سال چهارم، شماره ۲، زمستان ۱۳۹۶، صفحات ۳۱ تا ۴۰
نشریه آب و توسعه پایدار

2018, Vol.4, No.2, Pages 31 to 40
Journal of Water and Sustainable Development

بررسی کارایی تصفیه فاضلاب به روش لجن فعال در تأمین کیفیت پساب برای مصارف آبیاری (مطالعه موردی: تصفیه‌خانه فاضلاب کرمانشاه)

علی دیندارلو[۱*]، مهدی دستورانی[۲]

۱- استادیار علوم و مهندسی آب، عضو هیات علمی دانشگاه خلیج فارس، بوشهر.
۲- استادیار سازه‌های آبی، عضو هیات علمی گروه مهندسی آب، دانشگاه بیرجند.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: dindarlo@pgu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۰۶
تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۶/۰۶

چکیده

با توجه به ضوابط زیست‌محیطی ناشی از تخلیه پساب‌ها به منابع آب و استفاده از آن برای مصارف کشاورزی، در این پژوهش کارایی روش لجن فعال در تصفیه‌خانه فاضلاب شهر کرمانشاه و استفاده پساب آن برای آبیاری، طی مدت یک سال به روش مطالعه مقطعی-توصیفی بررسی شده است. در طول مدت پژوهش، نمونه‌برداری به صورت روزانه و هفتگی از ورودی و خروجی تصفیه‌خانه انجام شد. با سنجش متغیرهای کیفی TSS، COD و BOD_5 فاضلاب ورودی و خروجی و همچنین متغیرهای کیفی اکسیژن محلول، MLVSS، SVI و MLSS در استخر هوادهی بر اساس آخرین روش استاندارد ارائه شده در سال ۱۹۹۶، عملکرد تصفیه‌خانه بررسی و شاخص‌های قابل استفاده بودن در کشاورزی با استانداردهای ملی مقایسه گردید. نتایج نشان داد که شدت آلودگی فاضلاب این شهر از نظر فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در حد فاضلاب‌های شهری متوسط بوده و نتیجه کارایی تصفیه‌خانه از نظر کاهش آلودگی تا حد استانداردهای مصارف آبیاری، نسبتاً قابل قبول است. میانگین غلظت متغیرهای کیفی اکسیژن محلول، SVI، MLSS و MLVSS در استخر هوادهی در مقایسه با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران نشان داد که از این پساب می‌توان برای آبیاری قطره‌ای استفاده کرد. با وجود کنترل مناسب فرآیند لجن فعال در واحدهای مختلف تصفیه‌خانه، نتایج بررسی مربوط به لجن دفعی بیانگر عدم وجود مدیریت مناسب بر روی آن در مصارف بهینه از جمله تولید کود کشاورزی بود.

واژه‌های کلیدی: تصفیه‌خانه فاضلاب، کشاورزی، متغیر کیفی.

Investigation of the Efficiency of Sewage Treatment using Activated Sludge Method to Supply Water for Reuse in Agricultural Irrigation (Case Study: Kermanshah Sewage Treatment Plant)

A. Dindarlou[1*], M. Dastourani[2]

1- Assistant Professor of Water Science Engineering, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.2- Assistant Professor of Water Structures, Water Engineering Department, Birgand University, Birjand, Iran.

*(Corresponding Author Email: dindarlo@pgu.ac.ir)

Received: 25-01-2017
Accepted: 28-08-2017

Abstract

Considering the environmental regulations on exhausting sewage from treatment plants and its application in agriculture, this research investigates the use of activated sewage efficiency in the generative sewage treatment of Kermanshah city and its application on agriculture irrigation through 2007 to 2008 using the cross-sectional method. During the course of this study, sampling was carried out from the inlet and outlet of the sewage treatment plant on a daily and weekly basis. Treatment plant efficiency was calculated through the measurements of TSS, COD, BOD5, MLVSS, SVI, and MLSS from the entrance sewage and exhausting effluent based on the latest standard methods presented in 1999. Also, indices relevant to the agricultural usability were calculated and compared with the national standards. Results showed that physical, chemical, and biological traits of sewage pollution intensity were at an average level and the treatment plant pollution efficiency was relatively acceptable. The average concentration of dissolved oxygen (mg/l), SVI, MLSS, and MLVSS in the aerated pool was compared with the environment protection standards of Iran showed that the exhausting effluent can be used in drip irrigation. Despite the appropriate control of the active-sludge process in all parts of a sewage treatment plant, results showed a lack of adequate management on its sustainable consumption such as its application in the production of agricultural fertilizers.

