تصفیه فاضلاب بیمارستانی صورت گرفت راندمان حذف BOD₅ و COD به ترتیب ۸۹ و ۹۴ درصد ذکر گردید [۴]. همچنین در بررسی کارایی سیستم تصفیه فاضلاب بیمارستان امام خمینی (ره) ارومیه مشخص گردید که میانگین غلظت COD، BOD₅، TSS آن به ترتیب معادل ۳۷۴، ۶۰/۵ و ۵۰ میلی گرم در لیتر بوده و تعداد کلیفرم های مدفوعی آن بیش تر از ۱۰۰۰ عدد در

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

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

نام بیمارستان	COD (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	COD/BOD ₅	TS (mg/l)	VS (mg/l)	VS/TS	NVS (mg/l)	TSS (mg/l)	TDS (mg/l)	دما	MPN/100ml ¹	تخم انگل (egg/l)	pH
فیروزگر	۳۶۶/۳۱۰/۲۱۸	۲۰۹±۵۷/۴	۱/۸±۰/۰۹	۸۶۹/۵±۱۰۷/۷	۶۶۰/۱±۵۵/۶	۰/۷۵±۰/۰۱۴	۲۰۹/۴±۲۶/۶	۳۳۲/۷±۶۴/۳۵	۵۲۵/۸±۴۶/۵	۲۱/۸±۳/۲	۲/۳×۱۰ ^۷	ND	۷/۴±۰/۳۸
شهید مطهری	۵۱۹±۱۷۳/۳	۲۹۶/۸±۹۷	۱/۷۴±۰/۰۲۸	۶۴۳/۸±۱۲۹/۶	۴۹۱±۱۰۰/۷۸	۰/۷۶±۰/۰۰۲	۱۵۲/۸±۳۱/۸	۸۸/۲±۲۲/۷	۵۵۵/۶±۱۰۰/۷	۲۲/۸±۲/۱	۱/۵×۱۰ ^۷	ND	۷/۴±۰/۳
هفت تیر	۳۴۶/۶±۱۹۳/۲	۲۲۶/۲±۷۷/۴	۱/۷۶±۰/۰۰۲	۸۵۹/۱±۱۳۷/۹	۶۴۲/۲±۱۱۲/۳	۰/۷۴±۰/۰۰۲۵	۲۱۶/۸±۳۲/۹	۲۱۶/۶±۵۶/۹۷	۶۴۲/۵±۸۳/۳	۲۲±۲/۴۵	۲/۱×۱۰ ^۷	ND	۷/۴±۰/۳
هاشمی نژاد	۳۳۶/۴±۵۵/۵	۲۳۰/۶±۳۰/۶	۱/۸±۰/۰۰۵	۱۱۶۵/۶±۳۰۳/۸	۸۵۶/۶±۳۹۹/۵	۰/۷۶±۰/۰۰۲	۲۶۸±۶۲/۹	۸۹/۲±۲۲/۴	۱۰۷۶±۳۸/۱	۲۲/۳±۳	۲/۶×۱۰ ^۷	ND	۷/۵±۰/۳۸

جدول ۳- کیفیت فاضلاب خام ورودی به تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه



شکل ۲- نمودار مقایسه میانگین BOD₅ پساب خروجی با استاندارد سازمان 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.

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 بادر نظر گرفتن دقت ۰/۹۵ و ضریب آلفای ۰/۰۵ تعداد نمونه مورد نیاز برای بررسی راندمان تصفیه خانه فاضلاب در هر بیمارستان برابر با ۶ می باشد. چون اکثر تصفیه خانه های فاضلاب بیمارستانی دارای سیستم تصفیه لجن فعال هوادهی گسترده هستند و این سیستم دارای زمان هوادهی و HRT بالایی می باشد، نمونه برداری به صورت لحظه ای 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. نمونه ها از ورودی،

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 می شود، 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 بیمارستان ها جهت شست و شو به کار می رود، 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.

