Archive of SID

ORIGINAL ARTICLE

# *Study of Wastewater Treatment System in The Educational Hospitals of Babol University of Medical Sciences (2009)*

Abdoliman Amouei[1], Nematollah Ghanbari[2], Mohsen Kazemitabar[2]

[1] Department of Social Medicine, Faculty of Medicine, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran
[2] Chemistry and Microbiology Laboratory, Environment Conservation Administration of Mazandaran Province, Sari, Iran

(Received 16 September, 2009 ; Accepted 26 July, 2010)

## *Abstract*

**Background and purpose:** Quality of hospital wastewater is similar to municipal wastewater however, due to the presence of toxic agents and pathogens in hospital wastewater, if not already treated, it is dangerous to the environment and consequently to human's health. This research was to study the wastewater treatment and disposal condition and the quality of hospitals effluent of Babol University of Medical Sciences.

**Materials and methods:** This cross-sectional descriptive research studied the wastewater treatment and disposal systems condition and effluent quality in Shahid Beheshti, Shahid Yahianejad, Amirkola children and Ayatollah Roohani hospitals. 72 mixed samples were collected and tested for pH, $BOD_5$, COD, TSS and TC in the effluents of wastewater treatment plants using the current standard methods.

**Results:** Mean values of pH, TSS, BOD, COD and total coliforms in the inlet and outlet wastewaters from the studied hospitals were 7.5±0.6, 296±151mg/L, 400±173mg/L, 616±252mg/L, $3.1\times10^5$MPN/100 mL and 7.4±0.4, 78±36 mg/L, 84±31.5 mg/L, 150±51 mg/L and 831±509 MPN/100 mL, respectively. The mean value of free chlorine residual in outlet wastewater was 0.2 mg/L. Mean removal of TSS, BOD, COD and TC in outlet %74.3, %79.6, %76.5 and %99.7, respectively.

**Conclusion:** The mean value of TSS, BOD, COD and TC in the outlet wastewater of the studied hospitals exceeded the maximum allowable thereshold of the environmental conservation administration, which indicate the inefficiency of wastewater treatment systems. We conclude that essential considerations must be taken into account to upgrade the studied wastewater treatment systems in terms of design, operation and maintenance.

***Key words:*** Hospital, wastewater, wastewater treatment plant, Babol

**J Mazand Univ Med Sci 2010; 20(76): 78-86 (Persian).**

www.SID.ir

Archive of SID

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیستم شماره ۷۷ مرداد سال ۱۳۸۹ (۸۶-۷۸)

# بررسی سیستم تصفیه فاضلاب بیمارستان های آموزشی دانشگاه علوم پزشکی بابل در سال ۱۳۸۸

عبدالایمان عموئی[۱] نعمت ا... قنبری[۲] محسن کاظمی تبار[۲]

## چکیده

**سابقه و هدف :** فاضلاب بیمارستانی علی‌رغم مشابهت کیفی با فاضلاب شهری، به لحاظ کمیت و مقدار و برخورداری از ترکیبات سمی و خطرناک و نیز داشتن عوامل میکروبی بیماری‌زا، در صورت عدم تصفیه و دفع نامناسب، مخاطرات زیادی را بر سلامت محیط زیست و انسان در جوامع مختلف ایجاد می‌نمایند. این پژوهش به بررسی وضعیت تصفیه و دفع فاضلاب و کیفیت پساب خروجی از بیمارستان‌های وابسته به دانشگاه علوم پزشکی بابل پرداخته است.

**مواد و روش ها :** در این مطالعه توصیفی- مقطعی یک ساله، وضعیت سیستم‌های تصفیه فاضلاب بیمارستان‌های شهید بهشتی، شهید یحیی‌نژاد، کودکان امیرکلا و بیمارستان جدید التاسیس آیت‌الله روحانی مورد ارزیابی قرار گرفت. پارامترهای pH، TSS(Total suspended solids)، BOD(Biological oxygen demand)، COD(Chemical oxygen demand) و کلیفرم کل در ۷۲ نمونه از فاضلاب ورودی و خروجی بیمارستان‌های مزبور بر اساس کتاب استاندارد انجمن بهداشت عمومی آمریکا با عنوان روش‌های استاندارد برای آزمایش‌های آب و فاضلاب اندازه‌گیری شد.

**یافته ها :** میانگین pH، TSS، BOD، COD و کلیفرم کل بیمارستان‌های مورد پژوهش در فاضلاب ورودی به ترتیب ۰/۶ ± ۷/۵، ۱۵۱ ± ۲۹۶، ۱۷۳ ± ۴۰۰، ۲۵۲ ± ۶۱۶ میلی‌گرم در لیتر و MPN $3/1\times10^5$ در ۱۰۰ میلی لیتر و در فاضلاب خروجی به ترتیب ۰/۴ ± ۷/۴، ۳۶ ± ۷۸، ۳۱/۵ ± ۸۴، ۵۱ ± ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و MPN ۵۰۹±۸۳۱ در ۱۰۰ میلی‌لیتر بدست آمد. متوسط کلر باقیمانده آزاد در پساب خروجی از این بیمارستان‌ها ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر گزارش گردید. میانگین حذف پارامترهایTSS، BOD، COD و کلیفرم کل در فاضلاب خروجی توسط سیستم‌های تصفیه فاضلاب بیمارستان‌های مزبور به ترتیب ۷۴/۳، ۷۹/۶، ۷۶/۵ و ۹۹/۷ درصد بوده است.