Keywords: Sewage treatment plant, Agriculture, Quantitative variable.

DOI: 10.22067/jwsd.v4i2.61986

مقدمه

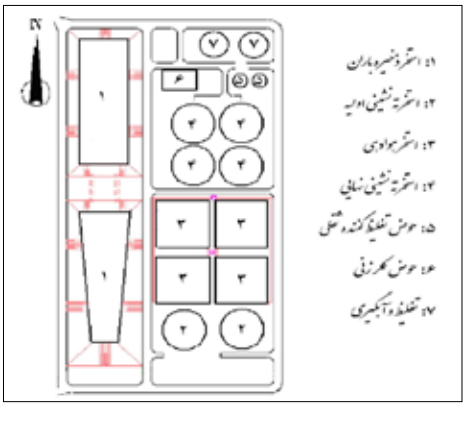
در مناطقی که زمین کافی برای کشاورزی وجود دارد، محدودیت منابع آبی جهت آبیاری به عنوان یک عامل باز دارنده در تولید محصولات کشاورزی مطرح است. از این رو استفاده از پساب شهری برای آبیاری اهمیت بیشتری پیدا کرده و روش‌های استفاده مجدد و رهنمودهای بهداشتی مرتبط به آن با توجه به امکانات منطقه‌ای و محلی نیاز به توسعه دارند (Shuval، ۲۰۰۷). در این راستا، استانداردهای مربوط به کیفیت پساب خروجی از تصفیه‌خانه‌ها برای استفاده غیرشرب وضع شده که از جمله آن‌ها می‌توان به غلظت اکسیژن مورد نیاز شیمیایی(COD) ، غلظت اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD_5)، و کل جامدات معلق موجود در پساب (TSS) اشاره نمود. میزان بار آلی (BOD_5) شاخصی است که برای تفسیر میزان BOD موجود در فاضلاب مستقل از میزان لجن برگشتی به کار می‌رود و در محدوده گسترده (۰/۱۶-۱/۶kg/($d.m^3$)) تغییر می‌کند، ولی میزان مطلوب آن ۰/۶۴ می‌باشد (Albany، ۱۹۸۲). در اغلب استانداردهای مربوط به تصفیه ثانویه فاضلاب (Kamizoulis، ۲۰۰۸؛ Lacy، ۲۰۰۵)، برای COD، BOD_5، TSS و میزان آلودگی بیولوژیکی نیز به منظور کنترل مقدار کلیفرم موجود در پساب در حد مجاز، برای اهداف آبیاری محدودیت در نظر گرفته می‌شود. از طریق فرآیندهای تصفیه می‌توان مواد آلاینده موجود در فاضلاب را به حدی کاهش داد که پساب حاصل از آن از نظر بهداشتی و مخاطرات زیست‌محیطی برای آبیاری زمین‌های کشاورزی و فضای سبز قابل استفاده باشد. همچنین لجن تولیدی در حین مراحل تصفیه فاضلاب را می‌توان پس از طی مراحل تغلیظ، تثبیت و آبگیری و خشک نمودن به عنوان کود در کشاورزی استفاده کرد (Rowe و Abdel-Magid، ۱۹۹۵). طی دو دهه گذشته سرمایه‌گذاری جهانی سالانه برای تصفیه فاضلاب و افزایش علوم و تکنولوژی مربوطه، بیش از ۱۰ بیلیون دلار در سال برآورد شده است (Vigneswaran و Ngo، ۲۰۰۰). در اسپانیا تا پایان سال ۲۰۰۶، ۳۲۲ طرح استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده وجود داشته که حدود ۱۱ درصد کل حجم فاضلاب خانگی این کشور را شامل می‌شود. از این میزان، بخش اعظم آن درکشاورزی مصرف می‌شود (Ortega و Iglesias، ۲۰۰۹). به دلیل خشکسالی‌های چند سال اخیر در ایران، مسئولین مربوطه به فکر تأمین آب مورد نیاز بخش‌های مختلف از جمله کشاورزی افتادند که در این زمینه استفاده از پساب (با در نظر گرفتن اثرات زیست‌محیطی و بهداشتی) به عنوان یک منبع پایدار، در این زمینه پیشنهاد شد. چند سالی است که فاضلاب تصفیه شده شهر مشهد، به عنوان منبع آب آبیاری در اطراف این شهر مورد استفاده قرار می‌گیرد (مهرآوران و همکاران، ۱۳۹۴).

