

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره یک، فروردین ماه ۹۹

بررسی کارایی سیستم های طبیعی و لجن فعال جهت تصفیه فاضلاب شهری

دکتر رضا شکوهی^۱

عبداله درگاهی^{۳،۲*}

a.dargahi29@yahoo.com

امیر کرمی^۴

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۱/۲۵

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۱۵

چکیده

زمینه و هدف: ورود مواد آلی به منابع آب سبب مصرف اکسیژن محلول شده و برای موجودات زیستی نامطلوب تلقی می شود. لذا هدف از این تحقیق، بررسی کارایی سیستم های طبیعی تصفیه فاضلاب و لجن فعال جهت تصفیه فاضلاب شهری بود.

روش بررسی: پژوهش حاضر به روش توصیفی مقطعی بر روی تصفیه خانه های فاضلاب استان کرمانشاه در طول مدت یک سال انجام پذیرفت. در طول مدت تحقیق هر هفته نمونه برداری از فاضلاب ورودی و پساب خروجی از تصفیه خانه انجام شد و کارایی تصفیه خانه با سنجش پارامترهایی نظیر TSS، BOD₅ و COD مورد بررسی قرار گرفت. تمامی مراحل نمونه برداری و انجام آزمایش ها بر اساس روش های موجود در استاندارد متد انجام شد.

یافته ها: نتایج نشان داد که میانگین کل برای پارامتر BOD₅ پساب خروجی در سیستم های مختلف نیزار مصنوعی، برکه تثبیت، هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف به ترتیب ۵۵، ۲۵، ۲۱ و ۲۳، برای COD به ترتیب ۱۴۳، ۴۳، ۴۰ و ۴۰ و برای TSS به ترتیب ۴۷، ۱۰۱، ۴۰ و ۳۳ به دست آمد. از بین سیستم های مورد بررسی بیش ترین میزان حذف COD مربوط به سیستم لجن فعال متعارف (۸۶/۹۷٪) و کم ترین آن مربوط به نیزار مصنوعی (۶۱/۶٪) بوده و بالاترین میزان حذف BOD₅ مربوط به سیستم برکه تثبیت (۸۵/۱۸٪) و پایین ترین آن مربوط به نیزار مصنوعی (۷۲/۰۱٪) می باشد. نسبت BOD₅/COD در فاضلاب ورودی برای سیستم های مورد بررسی به ترتیب ۰/۵۶، ۰/۶۲، ۰/۵۹ و ۰/۵۵ به دست آمد.

بحث و نتیجه گیری: در بررسی انطباق کیفیت پساب خروجی از تصفیه خانه های استان کرمانشاه با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران می توان نتیجه گرفت که پساب تولیدی از نظر پارامترهای مورد بررسی با استانداردهای رایج مطابقت داشته است و می توان از آن استفاده مجدد نمود و یا به آب های پذیرنده تخلیه کرد. هم چنین کارایی سیستم های طبیعی در حذف پارامترهای مورد بررسی بیش تر از سیستم های لجن فعال بود.

۱- استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

۲- مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران

۳- استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران. * (مسئول مکاتبات)

۴- فارغ التحصیل دکترای گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

A Survey on Efficiency of Natural Wastewater Treatment Systems and Activated Sludge for Municipal Wastewater Treatment

Reza Shokoohi¹

Abdollah Dargahi^{2,3*}

a.dargahi29@yahoo.com

Amir Karami⁴

Accepted: 2016.04.13

Received: 2016.02.04

Abstract

Background and Objective: Consumption of dissolved oxygen by organic substances in water resources result in undesirable environment for living organisms. The aim of this study was to evaluate the efficiency of natural wastewater treatment systems and activated sludge for municipal wastewater treatment.

Methods: This one year-cross-sectional study was conducted on wastewater treatment plants in Kermanshah province. During the study, sampling of raw sewage and effluent of treatment plant was carried out and the efficiency of treatment plant was evaluated by measuring TSS, BOD₅ and COD. All the sampling and testing procedures were adopted from the standard method.

Findings: The results showed that the annual average of BOD₅ in effluent for Wetland, stabilization pond, extended aeration and conventional activated sludge was 55, 25, 21 and 23 mg/l respectively. Also the annual average was 143, 43, 40 and 40 mg/l for COD, and 47, 101, 40 and 33 mg/l for TSS, respectively. For COD removal the conventional activated sludge (86.97%) and Wetland (61.6%) were the most efficient and least efficient systems. For BOD₅ removal the stabilization pond (85.18%) and Wetland (72.01%) were the most efficient and least efficient systems. The BOD₅ / COD ratio in influent were respectively 0.56, 0.62, 0.59 and 0.55 in these systems.

Discussion and Conclusion: In all of the mentioned wastewater treatment systems, the effluent parameters comply with the Iran environmental protection agency standards and it can be reused or discharged to water bodies. Also it can be concluded that, for above-mentioned parameters the removal efficiency of natural systems was more than activated sludge.

Keywords: Stabilization Pond, Wetland, Activated Sludge, Sewage Treatment, Organic Materials

1- Professor of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

2- Social Determinants of Health Research Center, Ardabil University of Medical Sciences,

3- Assistant Professor of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran. *(Corresponding Author)

4- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

مقدمه

طی دو دهه گذشته در پی افزایش جمعیت، افت کمی و کیفی منابع آب رخ داده است. افزایش فاضلاب شهری، نگرانی رو به افزایش اثر آلودگی فاضلاب بر منابع تامین آب، هم چنین اهمیت یافتن کیفیت پساب و لجن خروجی در طرح های استفاده مجدد از فاضلاب باعث شده که تصفیه فاضلاب و افزایش علوم و تکنولوژی مربوطه توجه زیادی را از سوی دستگاه های قانون گذار دولتی به خود جلب کند (۱).