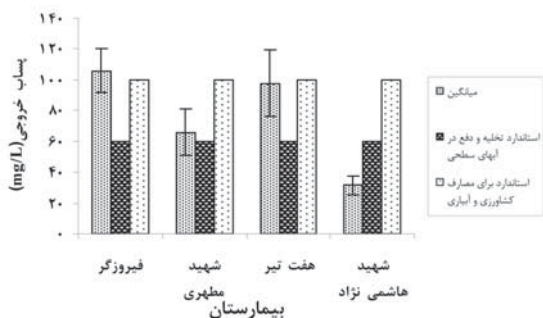
جهت بررسی قابلیت استفاده مجدد از پساب، نهایتاً نتایج بدست آمده با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست که در جدول ۲ آمده است،

نام بیمارستان	COD (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	COD/BO D ₅	TS (mg/l)	VS (mg/l)	VS/TS	NVS (mg/l)	TSS (mg/l)	TDS (mg/l)	دما	MPN/100ml ¹	تخم انگل (egg/l)	pH
فیروزگر	۱۳۳/۸±۳۳/۶	۵۸/۴±۱۵/۹	۲/۱۴±۰/۰۱۶	۴۹۶/۴±۷۱/۶	۳۰۲/۷±۵۶/۳/۱	۰/۶۰±۰/۰۰۶	۳۳۶/۹±۳۱/۹	۱۰۶±۱۲/۶	۴۰۲/۷±۶۶/۲	۲۰/۱±۵/۸	۷×۱۰ ^۷	ND	۷/۱±۰/۱۸
شهید مطهری	۱۹۸±۷۲/۱	۱۰۰/۴±۳۸/۶	۱/۷۵±۰/۰۰۱	۳۷۷±۵۷/۹	۱۶۸/۸±۳۹/۹	۰/۴۴±۰/۰۰۵	۲۰۸/۲±۲۵/۱	۶۵/۶±۱۵/۲	۳۱۱/۴±۲۲/۸	۲۱/۸±۲/۲۷	۲/۳×۱۰ ^۷	ND	۷/۳۳±۰/۲۶
هفت تیر	۱۲۱/۶±۳۳/۱	۶۴/۹±۱۴/۷	۲/۰۱±۰/۰۱۲	۳۸۳/۳±۶۹/۸	۱۷۷/۴±۲۲/۳	۰/۴۶±۰/۰۰۳	۳۳۵/۷±۴۹/۷	۹۷/۸±۲۱/۹	۳۸۵/۵±۴۸	۲۰±۵/۴	۶/۴×۱۰ ^۷	ND	۷/۲۸±۰/۳۲
هاشمی نژاد	۹۱±۶/۶۱	۳۹/۷±۵/۵	۲/۳±۰/۰۱۷	۴۲۲/۶±۱۲۲	۱۸۸/۷±۴۰/۵	۰/۴۴±۰/۰۰۳	۲۰۴/۹±۹۰/۸	۳۱/۶±۵/۸	۳۹۲±۱۱/۵	۲۰/۷±۲/۴	۳×۱۰ ^۷	ND	۷/۳±۰/۳۸

جدول ۴- کیفیت فاضلاب تصفیه شده و پساب خروجی از تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های 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
۳۷-۲۵-۱۶	ND	۷۰۴۰۰±۱۷۳۰۵۷/۲	۳۹۷۸/۲±۶۳۳/۵	۱۲۸۸۱/۸±۱۲۸/۶	۳۸۳۳/۲±۳۱۸/۳	-۰/۷۳±-۰/۳۱	۱۲۰۲۵/۸±۱۳۳/۱۹	۱۸۸۶±۱۱۷۶	فیروزگر
۲۷±۰/۳	ND	۷۳۶۸۰±۱۷۹۳۳۷/۲	۳۷۱۴±۲۵۷/۶	۱۳۷۸۶±۱۵۵۳/۴	۳۹۹۱/۸±۶۴۰	-۰/۷۲±-۰/۳۶	۱۳۷۰۸/۲±۹۳۲/۵	۱۷۵۰±۸۳۲/۱	شهید مطهری
۳۷-۸۵-۱۲۲	ND	۷۳۷۵۰±۱۶۷۷۱۲/۶	۳۵۱۳/۳±۱۰۷۲/۹	۱۵۳۳۶/۶±۲۰۰۰/۴	۵۵۰۸/۳±۹۵۶/۸	/۰/۳±-۰/۳۵	۱۴۴۴/۷±۱۶۲۲/۷	۱۹۹۵±۱۶۹۳/۲	هفت تیر
۳۵-۲۲	ND	۹۵۹۰۰±۱۳۷۵۲۲/۷	۲۰۸۱/۲±۶۳۶/۶	۱۱۳۶/۲±۶۸۷/۱	۳۱۷۲/۵±۴۴۰/۱۶	-۰/۷۶±-۰/۳۶	۱۰۲۰۰/۵±۹۹۹/۲	۱۳۳۵±۱۰۰۲/۶	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