اگر پساب به منظور آبیاری محصولات خام در نظر گرفته شود (مقدار کلیفرم کمتر از MPN/100ml ۲۰۰)، در این صورت، پس از انجام مراحل تصفیه اولیه و ثانویه فاضلاب، گندزدایی پساب و یک سیستم لاگون شامل فیلتراسیون شنی و حوضچه ته‌نشینی با زمان ماند زیاد، می‌تواند استانداردهای تصفیه ثانویه برای مقاصد آبیاری را برآورده کند (Esposito و همکاران، ۲۰۰۵). به کار بردن فیلترهای چند بستری شامل آنتراسیت، ماسه و گارنت در حذف عوامل بیماری‌زا از جمله شمارش کل کلیفرم دارای درجه بالای حذف (۹۹/۹٪) هستند. با استفاده از این روش تصفیه، می‌توان به استانداردهای دفع و استفاده مجدد از فاضلاب از جنبه میکروبی برای مصارف مختلف غیر شرب شهری دست یافت. همچنین با استفاده از این روش، کلر مورد نیاز جهت گندزدایی پساب خروجی از تصفیه‌خانه به مقدار چشمگیری (۵۰٪) کاهش می‌یابد(صید محمدی و همکاران، ۱۳۸۲). درجه حرارت فاضلاب در فصول مختلف نیز تابعی از درجه حرارت هوا است. تغییرات فصلی دما بر روی مقدار نهایی اکسیژن محلول تأثیر می‌گذارد. دمای بالا باعث کاهش غلظت اکسیژن محلول در فاضلاب و افزایش سرعت فعالیت میکروارگانیزم‌ها می‌شود. ولی اگر این تغییرات به صورت ناگهانی رخ دهد، سبب کاهش خاصیت ته‌نشینی لجن می‌شود. آلودگی بیولوژیکی نیز یکی دیگر از مهمترین نگرانی‌های کاربرد پساب فاضلاب در آبیاری است. به طور کلی در اکثر استانداردهای ارائه شده بعد از فرآیند ثانویه، گندزدایی فرآیندی تکمیلی است که در صورت کاربرد پساب فاضلاب در آبیاری محصولات غذایی و پارک‌ها توصیه شده است. سازمان بهداشت جهانی در سال ۱۹۸۹ برای استفاده مجدد از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری توصیه می‌کند، میانگین تخم انگل‌های موجود در نمونه‌های پساب کمتر از یك و میانگین کلیفرم‌های مدفوعی موجود در پساب نیز کمتر از ۱۰۰۰ MPN/100ml باشد (World Health Organization، ۲۰۰۶). در سال‌های اخیر تحقیقات موردی زیادی بر روی تعیین عملکرد و کیفیت پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب کشور صورت گرفته است. در سال ۲۰۰۲، امکان استفاده مجدد از فاضلاب صنایع فلزی و کانی غیرفلزی تهران بزرگ، جهت کاهش فاضلاب تولیدی و همچنین تقلیل مصرف آب، با توجه به نوع فرآیند بررسی شد و با توجه به کیفیت فاضلاب‌ها و درجه خاك و اراضی مناطق اطراف واحدهای صنعتی، مشخص گردید که پساب صنایع، پس از انجام مراحل تصفیه مورد نیاز، می‌تواند برای مصارف کشاورزی و یا تغذیه مصنوعی طبقات آبده زیرزمینی مناطق غرب تهران، مورد استفاده قرار گیرد (نجفی، ۱۳۸۶). استفاده از لجن فاضلاب تصفیه‌شده تصفیه‌خانه اصفهان در زمین‌های کشاورزی، توانست مواد مغذی برای رشد گیاهان را تأمین نماید (Rahmani و همکاران، ۲۰۱۵). در بررسی امکان استفاده از پساب در آبیاری در تصفیه‌خانه پرکندآباد مشهد، شاخص‌های کیفی TSS، COD و BOD_5 و همچنین عناصر روی، مس و کروم مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج حاصله نشان داد، راندمان حذف TSS، BOD_5 و TCOD بیش از ۷۴ درصد بوده و لذا پساب تصفیه‌خانه قابلیت استفاده در آبیاری را خواهد داشت (مهرآوران و همکاران، ۱۳۹۴). به منظور بررسی امکان استفاده از

پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اردبیل در آبیاری کشاورزی، تحقیقی توسط ناصری و همکاران (۱۳۹۱) صورت گرفت و نشان داد که پساب مذکور از نظر کلیفرم‌های کل و مدفوعی مشکل داشته و جهت برآورد نمودن استاندارد استفاده از پساب در آبیاری، گندزدایی پساب و پایش مداوم خروجی با ارتقاء دادن تصفیه‌خانه، صورت پذیرد (ناصری و همکاران، ۱۳۹۱). نوع فاضلاب، میزان تصفیه، اقلیم منطقه، نوع خاك و گیاه نقش مهمی در چگونگی استفاده از فاضلاب دارد و به نظر می‌رسد که محصولات آبیاری شده با فاضلاب و همچنین خاك منطقه باید به صورت دوره‌ای مورد تجزیه شیمیایی قرار گیرند (میرزاشاهی و همکاران، ۱۳۹۴). می‌توان از گیاهان خاصی که مصرف خوراکی نداشته و بیشتر در فضای سبز و یا تثبیت خاک مورد استفاده است، جهت کاهش اثرات زیست‌محیطی پساب خروجی استفاده نمود. در این زمینه، در سال ۲۰۱۶ با بررسی میزان جذب و تجمع عناصر سنگین کادمیوم، روی، مس، نیکل و سرب در گیاه وتیور از پساب بیمارستانی شهر برازجان، بیان شد که محل تجمع عناصر روی، مس، نیکل و سرب در ریشه این گیاه و تجمع کادمیوم در خاکی که گیاه در آن کشت شده بود، رخ داد. از این رو، گیاه وتیور به عنوان گزینه موثر در کاهش آلودگی پساب‌های بیمارستانی توصیه شد (دیندارلو و همکاران، ۱۳۹۵). با سنجش میزان زدایش متغیرهای کیفی BOD_5، COD و TSS، کارآیی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرك اکباتان تهران مورد ارزیابی قرار گرفته و با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست به منظور استفاده مجدد از پساب مطابقت داده شد. نتایج نشان داد که این تصفیه‌خانه، کارآیی لازم برای تصفیه فاضلاب را دارد و پساب خروجی از آن از نظر کیفیت شیمیایی قابل استفاده در کشاورزی و یا تخلیه به آب‌های سطحی خواهد بود (میران‌زاده و بابامیر، ۱۳۸۲). با توجه به اینکه سیستم تصفیه فاضلاب خانگی در شهر کرمانشاه و حتی در سطح کشور جدیدالتأسیس بوده و اخیراً مورد بهره‌برداری قرار گرفته است و تاکنون مطالعات دقیق در مورد راندمان واحدهای مختلف آن انجام نگرفته، لذا برای اطلاع از نحوه کار سیستم تصفیه‌خانه فاضلاب و پی بردن به کیفیت پساب خروجی از آن، لازم شد مطالعاتی انجام شود. علاوه بر آن با توجه به مخاطرات بهداشتی ناشی از تخلیه پساب‌های خروجی از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به منابع آب و استفاده از آن برای مصارف کشاورزی، این تحقیق به منظور تعیین کارایی تصفیه‌خانه شهر کرمانشاه، تجزیه و تحلیل پارامترهای راهبری، وضعیت تثبیت لجن و امکان استفاده مجدد از پساب حاصله برای کشاورزی اراضی پایین دست طی مهر ماه سال ۱۳۸۶ تا مهر ماه ۱۳۸۷ انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