با توجه به این که فاضلاب از یک سو مهم ترین عامل آلودگی آب محسوب می شود و از طرفی در صورت تصفیه کافی می تواند یکی از منابع جایگزین آب تازه باشد، تصفیه فاضلاب شهری و استفاده مجدد از پساب تصفیه شده به عنوان یک منبع ارزشمند آب برای مصارف مختلف از مهم ترین اهداف تصفیه فاضلاب می باشد (۲). در استفاده مجدد از پساب در صورت عدم توجه به کیفیت میکروبی پساب و جنبه های بهداشتی آن خطر جدی برای بهداشت و سلامتی انسان و محیط زیست ایجاد خواهد شد (۳). در کشورهای کم درآمد و با درآمد متوسط برخلاف کشورهای صنعتی مشکلات زیادی در مورد تامین آب و مدیریت فاضلاب تولیدی وجود دارد (۴). جمع آوری، تصفیه و استفاده مجدد از فاضلاب باعث حفاظت از محیط زیست، بهداشت عمومی و ایجاد رفاه در جامعه می شود (۵).

فاضلاب شهری مخلوطی از آب مصرفی در خانه ها، ادارات، مناطق تجاری و صنعتی می باشد. میزان تولید فاضلاب در جوامع مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی، اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی متفاوت می باشد. به دلیل وجود آلاینده های میکروبی و شیمیایی در فاضلاب ها، تخلیه آن ها بدون تصفیه به محیط زیست و یا استفاده از آن ها در مصارف کشاورزی منجر به آلودگی منابع آب و خاک شده و در نهایت خطرات آن متوجه بهداشت و سلامت انسان می گردد (۶ و ۷).

در جهان امروز، مهم ترین مساله در انتخاب فرآیندهای تصفیه، تصمیم گیری در مورد مناسب ترین گزینه تصفیه بر مبنای مسایل اقتصادی و زیستی محیطی با هدف هدایت صحیح سرمایه های ملی و جلوگیری از اتلاف منابع مالی است (۸).

هدف از تصفیه فاضلاب حذف آلاینده های آن برای جلوگیری از آلودگی محیط زیست می باشد. در اغلب استانداردهای مربوط به تصفیه ثانویه فاضلاب برای غلظت اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)، غلظت اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD₅) و کل جامدات معلق موجود در پساب (TSS)، محدودیت در نظر گرفته می شود. در ضوابط اخیر برای میزان آلودگی بیولوژیکی نیز به منظور کنترل مقدار کلی فرم در حد مجاز، به ویژه در مواردی که پساب برای اهداف آبیاری در نظر گرفته می شود، محدودیت هایی اعمال شده است (۹).

انواع نسبتاً گسترده ای از روش های تصفیه فاضلاب وجود دارد. تصفیه های فیزیکی و شیمیایی اغلب به منظور جداسازی مواد معلق فاضلاب به کار می روند و در اغلب روش های تصفیه فاضلاب یکسان می باشند. بنابراین مبنای مقایسه فرآیندهای مختلف تصفیه فاضلاب، سیستم های بیولوژیکی خواهند بود (۸). فرآیندهای مختلف بیولوژیک جهت کاهش مواد آلاینده فاضلاب وجود دارد که هر کدام از این روش ها دارای مزایا و معایبی می باشد. یکی از متداول ترین سیستم ها در تصفیه فاضلاب سیستم لجن فعال است که خود دارای انواع متنوعی می باشد (۱۰). این فرآیند می تواند محدودیت های ذکر شده توسط استانداردهای مختلف را برآورده کند. فرآیند لجن فعال متعارف که غالباً در تصفیه خانه های بزرگ به کار گرفته می شود شامل یک استخر هوادهی و استخر ته نشینی است که مخلوط لجن از استخر هوادهی به استخر ته نشینی، که در آن لجن از پساب جدا می شود، منتقل می گردد. اساس کار در فرآیند لجن فعال هوازی، شامل هوادهی فاضلاب خام در مجاورت میکروارگانیسم ها در حوضچه هوادهی و سپس جداسازی جرم میکروبی از فاضلاب هوادهی شده در حوض های ته نشینی و به دست آوردن پساب تصفیه شده است (۱۱).

در فرآیند لجن فعال به دلیل نیاز به تجهیزات مکانیکی و الکتریکی و مصرف زیاد انرژی هزینه تصفیه فاضلاب بالا می باشد. در مقابل این روش ها به فرآیندهای کم هزینه تر نیز وجود دارد که جزء فرآیندهای تصفیه طبیعی می باشند که برکه های

از پساب تصفیه شده برای مصارف مختلف به ویژه آبیاری، تعیین و ارزیابی راندمان تصفیه خانه ها، این تحقیق با هدف بررسی کارایی سیستم های طبیعی تصفیه فاضلاب (سیستم های نیزار مصنوعی و برکه تثبیت) و سیستم های مختلف لجن فعال (لجن فعال متعارف و هوادهی گسترده) در حذف مواد آلی تصفیه خانه های استان کرمانشاه انجام گردید.

روش بررسی

روش مطالعه از نوع توصیفی- مقطعی بود. این تحقیق به مدت یک سال از فروردین تا پایان اسفند ماه سال ۱۳۹۳، بر روی تصفیه خانه های فاضلاب استان کرمانشاه (سرپل ذهاب از نوع سیستم هوادهی گسترده، کرمانشاه از نوع سیستم لجن فعال متعارف، اسلام آباد غرب از نوع سیستم برکه های تثبیت و قصر شیرین از نوع سیستم نیزار مصنوعی) انجام شد. نمونه برداری به صورت هفتگی از ورودی تصفیه خانه ها (در واحد آشغال گیر) و خروجی آن ها (بعد از واحد کلر زنی) به حجم یک لیتر، انجام گرفت. تعداد نمونه های برداشت شده از ورودی و خروجی هر تصفیه خانه، یکسان و معادل ۴۸ نمونه بوده و بنابراین جمعاً در این مطالعه ۲۸۸ نمونه مورد آزمایش قرار گرفت. روزهای نمونه برداری در طول هفته و به صورت تصادفی انتخاب گردید. در این مطالعه پارامترهای BOD₅ (اکسیژن خواهی بیوشیمیایی پنج روزه)، COD (اکسیژن خواهی شیمیایی) و TSS (کل جامدات معلق) در نمونه ها مورد بررسی قرار گرفتند. کلیه شرایط نمونه برداری و آزمایش ها براساس رهنمودهای کتاب روش های استاندارد برای آزمایش های آب و فاضلاب انجام شد (۲۰). به منظور بررسی عملکرد تصفیه خانه ها درصد حذف آلاینده ها در آن ها تعیین گردید.