**استنتاج :** میانگین میزان پارامترهای TSS، BOD، COD و کلیفرم کل در فاضلاب خروجی از بیمارستان‌های مورد مطالعه بالاتر از حد استاندارد خروجی مصوب سازمان حفاظت محیط زیست کشور بوده که نشان از کاهش کارآیی حذف آلودگی توسط سیستم‌های تصفیه فاضلاب در این گونه مراکز درمانی می‌باشد. بنابراین، بازنگری اساسی جهت بهبود کارآیی این نوع از تصفیه خانه‌ها در زمینه‌های طراحی، بهره‌برداری و نگهداری ضرورت دارد.

**واژه‌های کلیدی:** بیمارستان، فاضلاب، تصفیه خانه فاضلاب

## مقدمه

بیمارستان‌ها، حجم قابل توجهی از آب هر اجتماع را به مصرف می‌رسانند. با وجود این که میزان سرانه مصرف آب در مصارف خانگی در حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ لیتر به ازای هر نفر است، اما این میزان دربیمارستان‌ها در

**مولف مسئول:** عبدالایمان عموئی- بابل: دانشگاه علوم پزشکی، دانشکده پزشکی، گروه پزشکی اجتماعی E-mail: Imnamou@yahoo.com
۱. گروه پزشکی اجتماعی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی بابل
۲. آزمایشگاه شیمی و میکروبیولوژی، اداره کل حفاظت محیط زیست استان مازندران

تاریخ دریافت : ۸۸/۶/۲۵ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۸۸/۷/۷ تاریخ تصویب : ۸۹/۵/۴

www.SID.ir

Archive of SID

گستره ۴۰۰ تا ۱۲۰۰ لیتر در روز به ازای هر تخت گزارش شده است(۱). آبی که جهت مصرف خاصی تهیه شده و پس از استفاده کیفیت خود را برای مصارف مورد نظر از دست داده باشد، فاضلاب نامیده می‌شود. در بیمارستان‌ها نیز آب مصرفی در واحدهای مختلف نظیر بخش‌های بستری، اتاق‌های عمل، آزمایشگاه‌ها، رختشویخانه، آشپزخانه، سرویس‌های بهداشتی و واحدهای اداری، کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خود را از دست داده و تبدیل به فاضلاب می‌گردد(۲). مقدار تولید فاضلاب بیمارستانی در اجتماعات مختلف متفاوت است. سرانه تولید فاضلاب در بیمارستان‌های آمریکا ۱۰۰۰ لیتر در روز به ازای هر تخت تعیین شده است(۳). این میزان در کشور ما به طور متوسط ۷۴۵ لیتر در روز به ازای هر تخت گزارش گردیده است(۴). اگرچه که کیفیت فاضلاب بیمارستانی مشابه فاضلاب شهری است، اما فاضلاب خروجی از بیمارستان‌ها ممکن است دارای ترکیبات دارویی متابولیزه نشده، آنتی‌بیوتیک‌ها، گندزداها، عوامل سیتو استاتیک، داروهای بیهوش‌کننده، عناصر رادیواکتیو، مواد حاجب اشعه ایکس و دیگر ترکیبات شیمیایی مقاوم و خطرناک باشد(۱، ۷-۵). علاوه بر ترکیبات شیمیایی مقاوم و سخت تجزیه‌پذیر، انواعی از عوامل میکروبی بیماری‌زای مقاوم شده به آنتی‌بیوتیک‌ها نیز از طریق سیستم‌های متداول تصفیه فاضلاب به داخل اکوسیستم‌های آبی و سایر منابع طبیعی پذیرنده آلودگی وارد شده و می‌توانند برخی از بیماری‌های حاد و خطرناک را به انسان سرایت نمایند(۹،۸،۱). وجود ترکیبات آلی حاوی کلر و فلزات سنگین جیوه و سرب نیز در فاضلاب خروجی از سیستم‌های تصفیه فاضلاب بیمارستان‌ها گزارش شده است(۸،۷). در یک پژوهش، میزان غلظت ترکیبات آلی کلردار در فاضلاب بیمارستانی به بالاتر از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر تعیین گردید(۱). در مطالعه دیگر وجود ترکیبات آلی کلر دار و سایر ترکیبات دارویی (بدون هیچ گونه حذف و تصفیه توسط سیستم‌های متداول تصفیه فاضلاب در بیمارستان) در آب‌های سطحی و زیر زمینی پذیرنده این گونه آلاینده‌ها تایید شده است(۵). در یک تحقیق، جمعیت باکتری‌های کلیفرم در فاضلاب خام ورودی به تصفیه خانه بیمارستان ۳۰۰ هزار عدد در ۱۰۰ میلی‌لیتر شمارش گردید، در حالی که این مقدار در فاضلاب خام تصفیه خانه‌های شهری در حدود ۱۰۰ میلیون باکتری در ۱۰۰ میلی‌لیتر گزارش شد(۱). برخی از نشانگرهای آلودگی آب‌های سطحی نظیر آنترو ویروس‌ها و آدنو ویروس‌ها نیز در فاضلاب خروجی از بیمارستان ها مشاهده شده است. همچنین ویروس عامل مولد بیماری ایدز نیز در مایعات دفعی از بیماران ایدزی بستری در بیمارستان به داخل سیستم‌های تصفیه فاضلاب بیمارستان تخلیه و سپس وارد آب‌های سطحی پذیرنده گردیده‌اند(۱).