تصفیه‌خانه فاضلاب کرمانشاه مجهز به فرآیند لجن فعال از نوع متعارف می‌باشد که شامل مراحل تصفیه مقدماتی، اولیه و ثانویه و نهایتاً گندزدایی پساب است (شکل ۱) که بر روی قسمتی از فاضلاب شهر انجام شده و پساب آن پس از انجام مراحل تصفیه وارد رودخانه قره‌سو می‌شود. مقدار فاضلاب مرکب که بر روی آن فرآیند تصفیه انجام می‌شود، ۵۱۳ هزار متر مکعب در روز است که فاضلاب جمعیت حدود ۸۸۰۰۰۰ نفر را شامل می‌شود.



شکل ۱- شمای واحدهای مختلف تصفیه‌خانه فاضلاب کرمانشاه

در این تحقیق از داده‌های آزمایشگاه تصفیه‌خانه موجود در محل چهار فصل، از مهر ماه سال ۱۳۸۶ تا مهر ۱۳۸۷، استفاده شد. مطالعه به روش بررسی مقطعی- توصیفی[1] طراحی و در ۳ مرحله اجرا گردید. در مرحله اول این پژوهش، کیفیت فاضلاب ورودی و پساب خروجی مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱) و پس از تعیین پارامترهای مورد نظر جهت ارزیابی عملکرد تصفیه‌خانه راندمان حذف این پارامترها در مراحل تصفیه بدست آمد و بهبود راندمان تصفیه‌خانه با مقایسه درجه حذف از مهرماه ۱۳۸۶ تا شهریورماه ۱۳۸۷ مورد ارزیابی واقع شد.

در مرحله دوم شرایط کنترل فرآیند و راهبری تصفیه‌خانه به عنوان عوامل مؤثر در عملکرد بهینه واحدهای مختلف بررسی گردید. در این مرحله علاوه بر محاسبه میزان بارگزاری آلی و نسبت میکروارگانیزم به غذا (F/M)، وضعیت لجن از نظر درجه تثبیت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در مرحله آخر امکان بازچرخش فاضلاب در فرآیند استفاده مجدد در آبیاری فضای سبز و یا آبیاری مزارع با مقایسه پارامترهای مورد سنجش با معیارها و استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران بررسی شد. در طول مدت تحقیق، نمونه‌برداری ساده به صورت لحظه‌ای در ساعت ۸ الی ۱۱ هر روز انجام شد. اندازه‌گیری متغیرهای کیفی TSS (کل جامدات معلق)، BOD_5 (اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی)، COD (اکسیژن مورد نیاز شیمیایی)، VSS (جامدات معلق فرار) ورودی و خروجی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر MERCK، مدل SQ118 و طبق دستورالعمل سازنده انجام شده است. میزان DO (اکسیژن محلول)، pH و درجه حرارت

با دستگاه HACH Sens ion 6 و مقادیر هدایت الکتریکی، TDS و سختی آب، فلزات سنگین (منگنز، نیکل، مس، سرب و کروم) با یک نمونه‌گیری مرکب درخرداد ماه براساس آخرین روش ارائه شده در کتاب استاندارد متد (Clesceri و همکاران، ۱۹۹۶) (جدول ۲) با دستگاه جذب اتمی، Thermo elemental مدل Solaar مورد سنجش قرار گرفت.