مدفوعی و تخم انگل در پساب تصفیه خانه ها به ترتیب برابر $۱۳۵/۲ \text{ mg/l}$ ، $۶۵/۲ \text{ mg/l}$ ، $۷۸/۹ \text{ mg/l}$ و $۹/۲ \times ۱۰^۴$ در ۱۰۰ ml و غیر قابل 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 TS، SOUR، VS/TS و MPN کلیفرم مدفوعی در لجن تصفیه خانه ها به ترتیب برابر $۱/۷۷\%$ ، $۰/۷۳$ ، $۳/۰۸ \text{ mgO}_2/\text{g.vs.h}$ و $۷/۷ \times ۵۱۰$ می باشد.

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

جدول ۶ کارایی تصفیه فاضلاب بیمارستان های

خروجی و لجن جمع آوری و جمعا ۷۲ نمونه بدست آمد. نمونه هادر دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری و به آزمایشگاه منتقل گردیدند. نمونه های ورودی و خروجی برای پارامترهای COD، BOD₅، TSS، TS، TDS، VS، NVS، MPN کلیفرم مدفوعی و تخم انگل و لجن جهت پارامترهای TS، TSS، TDS، VS، NVS، MPN کلیفرم مدفوعی و تخم انگل آنالیز شدند. پارامترهای pH و دما در محل نمونه برداری اندازه گیری گردیدند. روش آزمایش پارامترهای مذکور بر اساس کتاب روش های استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب انجام گرفت [۸، ۹].

یافته ها

خصوصیات فاضلاب خام

جدول ۳ خصوصیات فاضلاب ورودی به هر یک از تصفیه خانه ها را نشان می دهد. میانگین پارامترهای COD، BOD₅، TSS، MPN کلیفرم مدفوعی به ترتیب $۴۳۴/۶ \text{ mg/l}$ ، $۲۴۴/۷ \text{ mg/l}$ ، $۱۹۹/۷ \text{ mg/l}$ و $۱/۶ \times ۷۱^۴$ در ۱۰۰ ml بوده و تخم انگل در فاضلاب ورودی به تصفیه خانه ها غیر قابل شناسایی بود. تصفیه خانه فاضلاب هر بیمارستان به ترتیب حدود $۱۶۷/۲$ ، $۱۶۹/۲$ ، $۱۲۳/۷$ و $۱۲۴/۵$ مترمکعب 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 COD، BOD₅، TSS، MPN کلیفرم

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	شهید مطهری
۵۴/۱۴±۴/۲	۹۹/۶۹	۷۲/۶±۴/۳۶	۶۸/۸±۴/۹۵	شهید هفتم تیر
۶۳/۸±۵/۷	۹۹/۹۱	۸۳/۵±۱/۲	۷۸/۷۵±۰/۷۱	شهید هاشمی نژاد

جدول ۶- متوسط کارایی هر یک از تصفیه خانه ها در حذف پارامترهای BOD₅ و TSS

محدوده SOR برای زلال سازهای ثانویه در سیستم لجن فعال هوادهی گسترده در جریان متوسط $۲۴-۳۲ \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ و در جریان پیک $۱۲-۸ \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ذکر شده است [۱]. به دلیل تخریب فلاک در مقادیر بسیار بالای C، غلظت جامدات معلق در پساب فرایندهای هوادهی گسترده ممکن است از ۷۰ تجاوز نماید [۱۴]. بالاترین و کمترین راندمان حذف COD و BOD_5 به ترتیب در بیمارستان های شهید هاشمی نژاد و شهید مطهری مشاهده شد. کارایی حذف BOD_5 برای سیستم تصفیه لجن فعال هوادهی گسترده بین ۹۵-۷۵ درصد می باشد [۱۴].

به دلیل ورود پساب این تصفیه خانه ها به منابع آب سطحی یا استفاده از آن ها برای مصارف کشاورزی و آبیاری، قابلیت دفع، تخلیه و استفاده مجدد از پساب از اهمیت ویژه ای 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 می دهد که تنهادر بیمارستان شهید هاشمی نژاد 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 ($\text{COD}: P < 0/0001$ ، $\text{BOD}_5: P < 0/0001$ و $\text{TSS}: P < 0/0001$). با توجه به جدول ۲ و مقایسه مقادیر سنجش شده برای MPN کلیفرم مدفوعی با استاندارد های موجود در رابطه با مصارف کشاورزی و آبیاری اختلاف معناداری بین میانگین این پارامتر و استاندارد مشاهده می گردد و پساب هیچ یک از بیمارستان ها از نظر میکروبی قابل استفاده جهت مصارف کشاورزی و آبیاری نمی باشد.