در قاره اروپا هر ساله ۱۰۰۰۰ تن آنتی‌بیوتیک از طریق اقدامات پزشکی و درمانی مصرف شده که نیمی از این مقدار جهت مصارف پزشکی و مداوای انسان و بقیه برای خدمات دامپزشکی مصرف می‌شود. ۲۶ درصد از کل آنتی بیوتیک‌های مورد استفاده انسان در بیمارستان‌ها مصرف گردیده که این گونه ترکیبات از طریق دفع ادرار و مدفوع به داخل سیستم‌های تصفیه فاضلاب وارد می‌شوند(۵).

در کشورهایی که وقوع همه‌گیری بیماری‌های انگلی و روده‌ای در آنها وجود ندارد، تخلیه فاضلاب بیمارستانی و سایر مراکز بهداشتی- درمانی به داخل شبکه جمع‌آوری فاضلاب شهری منوط به حذف و تصفیه بیش از ۹۵ درصد آلودگی فاضلاب توسط سیستم‌های تصفیه فاضلاب می‌باشد. در غیر این صورت، فاضلاب بیمارستانی باید به صورت مجزا توسط سیستم‌های تصفیه فاضلاب هر بیمارستان مورد پالایش قرار گیرد(۵،۲).

به منظور جلوگیری از افزایش ورود بار آلودگی به داخل سیستم‌های تصفیه فاضلاب، ضرورت دارد که به مدیریت و نظارت صحیح بر فرآیندهای تولید و تصفیه

www.SID.ir

Archive of SID

فاضلاب بیمارستانی توجه کافی شود. فرآیندهای متداول تصفیه فاضلاب شهری نظیر فرآیند لجن فعال با رشد معلق، علی‌رغم گستردگی استفاده و موفقیت در این زمینه، قادر به تصفیه مناسب و کافی فاضلاب بیمارستانی نمی‌باشند. درحال حاضر،کاربرد سیستم‌های تصفیه فاضلاب تلفیقی (به صورت فرآیندهای رشد چسبیده و معلق) برای تصفیه فاضلاب بیمارستانی مناسب‌تر است(۱۰،۱۱).

از نظر میزان فاضلاب تولیدی در بیمارستان‌های ایران، مطالعاتی بر روی ۱۶ بیمارستان دانشگاه علوم پزشکی ایران و ۱۲ بیمارستان استان هرمزگان صورت گرفت که به ترتیب متوسط سرانه فاضلاب به ازای هر تخت حدود ۷۰۰ و ۳۶۲ لیتر ذکر گردید(۱۰،۱۲).

پارامترهای اساسی در ارزیابی کیفیت فاضلاب شامل BOD[1] یا اکسیژن مورد نیاز باکتری‌ها جهت تجزیه مواد آلی، COD[2] یا اکسیژن مصرفی توسط ترکیبات شیمیایی اکسیدکننده مواد آلی، TSS[3] یا جامدات معلق کل به منظور تعیین مواد آلی و معدنی شناور در فاضلاب و باکتری‌های کلیفرم مدفوعی بر حسب حداکثر شمارش محتمل (MPN[4]) در ۱۰۰ میلی‌لیتر فاضلاب به عنوان نشانگر آلودگی میکروبی فاضلاب می‌باشند.

در خصوص کیفیت فاضلاب بیمارستانی در داخل کشور نیز مطالعاتی روی کیفیت فاضلاب خروجی از بیمارستان‌های امام حسین، مسیح دانشوری، مفید و مدرس در دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی صورت گرفت که مقادیر پارامترهای BOD ، COD ، TSS به ترتیب ۲۵۰ تا ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر، ۵۵۰ تا ۷۰۰ میلی‌گرم در لیتر، ۲۰۰ تا ۵۵۰ میلی‌گرم در لیتر و تعداد کلیفرم کل بیشتر از ۲۴۰۰ MPN در ۱۰۰ میلی لیتر بود(۱۳).

در رابطه با عملکرد تصفیه خانه‌های فاضلاب بیمارستانی نیز مطالعاتی در کشور صورت گرفته است. در تحقیقی که توسط یوسفی و همکاران بر روی میزان موفقیت طرح بهینه سازی یک سیستم تصفیه فاضلاب بیمارستانی صورت گرفت، راندمان حذف BOD و COD به ترتیب ۸۹ و۹۴ درصد ذکر گردید(۱۴). همچنین در بررسی کارآیی سیستم تصفیه فاضلاب بیمارستان امام خمینی ارومیه مشخص گردید که میانگین غلظت BOD ، COD و TSS آن به ترتیب معادل ۳۷۴، ۶۰/۵ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بوده و تعداد کلیفرم‌های مدفوعی آن بیشتر از ۱۰۰۰ عدد در ۱۰۰ میلی‌لیتر می‌باشد(۱۵).

با توجه به تعداد زیاد پذیرش بیماران از شهرهای مختلف استان مازندران و نیز از استان‌های همجوار در بیمارستان‌های وابسته به دانشگاه علوم پزشکی بابل و انجام خدمات مختلف تخصصی و فوق تخصصی در این گونه مراکز درمانی و تغییرات رو به افزایش کمیت و کیفیت فاضلاب در آن‌ها از یک سو و برخورداری این استان از اکوسیستم‌ها و منابع طبیعی ارزشمند و حساس نظیر رودخانه، دریا، جنگل و مناطق کشاورزی و مراتع از سوی دیگر، بررسی و پایش مستمر کیفیت فاضلاب خروجی و نحوه تصفیه و دفع فاضلاب و لجن تولیدی از این گونه مراکز درمانی در راستای تامین، حفظ و افزایش سطح سلامت افراد جامعه و محیط زیست بسیار مهم می باشد. در این پژوهش، وضعیت تصفیه و دفع فاضلاب تولیدی از بیمارستان‌های دانشگاه علوم پزشکی بابل مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش ها