جدول ۱- غلظت پارامترهای مختلف ورودی و خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب شهر کرمانشاه از مهرماه ۱۳۸۶ تا شهریور ماه ۱۳۸۷

متغیر کیفی	T (°c)		PH	DO (mg/lit)	TSS (mg/lit)		COD (mg/lit)		BOD_5 (mg/lit)		کل کلیفرم (10^3) (MPN/100ml)	
زمان	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی
مهر	۲۰/۲	۲۱/۵	۷/۸	۴/۵	۱۳۵/۴	۲۶/۰	۲۵۲/۳	۲۴/۰	۱۲۱/۴	۱۳/۰	۲۳۰۰	۶۲۸
آبان	۱۶/۵	۱۸	۷/۸	۴/۹	۱۳۴/۸	۲۵/۲	۲۵۹/۸	۳۴/۴	۱۳۸/۳	۱۹/۲	۱۷۰۰	۳۷۸
آذر	۲۰/۲	۱۵/۸	۷/۹	۴/۸	۱۴۳/۶	۲۸/۴	۲۶۹/۹	۱۹/۷	۱۳۵/۱	۳۶/۶	۲۰۰۰	۸۷۵
دی	۱۱/۷	۱۲/۵	۷/۶	۵/۴	۱۴۳/۴	۳۳/۴	۲۷۳/۷	۴۲/۷	۱۳۸/۸	۲۳/۱	۱۱۷۷	۸۳۵
بهمن	۱۱/۵	۱۱/۷	۷/۳	۵/۴	۱۶۰/۳	۳۹/۰	۳۰۶/۰	۵۳/۵	۱۴۶/۳	۲۸/۴	۱۲۷۵	۸۵۵
اسفند	۱۱/۸	۱۴	۷/۱	۵/۳	۱۴۹/۷	۳۹/۷	۲۹۵/۱	۳۰/۴	۱۵۳/۷	۵۶/۷	۱۵۰۰	۹۵
فروردین	۱۶/۹	۱۶/۸	۷/۹	۴/۶	۱۶۷/۲	۳۲/۲	۳۱۹/۰	۴۲/۰	۱۳۴/۸	۲۲/۰	۱۱۷۷	۱۱۰
اردیبهشت	۱۹/۳	۱۶/۱	۷/۸	۴/۳	۱۶۹/۸	۳۲/۸	۳۲۳/۶	۴۳/۲	۱۴۵/۲	۲۲/۸	۱۲۲۵	۱۰۰
خرداد	۲۳/۲	۲۳/۳	۷/۴	۳/۶	۲۰۳/۲	۳۵/۹	۳۸۸/۷	۴۶/۶	۱۵۹/۲	۲۴/۵	۱۵۷۵	۹۰
تیر	۲۶/۹	۲۷	۷/۵	۴/۴	۲۳۹/۱	۳۴/۱	۴۵۴/۸	۴۲/۹	۱۶۲/۵	۲۲/۹	۱۲۲۵	۹۵۰
مرداد	۲۷/۱	۲۷/۲	۷/۸	۴/۸	۲۶۳/۲	۳۵/۸	۴۴۶/۳	۴۲/۲	۱۵۸/۰	۴۵/۳	۱۲۲۵	۸۷۵
شهریور	۲۵/۰	۲۵	۷/۴	۴/۶	۱۹۸/۷	۳۴/۹	۴۳۳/۱	۴۱/۰	۱۵۲/۹	۲۲/۰	۱۲۲۵	۹۵۰

جدول ۲- روش انجام آزمایش حد مجاز توصیه شده برای متغیرهای کیفی در پساب خروجی در آب آبیاری

آلاینده	واحد اندازه‌گیری	کد استاندارد روش[۲] (Clesceri و همکاران، ۱۹۹۶)	دستگاه‌اندازه‌گیری	حد مجاز در مصارف آبیاری و کشاورزی (Clesceri و همکاران، ۱۹۹۶)
5-days Biochemical Oxygen Demand (BOD_5)	$mg.l^{-1}$	5210 B.	اسپکتروفتومترMERCK ، مدل SQ118	100
Chemical Oxygen Demand (COD)	$mg.l^{-1}$	5220 B. 4a و 5220 B. 4b	اسپکتروفتومترMERCK ، مدل SQ118	200
Total Suspended Solid (TSS)	$mg.l^{-1}$	2540 A.	اسپکتروفتومترMERCK ، مدل SQ118	100
Volatile Suspended Solid (VSS)	$mg.l^{-1}$	2540 G.	اسپکتروفتومترMERCK ، مدل SQ118	1270
Dissolved Oxygen (DO)	$mg.l^{-1}$	4500-O A.	HACH Sens ion 6	2
Total Dissolve Solids (TDS)	$mg.l^{-1}$	2540 C.	Atomic Absorbtion- Thermo elemental، مدل Solaar	700
کلیفرم کل	MP-$N(100ml)^{-1}$	MPN	-	1000