اندازه گیری COD با استفاده از راکتور COD مدل HACH، اندازه گیری BOD₅ با استفاده از روش بارومتریکی و اندازه گیری TSS با استفاده از روش وزن سنجی و بر اساس دستورالعمل کتاب روش های استاندارد برای آزمایش های آب و فاضلاب انجام گرفت (۳۰). به منظور بررسی عملکرد تصفیه خانه های مورد بررسی در حذف مواد آلی، پارامترهای مورد سنجش در پساب

تثبیت فاضلاب در این دسته قرار دارند (۱۲). برکه های تثبیت جزء ساده ترین فرآیندهای تصفیه فاضلاب می باشند که در مقایسه با سایر سیستم های تصفیه از راندمان بالا در حذف ارگانیک های بیماری زا، شوک پذیری در مقابل مواد سمی و بارهای آلی و هیدرولیکی برخوردار می باشند (۱۳). تعداد بسیار زیادی از این برکه ها در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه به کار گرفته شده اند (۱۴). در کشور ایران نیز بر اساس بخشنامه مدیریت شرکت آب و فاضلاب در سال ۱۳۷۰ در صورت امکان ساخت و استفاده برکه های تثبیت نسبت به سایر روش های تصفیه فاضلاب در اولویت قرار دارد (۱۵). قابل ذکر است که با توجه به مطالعات انجام شده راهبری صحیح و اصولی از مهم ترین عوامل در عملکرد بهینه برکه های تثبیت به شمار می آید. بی توجهی به مسایل بهره برداری در این روش منجر به ایجاد مشکلات عمده ای از جمله تولید بو، تجمع حشرات و در نهایت تولید پسابی با کیفیت نامطلوب می گردد (۱۶ و ۱۷). برکه های تثبیت به حداقل مصرف انرژی، تجهیزات مکانیکی و الکتریکی نیاز دارند. عیب عمده برکه های تثبیت فاضلاب نیاز به زمین زیاد است. در کشور ما به دلیل مناسب بودن شرایط آب و هوایی از نظر درجه حرارت در اکثر مناطق می توان به طور موثر از برکه های تثبیت برای تصفیه فاضلاب با هزینه های کم تر استفاده نمود (۱۲).

یکی دیگر از روش های تصفیه طبیعی فاضلاب استفاده از نیزارها می باشد. نیزارها به عنوان یک ذخیره طبیعی در تمام تاریخ بشری شناخته شده اند و قدمت آن به قدمت زمین می رسد (۱۸). بشر اولیه از تالاب ها یا نیزارها برای تصفیه فاضلاب استفاده کرده اما نیزارهای مصنوعی که حدود ۴۰ سال قبل به طور جدی وارد عرصه تصفیه فاضلاب شده اند، در یک دهه ی اخیر در تمام نقاط دنیا مورد توجه ی زیادی قرار گرفته اند (۱۹). اکثر نیزارها در حذف آلاینده ها از فاضلاب کارایی قابل قبولی دارند اما از بعضی جهات نسبت به برکه های تثبیت کم تر موثر واقع می شوند. قابلیت شوک پذیری سیستم نیزار با جریان زیر سطحی یکی از توانایی های ویژه این سیستم تصفیه می باشد. با توجه به اهمیت دفع بهداشتی فاضلاب و استفاده سالم و مطمئن

اندازه گیری اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (BOD)

ابتدا ۱۶۴ میلی لیتر از نمونه را همراه با ۱۶۴ میلی لیتر از تیوسولفات سدیم حل شده در ۵۰۰ میلی لیتر آب شهری در داخل بطری BOD ریخته، سپس ۳ الی ۵ قرص از هیدروکسید سدیم را در داخل درپوش لاستیکی قرار داده و درپوش دیجیتالی بطری را بسته و آن را در داخل انکوباتور در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد قرار داده و پس از گذشت ۵ روز تمام آن قرائت گردید.

یافته ها

در طی یک سال هر هفته یک بار از فاضلاب ورودی و پساب خروجی تصفیه خانه های مختلف استان کرمانشاه نمونه برداری شد که میانگین نتایج به صورت فصلی در جدول (۱) و راندمان حذف پارامترهای مورد بررسی در شکل های (۳-۱) ارائه شده است.

همان طور که در جدول (۱) ملاحظه می شود میانگین کل برای پارامتر BOD_5 فاضلاب ورودی در سیستم های مختلف نیز از مصنوعی، برکه تثبیت، هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف به ترتیب ۲۱۱، ۲۳۰، ۱۶۸ و ۱۵۷ میلی گرم بر لیتر و برای COD به ترتیب ۳۷۹، ۳۹۱، ۲۷۸ و ۲۸۹ میلی گرم بر لیتر و برای TSS به ترتیب ۸۱، ۲۱۲، ۱۳۳ و ۱۵۱ میلی گرم بر لیتر به دست آمد. هم چنین میانگین کل برای پارامتر BOD_5 پساب خروجی در سیستم های مختلف نیز از مصنوعی، برکه تثبیت، هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف به ترتیب ۲۵، ۲۵ و ۲۶ میلی گرم بر لیتر، برای COD به ترتیب ۱۴۳، ۴۵، ۳۹ و ۳۷ میلی گرم بر لیتر و برای TSS به ترتیب ۴۷، ۱۰۳، ۴۰ و ۳۳ میلی گرم بر لیتر به دست آمد. نسبت BOD_5/COD در فاضلاب ورودی برای سیستم های مورد بررسی به ترتیب ۰/۵۶، ۰/۵۹، ۰/۶ و ۰/۵۴ میلی گرم بر لیتر می باشد.