این پژوهش از نوع توصیفی- مقطعی می‌باشد،که در سال ۱۳۸۸ درکلیه بیمارستان‌های آموزشی دانشگاه علوم پزشکی بابل به نام های بیمارستان شهید بهشتی، بیمارستان شهید یحیی‌نژاد، بیمارستان کودکان امیرکلا و بیمارستان جدید التاسیس آیت‌الله روحانی انجام شده است. جهت تعیین کیفیت فاضلاب خام و تصفیه شده توسط سیستم‌های تصفیه فاضلاب، از پارامترهای شیمیایی نظیر

1. Biological oxygen demand
2. Chemical oxygen demand
3. Total suspended solids
4. Most probable numbers

www.SID.ir

Archive of SID

pH، BOD، COD و TSS و شاخص آلودگی میکروبی یا کلیفرم کل و مدفوعی در نمونه‌های برداشتی از فاضلاب ورودی و خروجی استفاده گردید. تعداد ۷۲ نمونه بر حسب تعداد بیمارستان، نقاط ورودی و خروجی فاضلاب، حداقل و حداکثر جریان (نمونه برداری لحظه‌ای) و نمونه‌های تکراری (۳ تکرار) بدست آمد. بعد از نمونه برداری فاضلاب و اختلاط کامل آنها (نمونه برداری مرکب)، نمونه‌ها جهت آنالیز، تفسیر و گزارش کیفیت نمونه‌ها، سریعاً به آزمایشگاه فرستاده شد. اندازه‌گیری pH به روش پتانسیومتری و با دستگاه pH سنج مدل Aqualytic ، BOD به شیوه مانومتریک، COD به روش تقطیر برگشتی، TSS از طریق وزن سنجی و کلیفرم کل و مدفوعی به روش تخمیر چندلوله‌ای انجام شد. کلیه پارامترهای مزبور بر اساس روش‌های استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست کشور و مطابق کتاب روش‌های استاندارد آب و فاضلاب انجمن بهداشت عمومی آمریکا (۱۶) مورد سنجش قرار گرفت.

در این پژوهش، انواع روش‌های مورد استفاده جهت جمع‌آوری و دفع فاضلاب تصفیه شده و خروجی از بیمارستان‌ها (دفع در رودخانه، دفع در چاه جاذب، تخلیه در مجاری فاضلاب شهری، آبیاری جهت فضای سبز) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین شیوه‌های جمع‌آوری و دفع لجن تولیدی (تغلیظ و خشک کردن، هضم غیر هوازی لجن، برداشت و حمل لجن توسط ماشین‌های لجن کش) از فرآیندهای مختلف تصفیه (جدول شماره ۱) در این گونه از مراکز درمانی ارزیابی گردید.

تجزیه وتحلیل آماری این پژوهش به‌کمک نرم‌افزار آماری SPSS و با آزمون ANOVA انجام شد.

## یافته ها

در این پژوهش، بیشینه و کمینه pH فاضلاب خام ۸/۵ و ۷/۹ بدست آمده که به بیمارستان‌های شهید یحیی‌نژاد و کودکان امیرکلا مربوط بوده است. میانگین pH فاضلاب خام در این دو بیمارستان ۷/۷ و ۷/۴ بدست آمد. میانگین pH فاضلاب خام در کلیه بیمارستان‌های مورد مطالعه ۷/۵ می‌باشد. بیشینه، کمینه و میانگین pH فاضلاب خروجی از بیمارستان‌های مورد پژوهش، به ترتیب ۷/۹، ۷ و ۷/۴ بوده که این مقادیر از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری را با مقادیر pH فاضلاب خام دارا نمی‌باشد($p>0/05$). طبق جدول شماره ۲، بیشینه و کمینه TSS فاضلاب خام به ترتیب به بیمارستان‌های شهید بهشتی (۵۲۳ میلی‌گرم در لیتر) و کودکان امیرکلا (۷۲ میلی‌گرم در لیتر) مربوط بوده و میانگین TSS فاضلاب در این دو بیمارستان نیز ۳۷۵ و ۲۵۳ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. میانگین TSS فاضلاب خام در کلیه بیمارستان‌های مورد مطالعه ۲۹۶ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد. بیشینه TSS فاضلاب تصفیه شده به بیمارستان شهید بهشتی(۱۶۳ میلی‌گرم در لیتر) و کمینه آن به بیمارستان کودکان امیرکلا (۱۹ میلی‌گرم در لیتر) مربوط می‌باشد. میانگین TSS فاضلاب خروجی از کلیه بیمارستان‌های مزبور ۷۸ میلی‌گرم در لیتر بوده است. مطابق جدول شماره ۲، میزان بیشینه غلظت BOD و COD فاضلاب خام به ترتیب ۶۷۴ و ۱۰۴۲ میلی‌گرم در لیتر و به