در رابطه با قابلیت تخلیه و دفع پساب تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه در آبهای سطحی، مقایسه موارد سنجش شده با استانداردهای سازمان مندرج در جدول ۲ در مورد MPN کلیفرم مدفوعی نشان داد که هیچ یک از بیمارستان ها نتوانستند استاندارد سازمان برای تخلیه و دفع در آبهای سطحی را نیز برآورده نمایند و MPN کلیفرم مدفوعی با استاندارد اختلاف معناداری دارد. از مقایسه نتایج به دست آمده با استاندارد و نمودار

مورد مطالعه را در حذف آلاینده های COD، BOD_5 ، TSS و MPN کلیفرم مدفوعی نشان می دهد. همانطور که در جدول مشخص است تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهید هاشمی نژاد در مجموع بالاترین کارایی را داشته است.

بحث و نتیجه گیری

همانطوری که در جدول ۳ آمده است، میانگین پارامترهای COD، BOD_5 و TSS تصفیه خانه ها به ترتیب برابر $۱/۴۳۴ \text{ mg/l}$ ، $۱/۲۴۴ \text{ mg/l}$ و $۱/۱۹۹ \text{ mg/l}$ می باشد. مشخصات فاضلاب خام ورودی به تصفیه خانه ها نشان داد که فاضلاب تولیدی از نظر شدت آلودگی در گروه فاضلاب های متوسط قرار دارد. متوسط سرانه فاضلاب تولیدی در بیمارستان های مورد بررسی حدود $۱۲ \text{ L/bed} \cdot \text{d}$ / ۸۴۷ می باشد. سرانه تولید فاضلاب برای مراکز درمانی بین ۱۵۰۰-۶۶۰ و ۱۵۱۴-۶۶۲ لیتر به ازای هر تخت ذکر شده است [۱۱، ۱۰]. نسبت BOD_5/COD فاضلاب تولیدی در بیمارستان ها برابر $۰/۵۶$ می باشد. همچنین pH فاضلاب ورودی بین $۷/۱-۷/۷$ می باشد. با توجه به نسبت BOD_5/COD که برابر $۰/۵$ یا بزرگتر است و pH فاضلاب، این نوع فاضلاب به عنوان فاضلاب قابل تصفیه به وسیله روش های بیولوژیکی محسوب می شود [۱۲، ۱۰]. درجه حرارت فاضلاب نیز تابعی از درجه حرارت هواست به طوری که در ماه های گرم سال میزان آن افزایش و در ماه های سرد سال کاهش می یابد [۱۳].

جدول ۶ کارایی هر یک از تصفیه خانه ها را در حذف COD، BOD_5 و TSS نشان می دهد. 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 می باشد ($۲/۶ \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$). کمترین کارایی حذف جامدات معلق مربوط به سیستم تصفیه فاضلاب بیمارستان شهید مطهری بوده و برابر ۲۵ درصد می باشد. علت کارایی پائین سیستم در حذف TSS می تواند به علت میزان بارگذاری هیدرولیکی نسبتا زیاد روی حوضچه ته نشینی ثانویه باشد ($۲۳ \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$).

بعضی از محققین لجن های حاصل از تصفیه فاضلاب به روش لجن فعال هوادهی گسترده را در صورت عملکرد بهینه سیستم تثبیت شده می دانند، در صورتی که عده ای دیگر لجن این سیستم ها را خام دانسته و تثبیت آنها را قبل از دفع اجتناب ناپذیر می دانند [۱۴]. نتایج آزمایشات انجام شده بروی لجن دفعی این تصفیه خانه هانشان داد که این لجن ها هیچ یک از معیارهای تثبیت نظیر نسبت VS/TS، SOUR و شاخص رنگ و بوی را ندارند [۱۷]. مقایسه نتایج به دست آمده در این تحقیق با استانداردها مویید 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 مدفوعی 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 مدفوعی کمتر از 1000 MPN/g.TS ، تراکم گونه سالمونلا کمتر از 3 MPN/4g.TS ، تراکم ویروس های روده ای کمتر از 1 PFU/4g.TS و تراکم تخم انگل کمتر از 1 OVA/4g.TS باشند. لجن هایی که در این کلاس قرار می گیرند مجازند بدون هیچ محدودیتی دفع یا در کیسه و ظروف دیگر برای کاربرد روی زمین استفاده شوند. لجن های کلاس B باید تراکم کلیفرم مدفوعی کمتر از $2 \times 10^6 \text{ MPN/g.TS}$ داشته باشند. استفاده از