خروجی با استانداردهای خروجی فاضلاب سازمان حفاظت محیط زیست ایران برای تخلیه آب های سطحی یا استفاده مجدد از پسابها به منظور آبیاری در کشاورزی مقایسه گردید (۲۱). اطلاعات جمع آوری شده مربوط به راندمان تصفیه خانه ها در حذف آلاینده ها با استفاده از برنامه آماری SPSS از نوع آزمون t-test یک طرفه مورد آنالیز قرار گرفت.

اندازه گیری اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)

COD یک فاضلاب عبارت است از میزان اکسیژن مورد نیاز برای واکنش شیمیایی (اکسیداسیون) مواد قابل اکسیداسیون موجود در آن فاضلاب. این آزمایش هم مواد آلی قابل تجزیه در آب و هم مواد آلی غیر قابل تجزیه در فاضلاب را مشخص می نماید. اندازه گیری COD با استفاده از روش هضم ۲ ساعته اسید سولفوریک و دی کرومات پتاسیم انجام شد و بلوک حرارتی مورد استفاده COD Reactor model 45600 ساخت کمپانی HACH بود.

اندازه گیری مواد جامد معلق (TSS)

جهت اندازه گیری مواد جامد معلق روش های متعددی قابل دسترس است که اکثر آن ها مبتنی بر وزن سنجی می باشند. در این روش برای اندازه گیری مواد جامد معلق، ابتدا ۵۰ میلی لیتر از نمونه را از صافی فایبر گلاس واتمن با قطر شبکه اسمی ۱/۵۸ میکرون که در قیف بوختر قرار داده شده است، عبور داده و صافی به مدت ۱ ساعت در اتوکلاو و در دمای ۱۰۵-۱۰۳ درجه سانتی گراد قرار داده می شود تا به وزن ثابت برسد. در این مرحله صافی را در دسیکاتور قرار داده تا به دمای معمول قبل از آزمایش برسد، سپس مجدداً آن را وزن کرده، تفاضل بین وزن اولیه و ثانویه بیانگر وزن مواد جامد معلق در نمونه می باشد که با تقسیم آن بر حجم نمونه، غلظت آن بر حسب میلی گرم در لیتر به دست می آید.

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار پارامترهای مورد بررسی در تصفیه خانه های شهرهای استان کرمانشاه و مقایسه پساب

خروجی آن با استاندارد (انحراف معیار± میانگین)

Table 1- Mean and standard deviation parameters in effluent treatment plants in the cities of Kermanshah and compare it with the standard (mean ± SD)

BOD ₅ /COD		TSS		COD		BOD ₅		پارامتر	
خروجی پساب	فاضلاب ورودی	پساب خروجی	فاضلاب ورودی	پساب خروجی	فاضلاب ورودی	پساب خروجی	فاضلاب ورودی	فصول	نوع سیستم (شهر)
۰/۳۸	۰/۵۶	۴۷±۳/۹	۸۰±۹/۵۶	۱۸۴±۶۷/۴	۴۹۲±۲۱۴/۵۱	۶۸±۲۲/۴۶	۲۷۹±۱۲۴/۶۹	بهار	نیزار مصنوعی (قصر شیرین)
۰/۶۱	۰/۶۹	۴۵±۸/۸۸	۸۶±۶/۸۶	۹۰±۴۰/۴۲	۳۰۱±۴۰/۱۴	۵۱±۱۰/۶۸	۲۰۹±۴۰/۸۶	تابستان	
۰/۳۶	۰/۵۸	۵۵±۸/۴۶	۸۵±۵/۲۶	۱۵۵±۹/۷۱	۳۷۳±۲۱/۸۴	۵۷±۵/۲۳	۲۱۸±۱۰/۵۶	پاییز	
۰/۳۲	۰/۴۲	۴۲±۵/۵۹	۷۴±۱۱/۸۲	۱۴۲±۳۲/۴۶	۳۵۱±۶۴/۹۵	۴۵±۹/۱۸	۱۳۸±۱۴/۴۴	زمستان	
۰/۴۱	۰/۵۶	۴۷±۶/۶۱	۸۱±۸/۸۲	۱۴۳±۳۷/۹	۳۷۹±۸۵/۳۵	۵۵±۱۱/۷	۲۱۱±۴۷/۹۲	کل	
۰/۶۵	۰/۶۴	۹۷±۱۶/۶	۲۰۹±۳۱/۴	۳۸±۲/۰۸	۳۵۰±۱۳/۳۵	۲۳±۲/۵	۲۲۳±۱۷/۴۸	بهار	برکه تشبیت (اسلام آباد غرب)
۰/۵۹	۰/۶۷	۹۱±۶/۷	۲۲۹±۸/۸۳	۴۶±۱۱/۶۵	۳۸۰/۴۰/۷۹	۲۴±۲/۶۹	۲۵۴±۲۳/۷۱	تابستان	
۰/۵۸	۰/۶۱	±۲۱/۶۳ ۱۰۵	۱۹۶±۲۲/۶	۴۳±۷/۳۸	۳۲۲±۲۸/۵	۲۳±۴/۲۶	۲۱۲±۱۸/۹۳	پاییز	
۰/۵۴	۰/۵۸	±۲۵/۶۷ ۱۰۷	۱۸۴±۲۳/۵	۴۴±۷/۷۶	۳۳۰±۵۸/۷۲	±۴/۹۶ ۲۶۲۳	۲۰۷±۳۴/۸۷	زمستان	
۰/۵۹	۰/۶۲	±۱۸/۳۹ ۱۰۱	۲۰۵±۲۲/۴	۴۳±۷/۳۱	۳۴۶±۳۵/۲۹	۲۵±۴/۳۱	۲۲۴±۲۳/۵	کل	
۰/۵۶	۰/۵۱	۳۴±۳/۲	۱۴۲±۵/۶۲	۳۸±۱/۱	۲۷۷±۶۱/۲۷	۲۲±۷/۹	۱۴۰±۵/۸	بهار	هوادهی گسترده (سرپل ذهاب)
۰/۶۷	۰/۶۸	۳۰±۶/۵۷	±۳۵/۲۸ ۱۶۱	۳۲±۱۱/۴۸	۲۸۲±۱۱/۳۵	۲۰±۴/۴۷	۱۸۷±۳۳/۳۴	تابستان	
۰/۴۸	۰/۵۵	۴۴±۵/۶۶	۷۳±۱۳/۱۴	۵۱±۱۱/۰۷	۲۷۸±۵۷/۹۱	۱۹±۲/۶	۱۳۵±۱۲/۴۳	پاییز	
۰/۶۱	۰/۵۹	۵۲±۵/۹	۷۳±۱۳/۵۶	۴۲±۳/۹	۲۹۲±۶/۴۱	۲۵±۸/۸۶	۱۷۳±۳/۱۹	زمستان	
۰/۵۸	۰/۵۹	۴۰±۵/۳	۱۱۲±۱۶/۷	۴۰±۶/۷۵	۲۸۲±۳۴/۲۵	۲۱±۵/۸	۱۵۸±۱۳/۷	کل	
۰/۵۹	۰/۵۱	۳۳±۱/۹	±۱۰/۲۲ ۱۵۲	۴۰/۹±۶/۱	۳۲۳/۱۹/۴۱	۲۳±۱/۵۷	۱۵۷±۲۱/۷	بهار	لجن فعال متعارف (کرمانشاه)
۰/۷۱	۰/۶۹	۳۱±۷/۴۶	±۳۶/۷۹ ۱۵۹	۳۰±۴/۴۸	۲۶۶/۶/۳۵	۲۰±۱/۴	۱۸۴±۸/۹	تابستان	
۰/۵۸	۰/۵۰	۳۴±۴/۴۴	±۱۶/۹۶ ۱۵۰	۴۱±۲/۰۷	۲۸۱±۲۶/۹۱	۲۴±۱۱/۰۴	۱۳۶±۲/۱۵	پاییز	
۰/۵۴	۰/۵۲	۳۳±۴/۴۱	۱۴۳±۶/۴	۴۹/۳۹±۷/۵	۲۸۴/۹±۱۲/۴۱	۲۶±۳/۶۶	۱۵۰±۱۰/۷۶	زمستان	
۰/۶	۰/۵۵	۳۳±۴/۶	±۱۷/۲۵ ۱۵۱	۴۰±۵/۵۱	۲۸۹±۱۶/۳	۲۳±۴/۵	۱۵۶±۱۰/۷	کل	
-	-	۴۰		۶۰		۳۰		تخلیه به آب های سطحی	استانداردهای محیط زیستی
-	-	۱۰۰		۲۰۰		۱۰۰		مصرف در کشاورزی	