**جدول شماره ۱ :** مشخصات کلی سیستم های تصفیه فاضلاب در بیمارستان های مورد پژوهش

| شرایط / نام بیمارستان | نوع سیستم تصفیه | نحوه دفع پساب رختشویخانه | نحوه دفع پساب آشپزخانه | واحد چربی گیر | سیستم گندزدایی | سیستم دفع پساب | سیستم دفع لجن |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شهید بهشتی | لجن فعال- هوادهی گسترده | سیستم تصفیه | سیستم تصفیه | ندارد | سیستم کلرزنی | مستقیما به رودخانه | ندارد |
| شهید یحیی نژاد | لجن فعال- هوادهی گسترده | سیستم تصفیه | سپتیک تانک | دارد | سیستم کلرزنی | کانال رو باز- رودخانه | تغلیظ لجن |
| کودکان امیرکلا | لجن فعال- هوادهی گسترده | سیستم تصفیه | سیستم تصفیه | دارد | سیستم کلرزنی | چاه جاذب | تغلیظ لجن |
| آیت الله روحانی | لجن فعال- هوادهی گسترده | بدون تصفیه، گندزدایی پساب | سیستم تصفیه | دارد | سیستم کلرزنی | کانال رو باز- رودخانه | تغلیظ لجن |

www.SID.ir

Archive of SID

بیمارستان شهید بهشتی و میزان کمینه آنها به ترتیب ۱۵۴ و ۲۳۱ میلی‌گرم در لیتر و به بیمارستان کودکان امیرکلا مربوط بوده و میانگین کل آنها در این پژوهش به ترتیب ۴۰۰ و ۶۱۶ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. میزان بیشینه غلظت BOD و COD فاضلاب تصفیه شده به ترتیب ۱۶۴ و ۳۱۳ میلی‌گرم در لیتر و به بیمارستان شهید بهشتی مربوط می‌باشد. میزان کمینه این پارامترها در فاضلاب خروجی به ترتیب ۳۹/۵ و ۶۸ میلی‌گرم در لیتر بوده که به بیمارستان کودکان امیرکلا مربوط می‌شود. میانگین میزان BOD و COD در فاضلاب تصفیه شده بیمارستان‌های مزبور به ترتیب ۸۴ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر بدست آمد. با توجه به میانگین میزان TSS، BOD و COD فاضلاب خام و تصفیه شده در بیمارستان‌های مورد مطالعه، اختلاف آماری بین آنها معنی‌دار می‌باشد($p<0/05$). میانگین حذف TSS توسط سیستم‌های تصفیه در بیمارستان‌های شهید بهشتی، شهید یحیی‌نژاد و کودکان امیرکلا به ترتیب ۶۹/۶، ۷۲/۸ و ۸۰/۶ درصد و میانگین در صد حذف کل در آنها ۷۴/۳ درصد بدست آمد. میانگین حذف BOD و COD توسط سیستم‌های تصفیه فاضلاب در بیمارستان‌های شهید بهشتی، شهید یحیی نژاد و کودکان امیرکلا به ترتیب ۷۶/۱ و ۷۰/۵ درصد، ۷۸/۸ و ۷۷ درصد و ۸۳/۸ و ۸۲/۱ درصد و میانگین درصد حذف BOD و COD در کل بیمارستان‌ها به ترتیب ۷۹/۶ و ۷۶/۵ درصد بدست آمد. تعداد باکتری‌های کلیفرم کل در فاضلاب خام بیمارستان‌های شهید بهشتی، شهید یحیی‌نژاد و کودکان امیرکلا به ترتیب $4/2\times10^5$، $3/8\times10^5$ و $1/3\times10^5$ عدد برحسب MPN در ۱۰۰ میلی‌لیتر فاضلاب بوده است. در این پژوهش، بیشینه و کمینه تعداد کلیفرم‌ها در فاضلاب تصفیه شده به ترتیب ۱۹۶۳ و ۳۱۶ عدد در ۱۰۰ میلی‌لیتر بوده که به بیمارستان‌های شهید بهشتی و کودکان امیرکلا مربوط می‌باشد.

میزان کلر باقیمانده آزاد در فاضلاب خروجی از بیمارستان‌های شهید بهشتی، شهید یحیی‌نژاد، کودکان امیرکلا و آیت‌الله روحانی به ترتیب ۰/۲، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد.

## بحث

یکی از پارامترهای مهم در ارزیابی کیفیت فاضلاب، pH یا میزان اسیدی یا قلیایی بودن آن است. افزایش یا کاهش این پارامتر در یک نوع از فاضلاب سبب رسوب، خوردگی و آسیب قسمت‌های مختلف تصفیه‌خانه یا شبکه و مجاری فاضلاب خواهد شد. همچنین این شاخص در انجام فرآیندهای بیولوژیک تصفیه فاضلاب نقش بارزی را ایفاء می‌نماید. میانگین کل میزان pH در فاضلاب خام و فاضلاب تصفیه شده دربیمارستان‌های مورد مطالعه، ۷/۵ و۷/۴ بوده است. مطابق مطالعه Altin و همکاران در تعدادی از بیمارستان‌های ترکیه، میانگین pH فاضلاب خام دراین بیمارستان‌ها ۷/۳ بوده است(۱۸). در مطالعه دیگر که