شکل ۳ درمی یابیم که میانگین TSS در پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های فیروزگر، هفت تیر و شهیدهاشمی نژاد دارای اختلاف معناداری با استاندارد می باشد (بیمارستان فیروزگر $P < 0/0001$ ، بیمارستان هفت تیر $P < 0/01$ و بیمارستان شهیدهاشمی نژاد $P < 0/0001$). در مجموع هیچ کدام از بیمارستان ها نتوانستند استاندارد سازمان را در مورد هر سه آلاینده COD، BOD₅ و TSS برآورده 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، BOD₅، TSS پساب تصفیه خانه فاضلاب این بیمارستان، به ترتیب معادل ۳۷۴، ۶۰/۵ و ۶۰ میلی گرم در لیتر بوده و تعداد کلیفرم های مدفوعی آن بیش تر از ۱۰۰۰ عدد در ۱۰۰ سی سی می باشد [۵]. از طرف دیگر نتایج تحقیقات انجام شده روی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان شهدای کارگر یزد نشان دهنده راندمان حذف COD، BOD₅، TSS و MPN کلیفرم مدفوعی به ترتیب ۸۳/۷٪، ۸۶/۴٪، ۷۸/۶٪ و ۹۹/۱۵٪ بوده است که با مقایسه آن با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران، استفاده مجدد پساب مورد نظر جهت فضای سبز 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 ۰/۷۵ و ۰/۶ می باشد [۱۶]. میانگین نسبت VS/TS در لجن تصفیه خانه ها برابر ۰/۷۳ 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 هوازی قهوه ای تا قهوه ای تیره و بدون بوی آزار دهنده 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.

ه BOD و TSS قابلیت دفع و استفاده در کشاورزی و آبیاری را دارا می باشد. بالاترین درصد حذف COD و ه 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 کارآمدتر 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 به دست آمده چنین به نظر می رسد دلایل زیر می تواند بوجود آورنده 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 واحدهای 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 هوادهی
- عدم وجود تاسیسات تصفیه و دفع لجن های مازاد
- عدم انجام آزمایشات روتین جهت پایش کیفیت فاضلاب ورودی و پساب خروجی و متعاقبا انجام تغییرات در استراتژی راهبری تصفیه خانه
- باورنداشتن برخی از مدیران مراکز درمانی به مسایل زیست محیطی و در الویت قرار ندادن موضوع رفع آلودگی در برنامه ریزی های صورت گرفته که تامین اعتبارات لازم برای تسریع 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 ها روی 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 مدفوعی روی لجن تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان های مورد مطالعه نشان داد که میانگین محتمل ترین تعداد کلیفرم مدفوعی در هر گرم جامدات خشک لجن $10^5 \times 7/78$ 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 و لجن این تصفیه خانه ها نتوانست 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 ۱۱ فلز سنگین در هر سه تصفیه خانه، و میانگین مقادیر کلیفرم مدفوعی و تخم انگل ها، و بالا بودن میانگین مقادیر سدیم، کربن آلی و C/N در هر دو تصفیه خانه و کلیفرم مدفوعی و تخم انگل در تصفیه خانه شمال اصفهان از حداکثر 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 به دست 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 estafade 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].

لحاظ امتیاز بیشتر در ارزشیابی بیمارستان ها جهت اقدامات زیست محیطی، در نظر گرفتن ابزارهای تشویقی مناسب برای بیمارستان های رافع آلودگی، 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 اعضای 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 dafae fazelabhaye bimarestanhaye vabaste be daneshgahe olum pezehshkiye Iran va taen mizan sarane fazelab. Poroje tahghighati. 1997[Persian].
2. Sarafraz SH. Khani MR. Yaghmaeian 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 dafae fazelab va keyfiyate pasabe khoruji dar bimarestanhaye daneshgahe olum pezehshkiye 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 hamkaran. Emkansanjiye 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].