برگشتی در سیستم هوادهی گسترده بیش تر از سیستم لجن فعال متعارف بوده و میزان F/M سیستم لجن فعال متعارف بیش تر از سیستم هوادهی گسترده می باشد.

میانگین پارامترهای F/M و Q_r/Q (لجن برگشتی) برای دو نوع سیستم لجن فعال مورد بررسی در فصول مختلف در جدول (۲) ارایه شده است. همان طور که ملاحظه می گردد میزان لجن

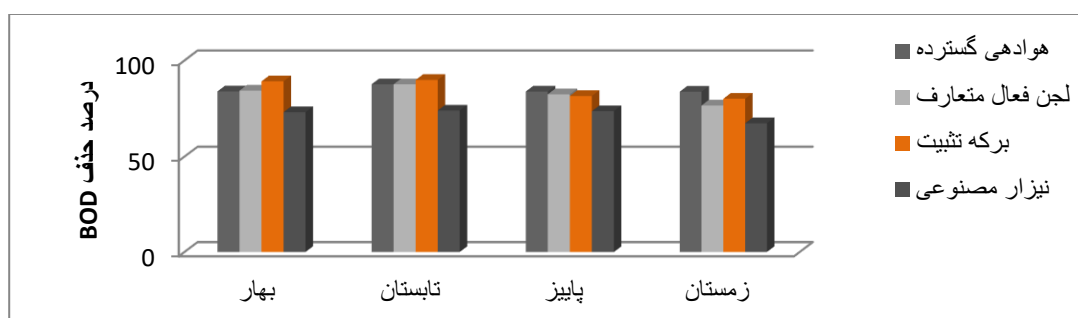
جدول ۲- میانگین پارامترهای F/M و Q_r/Q برای دو نوع سیستم لجن فعال مورد بررسی در فصول مختلف

Table 2- Average parameters F/M and Q_r/Q activated sludge systems studied for Different seasons.

هوادهی گسترده				لجن فعال متعارف				نوع فرآیند
زمستان	پاییز	تابستان	بهار	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	
۰/۰۷	۰/۰۸۵	۰/۱۱	۰/۰۹۵	۰/۲	۰/۲۴	۰/۳	۰/۲۷	نسبت F/M
۷۵	۷۸	۸۲	۸۷	۴۹	۴۶	۴۴	۴۲	نسبت Q _r /Q (%)

ترتیب ۷۲/۰۱، ۸۸/۴۱، ۸۴/۷۸ و ۸۲/۷۹ درصد به دست آمد (شکل ۱).