**جدول شماره ۲ :** کیفیت فاضلاب خام و تصفیه شده (میانگین و انحراف معیار) در بیمارستان های مورد پژوهش

| پارامتر / بیمارستان | pH | | TSS(mg/L) | | BOD (mg/L) | | COD(mg/L) | | TC(MPN/100 mL) | | کلر باقیمانده |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ورودی | خروجی | ورودی | خروجی | ورودی | خروجی | ورودی | خروجی | ورودی** | خروجی** | پساب(mg/L) |
| شهید بهشتی | ۷/۶±/۰/۷ | ۷/۴±۰/۴ | ۳۷۵±۱۴۸ | ۱۱۴±۳۹ | ۴۹۸±۱۷۶ | ۱۱۹±۴۵ | ۷۸۷±۲۵۵ | ۲۳۲±۸۱ | $4/2\times10^5$ | ۱۱۰۹±۸۵۴ | ۰/۲ |
| شهید یحیی نژاد | ۷/۷±۰/۸ | ۷/۵±۰/۴ | ۲۶۱±۱۲۴ | ۷۱±۳۸ | ۳۵۸±۱۵۳ | ۷۶±۳۳ | ۵۴۰±۲۱۳ | ۱۲۴±۴۷ | $3/8\times10^5$ | ۸۲۶±۴۳۲ | ۰/۱ |
| کودکان امیرکلا | ۷/۴±۰/۵ | ۷/۴±۰/۴ | ۲۵۳±۱۸۱ | ۴۹±۳۰ | ۳۴۵±۱۹۱ | ۵۶±۱۶/۵ | ۵۲۰±۲۸۹ | ۹۳±۲۵ | $1/3\times10^5$ | ۵۵۷±۲۴۱ | ۰/۲ |
| میانگین بیمارستان‌ها | ۷/۵±۰/۶ | ۷/۴±۰/۴ | ۲۹۶±۱۵۱ | ۷۸±۳۶ | ۴۰۰±۱۷۳ | ۸۴±۳۱/۵ | ۶۱۶±۲۵۲ | ۱۵۰±۵۱ | $3/1\times10^5$ | ۸۳۱±۵۰۹ | ۰/۱۷ |
| سطح معنی داری | p>۰/۰۵ | p>۰/۰۵ | p<۰/۰۵ | p>۰/۰۵ | p<۰/۰۵ | p>۰/۰۵ | p<۰/۰۵ | p>۰/۰۵ | p<۰/۰۵ | p>۰/۰۵ | p>۰/۰۵ |
| استاندارد خروجی* | – | ۶/۵-۸/۵ | – | ۴۰ | – | ۵۰ | – | ۱۰۰ | – | ۱۰۰۰ | – |

*استاندارد خروجی فاضلاب بیمارستانی بر اساس دستورالعمل سازمان حفاظت محیط زیست کشور(۱۷)

** درا ین ستون اعداد بصورت تعداد بیان شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

توسط شرکت مهندسی مشاور تکنولوژی پاک کشور تایلند بر روی کلیه بیمارستان‌ها انجام گردیده، میانگین pH فاضلاب در این گونه مراکز درمانی ۷/۲ بدست آمد(۱۹). در پژوهش سرافراز و همکاران در ۱۲ بیمارستان عمومی استان هرمزگان، میانگین pH فاضلاب خام در این بیمارستان‌ها ۷/۴۲ تعیین گردید(۱۰). براساس استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست کشور، گستره pH قابل قبول در فاضلاب خروجی به منابع پذیرنده محیط زیست ۶/۵ تا ۸/۵ بوده(۱۷) که با توجه به میانگین مقادیر pH فاضلاب خروجی از کلیه بیمارستان‌های مورد نظر(۷/۵)، این مقادیر قابل قبول می‌باشد.

یکی دیگر از پارامترهای متداول جهت ارزیابی کارآیی سیستم‌های تصفیه فاضلاب، تعیین میزان غلظت کل جامدات معلق(TSS) در فاضلاب تصفیه شده است(۱۹،۲،۳). در این پژوهش، میانگین TSS فاضلاب خام در کلیه بیمارستان‌های مورد مطالعه ۲۹۶ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد. میانگین TSS در فاضلاب خانگی در گستره ۱۲۰ تا ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر بوده(۳) که به مقادیر بدست آمده در این پژوهش نزدیک است. مطابق پژوهش سرافراز و همکاران میانگین TSS فاضلاب خام در بیمارستان‌های استان هرمزگان ۲۳۱ میلی‌گرم در لیتر بوده است(۱۰). در تحقیق مجلسی و همکاران از مطالعه ۷۰ بیمارستان کشور، میانگین TSS فاضلاب خام ۲۹۱ میلی‌گرم در لیتر بدست آمده(۴) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. در مطالعه Altin و همکاران میانگین میزان TSS فاضلاب خام تعدادی از بیمارستان‌ها در ترکیه ۱۰۱ میلی‌گرم در لیتر بوده است(۱۸). براساس مطالعه Moersidik و همکاران میانگین TSS فاضلاب در بیمارستان‌های کشور اندونزی در گستره ۳۶ تا ۲۶۹ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد(۱۹). میانگین TSS فاضلاب خروجی از کلیه بیمارستان‌های مزبور ۷۸ میلی‌گرم در لیتر بوده که از حد استاندارد و قابل قبول سازمان حفاظت محیط زیست کشور (۴۰ میلی‌گرم در لیتر) بالاتر می‌باشد(۱۷).

میانگین میزان BOD و COD در فاضلاب خام تولیدی از بیمارستان‌های مورد نظر به ترتیب ۴۰۰ و ۶۱۶ میلی‌گرم در لیتر بوده که در مقایسه با میانگین غلظت BOD و COD فاضلاب خانگی (به ترتیب ۱۱۰ تا ۳۵۰ و ۲۵۰ تا ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر) اندکی بالاتر می‌باشد(۱۹،۳). طبق مطالعه شرکت مهندسی مشاور تکنولوژی پاک کشور تایلند، میانگین غلظت BOD و COD فاضلاب خام در بیمارستان‌های تایلند به ترتیب ۱۱۳ و ۲۳۲ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد(۱۹). در بیمارستان‌های شهر بانکوک این مقادیر به ترتیب ۳۰۰ و ۴۳۰ میلی‌گرم در لیتر بوده است(۱۸). براساس مطالعه مجلسی وهمکاران، میانگین غلظت BOD و COD فاضلاب خام در ۷۰ بیمارستان کشور به ترتیب ۳۴۸ و ۵۲۷ میلی‌گرم در لیتر گزارش گردیده(۴) که این مقادیر به نتایج مطالعه حاضر نزدیک می‌باشد. میانگین میزان BOD و COD در فاضلاب خروجی از بیمارستان‌های مورد مطالعه به ترتیب ۸۴ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر بوده که هر دو پارامتر بالاتر از حدود استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست کشور(۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بوده و غیر قابل قبول می‌باشند(۱۷). میانگین حذف TSS، BOD و COD فاضلاب توسط سیستم‌های تصفیه بیمارستان‌های مزبور به ترتیب ۷۴/۳، ۷۹/۶ و ۷۶/۵ درصد بدست آمد. براساس مطالعه مجلسی و همکاران میانگین میزان حذف BOD و COD در ۷۰ بیمارستان کشور به ترتیب ۶۷/۵ و ۶۴/۳ درصد گزارش گردید(۴). در مطالعه دهقان و همکاران بر روی سیستم‌های تصفیه فاضلاب ۴ بیمارستان وابسته به دانشگاه علوم پزشکی ایران، میانگین میزان حذف BOD و COD در آن ها به ترتیب ۷۳/۶ و ۶۹/۱ درصد بدست آمده(۱۲) که این نتایج با یافته‌های این تحقیق همخوانی دارد. درمطالعه رضایی و همکاران، میانگین میزان حذف BOD و COD فاضلاب بیمارستانی در یک رآکتور تصفیه فاضلاب غیرهوازی- هوازی با محیط ثابت به ترتیب ۸۲/۲ و ۸۸/۹ درصد بدست آمد(۱۱) در مطالعه دیگر

www.SID.ir

Archive of SID

که توسط یوسفی و همکاران بر روی درجه موفقیت طرح بهینه‌سازی یک سیستم تصفیه فاضلاب بیمارستانی صورت گرفت، راندمان حذف BOD و COD به ترتیب ۸۹ و ۹۴ درصد ذکر گردید(۱۴). افزایش راندمان حذف پارامترهای فوق در ۲ مطالعه اخیر به علت استفاده همزمان و تلفیقی فرآیندهای تصفیه غیرهوازی- هوازی در محیط رشد چسبیده می‌باشد(۱۱).

یکی از شاخص‌های مهم ارزیابی وضعیت آلودگی میکروبی آب یا فاضلاب، باکتری‌های متعلق به خانواده کلیفرم می‌باشد. به طور کلی وجود باکتری‌های کلیفرم به ویژه باکتری‌های کلیفرم با منشاء روده‌ای، نشانه تماس آب و فاضلاب با فضولات انسانی و حیوانی بوده و امکان وجود عوامل پاتوژن در آن‌ها را محتمل می‌نماید. مطابق استاندارد ملی تخلیه و دفع پساب سازمان حفاظت محیط زیست کشور، حد مجاز تعداد کلیفرم کل موجود در فاضلاب بیمارستانی خروجی به منابع پذیرنده، ۱۰۰۰ عدد در ۱۰۰ میلی‌لیتر فاضلاب می‌باشد(۱۷). میانگین تعداد کلیفرم کل بر حسب MPN در ۱۰۰ میلی‌لیتر در فاضلاب تصفیه شده مراکز مورد مطالعه، ۸۳۱ بوده که این مقدار از حد مجاز و استاندارد خروجی سازمان حفاظت محیط‌زیست کشور پایین‌تر است. میانگین میزان حذف باکتری‌های کلیفرم کل توسط سیستم‌های تصفیه فاضلاب در بیمارستان‌های شهید بهشتی، شهید یحیی‌نژاد و کودکان امیرکلا به ترتیب ۹۹/۷، ۹۹/۸ و ۹۹/۶ درصد و میانگین کل آن در این پژوهش ۹۹/۷ درصد می‌باشد. در مطالعه یوسفی و همکاران، میزان حذف باکتری‌های کلیفرم مدفوعی در بیمارستان‌های آموزشی ساری به نام‌های بوعلی، امام، زارع و فاطمه‌زهرا به ترتیب ۹۹/۵۷، ۹۷/۴۵، ۹۲/۴۷ و ۹۰/۶۳ درصد گزارش گردید(۱۴). در مطالعه سبزواری و همکاران درخصوص بررسی عملکرد تصفیه خانه بیمارستان آتیه سازان همدان، میزان حذف کلیفرم کل در فاضلاب خروجی ۹۹/۹۶ درصد بوده است(۲۰). نتایج این مطالعات نیز در این زمینه به یافته‌های پژوهش حاضر نزدیک می‌باشند. در این پژوهش کلیه سیستم‌های تصفیه فاضلاب مورد استفاده از نوع لجن فعال با هوادهی گسترده می‌باشند. علی‌رغم گستردگی استفاده و موفقیت این نوع فرآیندها در تصفیه فاضلاب‌های خانگی، این‌گونه سیستم‌ها، قادر به تصفیه مناسب و کافی فاضلاب‌های بیمارستانی دارای شدت آلودگی زیاد نمی‌باشند. در حال حاضر، کاربرد سیستم‌های تصفیه فاضلاب واجد فرآیندهای رشد چسبیده و معلق توامان برای تصفیه فاضلاب بیمارستانی مناسب‌تر است(۱۱). مطابق بررسی‌های مجلسی و همکاران، ۷۸ درصد از بیمارستان‌های کشور دارای سیستم‌های تصفیه لجن فعال می‌باشند(۴).