میانگین حذف پارامتر BOD در سیستم های مختلف نیز از مصنوعی، برکه تثبیت، هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف به

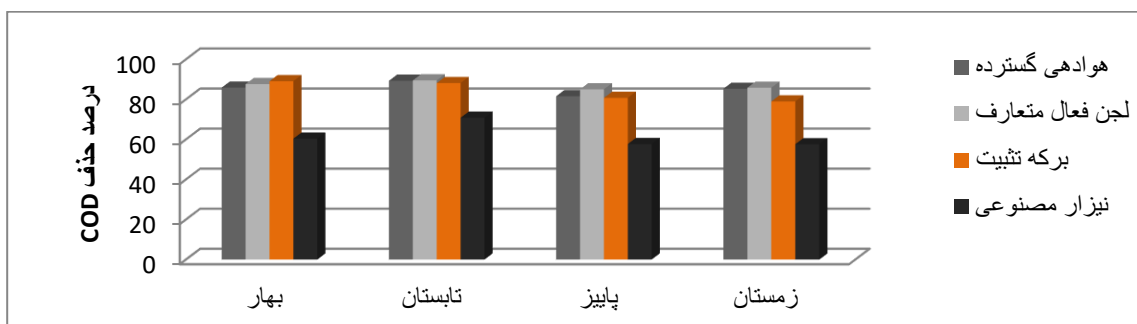


شکل ۱- میانگین درصد حذف BOD₅ در تصفیه خانه های فاضلاب استان کرمانشاه

Figure 1- Average percentage of BOD5 removal in wastewater treatment plants in Kermanshah

ترتیب ۶۱/۶۹، ۸۷/۴۶، ۸۵/۴۷ و ۸۶/۹۵ درصد می باشد (شکل ۲).

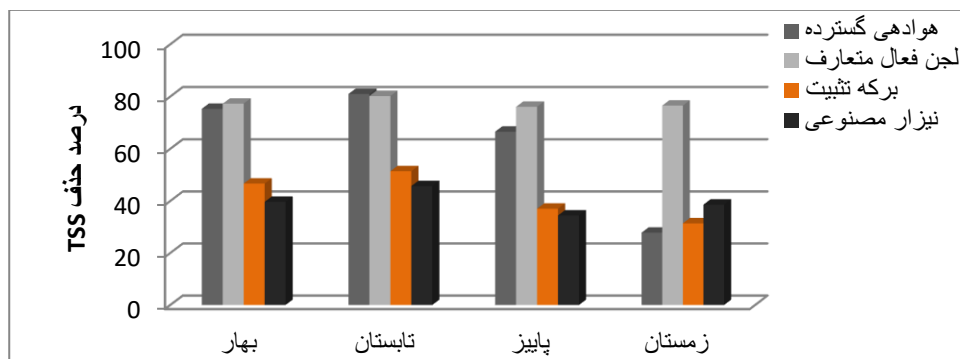
میانگین حذف پارامتر COD در سیستم های مختلف نیز از مصنوعی، برکه تثبیت، هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف به



شکل ۲- میانگین درصد حذف COD در تصفیه خانه های فاضلاب استان کرمانشاه

Figure 2- Average percentage of COD removal in wastewater treatment plants in Kermanshah

میانگین حذف پارامتر TSS در سیستم های مختلف نیزاز مصنوعی، برکه تثبیت، هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف به ترتیب ۷۶/۷۵ و ۶۲/۶۳، ۴۲/۵۲، ۳۹/۵۷ درصد حاصل شد (شکل ۳).



شکل ۳- میانگین حذف TSS در تصفیه خانه های فاضلاب استان کرمانشاه

Figure 3- Average percentage of TSS removal in wastewater treatment plants in Kermanshah

آلودگی فاضلاب است (۲۴). هم چنین میانگین حذف پارامتر COD در سیستم های مختلف نیزاز مصنوعی، برکه تثبیت، هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف به ترتیب ۶۱/۶، ۸۴/۲۳، ۸۵/۴۹ و ۸۶/۹۷ درصد، برای BOD به ترتیب ۷۲/۰۱، ۸۵/۱۸، ۸۴/۷۸ و ۸۲/۷۹ درصد و برای TSS به ترتیب ۳۹/۵۷، ۴۱/۶۱، ۶۲/۶۳ و ۷۷/۵ درصد به دست آمد. که از بین سیستم های طبیعی، بیش ترین میزان حذف COD و BOD مربوط به سیستم برکه تثبیت و کمترین آن مربوط به سیستم نیزاز مصنوعی می باشد. رحمانی و همکارانش در بابل با استفاده از یک طرح پیلوتی نشان دادند که برکه های تثبیت نسبت به نیزاز مصنوعی در ازای هر نفر با کاربری زمین کم تر، بار آلی بیش تر و راندمان بالاتری در حذف BOD، COD، جامدات معلق، تخم انگل و کلی فرم داشته است (۲۵) که با مطالعه حاضر مطابقت دارد.

نتایج نشان داد که بیش ترین میزان حذف پارامتر TSS برای سیستم های نیزاز مصنوعی، برکه تثبیت، هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف در فصل تابستان (به ترتیب ۴۵/۷، ۵۱/۴، ۸۰/۹۶ و ۸۰/۱۸٪) و کم ترین آن برای سیستم های برکه تثبیت، هوادهی گسترده در فصل زمستان به ترتیب ۳۱/۳۷، ۲۷/۷۹ و برای لجن فعال متعارف و نیزاز مصنوعی در فصل پاییز به ترتیب ۷۶/۰۵ و ۳۴/۴٪ به دست آمد. از طرفی بیش

بحث

در این تحقیق مشخص گردید که میانگین غلظت TSS فاضلاب ورودی برای سیستم های نیزاز مصنوعی، برکه تثبیت، هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف به ترتیب ۸۱ mg/l، ۲۰۵، ۱۱۲ و ۱۵۱، برای BOD₅ به ترتیب ۲۱۱ mg/l، ۲۲۴، ۱۵۸ و ۱۵۶ و برای COD نیز به ترتیب ۳۷۹ mg/l، ۳۴۶، ۲۸۲ و ۲۸۹ بوده و نسبت BOD₅ به COD فاضلاب ورودی برای سیستم های مورد بررسی به ترتیب ۰/۵۶، ۰/۶۲، ۰/۵۹ و ۰/۵۵ می باشد. با توجه به نسبت BOD به COD که برابر ۰/۵ یا بزرگ تر است، این نوع فاضلاب به عنوان فاضلاب قابل تصفیه به وسیله روش های بیولوژیکی محسوب می شود (۳۳). مطالعه ززولی و همکاران نشان داد که نسبت BOD به COD برای فاضلاب ورودی تصفیه خانه فاضلاب آق قلا ۰/۶۵ می باشد (۲۲) که نسبت به سیستم های مورد بررسی بیش تر می باشد.