باتوجه به نتایج این پژوهش، کلیه بیمارستان های مورد مطالعه مجهز به سیستم‌های تصفیه و دفع فاضلاب بوده، اما کارآیی تصفیه و حذف آلودگی در آنها با یکدیگر متفاوت است. در این مطالعه علی‌رغم وجود سیستم کلرزنی در کلیه تصفیه خانه‌ها، میانگین میزان کلر باقیمانده در فاضلاب خروجی کمتر از حد استاندارد (۱ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد. میانگین میزان پارامترهای TSS، BOD، COD وکلیفرم‌کل در فاضلاب خروجی از بیمارستان‌های مورد مطالعه بالاتر از حد استاندارد خروجی مصوب سازمان حفاظت محیط زیست کشور بوده که نشان از کاهش کارآیی حذف آلودگی فاضلاب بیمارستانی توسط سیستم‌های تصفیه فاضلاب در این‌گونه مراکز بهداشتی- درمانی می‌باشد. بنابراین، بازنگری اساسی در راستای ارتقای این نوع از تصفیه خانه‌ها در زمینه‌های طراحی، بهره‌برداری و نگهداری ضرورت دارد.

## سپاسگزاری

بدین‌وسیله از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی بابل که حمایت مالی این پروژه را عهده دار بوده تقدیر و تشکر می‌گردد.

www.SID.ir

## References


1. Emmanuel E, Perrodin Y, Blanchard J, Vermande P. Chemical, Biological and Ecotoxicological of Hospital Wastewater. J Sci Tech 2001; 2: 31-33.
2. Mahvi A, Rajabizadeh A, Yousefi N, Hosseini H, Ahmadian M. Survey Wastewater Treatment Condition and Effluent Quality of Kerman Province Hospitals. World Applied Sciences Journal 2009; 7(12): 1521-1525.
3. Metcalf & Eddy Inc. Wastewater engineering: Treatment and Reuse, 4th Ed, New York, McGraw-Hill; 2004. PP 30-69.
4. Majlesi Nasr M, Yazdanbakhsh A. Study On Wastewater Treatment Systems In Hospitals Of Iran. Iran J Environ Health Sci Eng 2008; 5(3): 211-215.
5. Pauwels B, Verstraete W. The treatment of hospital wastewater. J of Water and Health 2006; 4(4): 405-416.
6. Jolibois B, Guerbet M. Hospital Wastewater Genotoxicity. Ann Occup Hyg 2006; 50(2): 189-196.
7. Kummerer K, Helmers E. Hospital effluents as a source for platinum in the enviroument. The Science of the Total Environment 2006; 193: 179-184.
8. Chitnisa V. Hospital Effluent: A Source of Multiple Drug Resistant Bacteria. Curr Sci 2000; 79: 989-991.
9. Chitnisa V. Bacterial Population Changes In Hospital Effluent Treatment Plant In Central India. Water Research 2004; 38: 441-447.
10. Sarafraz Sh, Khani MR, Yaghmaeian K. Quality and Quantity survey of hospital wastewaters in Hormozgan province. Iran J Environ Health Sc Eng 2006; 4(1): 43-50.
11. Rezaee A, Ansari A, Khavanin A, sabzali A, Aryan MM. Hospital wastewater treatment using an integrated anaerobic- aerobic fixed film bioreactor. Am J Enviro Sci 2005; 1(4): 259-263.
12. Dehghan AA, Gholami M, Farzadkia M. Performance assessment of Hospital Wastewater Treatment Plants Of Iran University Of Medical Sciences. Proceeding of 12th Congress on environmental health, Shahid Beheshti University of medical Sciences, Tehran, 2009; 1644-1655.
13. Majlesinasr M. Study of wastewater disposal and effluent quality in Shahid Beheshti university of medical sciences hospitals. Pajouhandeh J 2001; 6(24): 371-372.
14. Yousefi Z, Ghoochani M. Removal efficiency of fecal coliforms by wastewater treatment plants of educational hospitals in Sari. Proceeding of 8th Congress on environmental health, Tehran, 2005; 1203-1211.
15. Khorsandi H, Novidjouy N. Evaluation of wastewater treatment plant efficiency of Imam Khomeini hospital in Uromia and upgrading of operation system. Urumia Medicene Journal 2005; 16(1): 1-6.
16. APHA, AWWA and WEF, Standard Methods For Examination Of water and Wastewater. 20th ed, Washington DC: USA, American Public Health Association Publication; 2003. PP 321-330.
17. Iranian environment conservation organization. Environmental regulations and standards of Iran. 2003; 234-239.
18. Altin A, Altin S, Degirmenci M. Characteristics and treatability of hospital (medical) waste waters. Fresenius Environmental Bulletin 2003; 12(9): 1098-1108.
19. Mesdaghinia A, Naddafi K, Nabizadeh R, Saeedi R, Zamanzadeh M. Wastewater


www.SID.ir

Archive of SID

Characteristics and Appropriate Method for Wastewater Management in the Hospitals. Iranian J. Public Health 2009; 38(1): 34-40.

20. Sabzevari A, Binavapour M, Omidi Sh, Mohammad Taheri A. Study of wastewater treatment plant operation of Atiesazan hospital of hamedan, Proceeding of 8th Congress on Environmental Health, Tehran University of Medical Sciences, 2005; 1245-1253.

www.SID.ir