علاوه بر این، نتایج مربوط به مشخصات فاضلاب خام ورودی به تصفیه خانه های فاضلاب استان کرمانشاه بیانگر آن است که فاضلاب تولیدی در این استان از نظر شدت آلودگی در گروه فاضلاب های شهری متوسط قرار دارد (۲۳). برای بررسی شدت آلودگی فاضلاب های خام شهری سنجش پارامترهایی از قبیل COD، BOD₅ و TSS به طور منظم انجام می شود. هرچه غلظت این پارامترها بیش تر باشد، نشان دهنده بالا بودن شدت

حفاظت محیط زیست ایران با توجه به نوع استفاده از پساب، استانداردهایی را ارائه نموده است. با در نظر گرفتن این استانداردها برای تخلیه پساب به آب های سطحی غلظت COD، BOD₅ و TSS باید کم تر از ۶۰، ۳۰ و ۴۰ میلی گرم در لیتر باشد. برای استفاده از پساب در مصارف کشاورزی مقادیر بالاتری (۲۰۰ میلی گرم در لیتر برای BOD₅ و TSS) در نظر گرفته شده است. در این تحقیق از نظر تخلیه پساب خروجی به آب های سطحی، پارامتر COD و BOD₅ برای تمامی سیستم های مورد بررسی به جزء سیستم نیزار مصنوعی (۱۴۳ و ۵۵) کم تر از حد استاندارد می باشد. هم چنین پارامتر TSS برای تمامی سیستم ها به جزء سیستم برکه تثبیت (۱۰۱ mg/l) و نیزار مصنوعی (۴۷ mg/l) کمتر از حد استاندارد تخلیه آب های سطحی به دست آمد. با توجه به نتایج، پساب خروجی تمامی سیستم های مورد بررسی برای پارامترهای COD و BOD₅ کم تر از حد استاندارد استفاده مجدد در کشاورزی بوده ولی برای پارامتر TSS برکه تثبیت بیش تر از حد استاندارد بود.

نتیجه گیری

در بررسی انطباق کیفیت پساب خروجی از تصفیه خانه های استان کرمانشاه با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران می توان نتیجه گرفت که پساب تولیدی از نظر پارامترهای مورد مطالعه (COD، BOD₅ و TSS) با استانداردهای رایج مطابقت داشته است و می توان از آن استفاده مجدد نمود و یا به آب های پذیرنده تخلیه کرد. هم چنین کارایی سیستم های طبیعی در حذف پارامترهای مورد بررسی بیش تر از سیستم های لجن فعال بود. به طور کلی سیستم های طبیعی (برکه تثبیت و نیزار مصنوعی) در صورت راهبری مناسب، قابلیت حذف ترکیبات آلی از فاضلاب شهری با کارایی بالا را دارند. با توجه به ویژگی های خوب این سیستم ها نظیر انعطاف پذیری، سهولت اجرا، سادگی بهره برداری، راندمان نسبتاً خوب می توان از این سیستم به جای سیستم های گران و پیچیده ای نظیر لجن فعال استفاده کرد.

ترین میزان حذف پارامتر BOD₅ برای سیستم های نیزار مصنوعی، برکه تثبیت، هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف در فصل تابستان به ترتیب ۷۳/۹۵، ۸۹/۸۳، ۸۷/۶۱ و ۸۷/۶٪ و کم ترین آن برای تمامی سیستم های مورد بررسی در فصل زمستان به ترتیب ۶۷/۳۷، ۸۰/۱۱، ۸۳/۷۷ و ۷۶/۶٪ به دست آمد. با توجه به نتایج بیش ترین میزان حذف COD برای سیستم های نیزار مصنوعی، هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف به ترتیب ۷۰/۸۹، ۸۹/۲۹ و ۸۹/۴۷٪ در فصل تابستان و برای سیستم برکه تثبیت ۸۸/۱۳٪ در فصل بهار بود. کم ترین میزان حذف آن نیز برای سیستم های هوادهی گسترده و لجن فعال متعارف به ترتیب ۸۵/۲۷ و ۸۵/۸٪ در فصل پاییز و برای سیستم های برکه تثبیت و نیزار مصنوعی به ترتیب ۷۸/۹۷ و ۵۷/۵۸٪ در فصل زمستان به دست آمد. نتایج مطالعه درگاهی و همکاران نشان داد که با افزایش دما میزان حذف پارامترهای COD و BOD در سیستم برکه تثبیت افزایش یافته است، به طوری که بیش ترین میزان حذف برای دو پارامتر مورد بررسی در دمای گرم به ترتیب ۹۳/۳۱ و ۹۳/۶۶٪ و کم ترین میزان حذف این پارامترها به ترتیب ۴۱/۴۷ و ۵۵/۴۰٪ می باشد که با مطالعه حاضر مطابقت دارد (۲۶). نتایج مطالعه سالاری و همکاران (۲۷) که از تالاب مصنوعی جهت حذف آلاینده های فاضلاب استفاده کرده بودند نشان داد که میزان حذف BOD، COD و TSS به ترتیب ۷۹، ۷۰ و ۷۶٪ بود لازم به ذکر است که در مطالعه سالاری و همکاران جهت تصفیه فاضلاب از گیاهی بنام فاراگمیتس استرالیس استفاده کرده بودند که با مطالعه حاضر مطابقت دارد. در مطالعه حاضر نیز جهت تصفیه فاضلاب شهر قصر شیرین از گیاهی بنام فاراگمیتس استرالیس استفاده می شود.

کیفیت پساب خروجی از تصفیه خانه های فاضلاب شهری از طریق سنجش پارامترهای کل جامدات معلق، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی مورد بررسی قرار می گیرد (۲۴). به منظور استفاده مجدد از پساب و تخلیه آن به منابع آب های سطحی میزان هر یک پارامترهای فوق الذکر باید در حد استاندارد باشد که در این سازمان

- in the Middle East and North Africa. Journal of Environmental Management. 2001; 61: 319-328.
6. WHO experts Committee. Waste stabilization pond WHO Tech Ser. 1987, 10: 9-64.
 7. Odegard H. Design and operation of small wastewater treatment plant. 3rd Iawq International Specialist conference (abstract). Condon, 1994: 161-182.
 8. Mehdi Ahmadi, Masoud Tajrishi ,Ahmad Abrishamch. Technical and Economic Comparison of Conventional Wastewater Treatment Systems in the Sugar Industries in Iran, Journal of Water and Wastewater. 1384, 53, pp: 54-61. (in Persian)
 9. Ashtiani A A, Rajaei S M, Faraz A. Disposal and filtration of wastewater in hospitals of Markazi Province in 2009. Arak Medical University Journal (AMUJ) Autumn 2010; 13(3): 100-108. (in Persian)
 10. Droste, RL. Theory and Practice of Water And Wastewater Treatment. 1sted. New York: John Wiley: 1997: 248-253
 11. Metcalf I. Wastewater Engineering; Treatment and Reuse: McGraw-Hill; 2003
 12. Sherwood C. Natural system for wastewater treatment. Alexandria WHO press, 1995: 94-125
 13. Sharafi K, Pirsahab M, Khosravi T, Dargahi A, Moradi M & Savadpour M.T. Fluctuation of organic substances, solids, protozoan cysts, and parasite egg at different units of a wastewater integrated stabilization pond (full scale treatment plant): a case study, Iran. Desalination

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی با کد طرح ۹۵۱۱۱۲۶۷۵۲ مصوب دانشگاه علوم پزشکی همدان است که بدین وسیله از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه در تأمین هزینه های آن تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

1. Antoniadis A, Takavakoglou V, Zalidis G, Poullos I. Development and the evaluation of an alternative method for municipal wastewater treatment using homogeneous photocatalysis and constructed wetlands. Catalysis Today. 2007; 124: 260-265.
2. Amin M.M, Hashemi H, Ebrahimi A, Bina B, Movahhedian Attar H, Jaber A, Saffari H, Mousavian Z. Using Combined Processes of Filtration and Ultraviolet Irradiation for Effluent Disinfection of Isfahan North Wastewater Treatment Plant in Pilot Scale. Journal of water & wastewater. 2010; 2: 71-77 (in Persian).
3. Pirsahab M, Khamutian R, Dargahi A. Efficiency of Activated Sludge Process (Extended Aeration) in Removal of Linear Alkyl Benzene Sulfonate (LAS) from Municipal Wastewater - Case Study: Wastewater Treatment of Paveh City. j.health. 2013; 4 (3) :249-259. (in Persian)
4. Wilderer PA, Schreff D. Decentralized and Centralized Wastewater Management: a Challenge for Technology Developers. Water Science and Technology. 2000; 41(1): 1-8.
5. Bakir HA. Sustainable Wastewater Management for Small Communities

- Environmental Protection Organization of Iran. Pp. 28-19. (in Persian)
22. Tchobanoglous G, Burton F, Stensel D. Wastewater Engineering; treatment, disposal, reuse, 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 2003.
 23. Zazouli M, Ghahramani E, GhorbanianAlahAbad M, Nikouie A, Hashemi M. Survey of Activated Sludge Process Performance in Treatment of Agghala Industrial TownWastewater in Golestan Province in 2007. *ijhe*. 2010; 3 (1):59-66. (in Persian)
 24. Matteus FA. Water management and conservation in and climates. Technomic publishing, USA, Chapter 5 and 7, 2000.
 25. Rahmani Sani Abolfazl, 2000, Comparison of wastewater treatment of tropical regions by stabilization ponds and artificial wetlands according to technical and economic indicators. Master's thesis, Babol Engineering Faculty of Engineering. Mazandaran University. (in Persian)
 26. Dargahi A, Pirsahab M, Savadpoor MT, Alighadri M, Farookhi M. Effect of retention time and temperature on the efficiency stabilization ponds in treatment of petroleum wastewater. *Journal of Environmental Science and Technology*. 2014; 16(2): 13-24. (in Persian)
 27. Salari H, Hassani A, Borghei M, Yazdanbakhsh AR, Rezaei H. Investigation of Performance Wetland In Removal N and P In Wastewater Treatment (Case Study:MoradTapeh). *Journal Water & Wastewater*. 2012; 23(3): 40-47. (in Persian)
 - And Water Treat. 2015, 57: 4913-4919.
 14. Almasi A, Pirsahab M, Dargahi A. The Efficiency of Anaerobic Wastewater Stabilization Pond in Removing Phenol from Kermanshah Oil Refinery Wastewater. *ijhe*. 2012; 5 (1) :41-50. (in Persian)
 15. Derayat J, Almasi A, Sharafi K, Meskini H, Dargahi A. The Efficiency Comparison of Conventional Activated Sludge and Stabilization Pond Systems in Removal of Cysts and Parasitic Eggs (A case Study: Kermanshah and Gilangharb Wastewater Treatment Plants). *ijhe*. 2011; 4 (2) :181-188. (in Persian)
 16. Nemerow NL. Industrial Water Pollution Organics, Characteristic and Treatment. New York: VanNostrand Reinhold, 1997, 402-410.
 17. Eckenfelder WW. Industrial Water Pollution Control. New York. McGraw- Hill, 1989, 2td ed: 189-193
 18. Almasi A, Dargahi A, Hoseini MM, Janjani H, Mohammadi M, Tabandeh L. Efficiency of a constructed wetland in controlling organic pollutants, nitrogen, and heavy metals from sewage. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences* 2016;9(4):2924-8.
 19. Kadlec R H, Kinight R L, Treatment wetlands by CRC, 1996, press LLC.
 20. Classer LS, Greenberg AE, Eaton AD. Standard method for the examination of water and wastewater. 21st ed. Washington DC: the American Water Works Association 2005; 589-691.
 21. Environmental Protection Organization of Iran, 2005, Environmental Criteria and Standards, Tehran: Publications of the