مقادیر کل کلیفرم ورودی و خروجی نیز به صورت هفتگی و با نمونه‌گیری لحظه‌ای اندازه‌گیری شد. علاوه بر این نمونه‌برداری از استخر هوادهی به منظور تعیین غلظت و مواد موجود در آن برای راهبری بهتر سیستم در ساعت ۸ الی ۱۱ صبح و به حجم یک لیتر انجام شده و برای آنالیز به آزمایشگاه موجود در محل تصفیه‌خانه منتقل گردیده است. بر روی نمونه‌های تانک هوادهی متغیرهای کیفی (DO، SVI ، MLSS و MLVSS) اندازه‌گیری شده است. پس از کسب اطمینان از صحت داده‌های قبلی، نتایج مورد تجزیه و تحلیل آی قرار گرفته و داده‌ها پس از آنالیز در قالب جدول و نمودار ارائه گردید.

یافته‌ها و نتایج

نتایج نشان می‌دهد که درجه حرارت ورودی تصفیه‌خانه از ۲۷ درجه سلسیوس در مرداد ماه تا ۱۱ درجه سلسیوس در بهمن و دی متغیر بوده است (جدول ۱). متغیرهای کیفی با استفاده از روش‌های ارائه شده در استاندارد متد (جدول ۲) اندازه‌گیری شدند. در مدت زمان اندازه‌گیری، میانگین pH، ۷/۸ واحد بوده و میانگین غلظت BOD_5، TSS، و COD، به ترتیب برابر ۱۷۳/۵، ۳۳۵/۲ و ۱۴۵/۵ میلی‌گرم در لیتر و متوسط تعداد کلیفرم‌ها در ۱۰۰میلی لیتر برابر ۱۴۶۷۰۰۰ شد (جدول ۳). همچنین نتایج مربوط به خروجی تصفیه‌خانه نشان می‌دهد که غلظت TSS در پساب، ۳۳ و بین حداقل ۲۵ و حداکثر ۴۰ میلی‌گرم در لیتر و متوسط BOD_5، ۲۸ و بین ۱۹ تا ۵۶ میلی‌گرم در لیتر در نوسان بوده است. همچنین غلظت COD به میزان ۳۷ و از حداقل ۱۹ تا حداکثر ۵۳ میلی‌گرم در لیتر و متوسط مقدار کل کلیفرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر ۵۶۱۷۰ و از حداقل ۹۰۰۰ تا ۹۵۰۰۰ در نوسان بود (جدول ۳). نتایج مربوط به راهبری استخر هوادهی شامل MLVSS، MLSS، DO، و SVI بیانگر این است که میزان اکسیژن محلول در حوض هوادهی به میزان ۳/۸ و بین ۲/۶ تا ۴/۶ میلی گرم در لیتر و میزان میانگین غلظت MLSS و MLVSS در حوض هوادهی به ترتیب ۱۴۶۲/۵ و ۸۲۴/۹ میلی گرم در لیتر بوده است (جدول ۴).

جدول ۳- میانگین متغیرهای ورودی و خروجی از تصفیه‌خانه در بازه زمانی مورد مطالعه

T (°c)		PH		DO (mg/lit)		TSS (mg/lit)		COD (mg/lit)		BOD_5 (mg/lit)		کل کلیفرم (10^2) (MPN/100ml)	
ورودی	خروجی	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی
۱۹/۴	۱۹/۱	۷/۶	۴/۷	۱۷۳/۵	۳۳/۱	۳۳۵/۲	۳۷/۱	۱۴۵/۵	۲۸/۰	۱۴۶۷	۵۶۲

از نظر شاخص حجمی لجن (SVI) میزان آن در استخر هوادهی به طور متوسط ۸۴ و حداقل ۷۷ تا ۹۳ میلی‌لیتر بر گرم بود. نتایج آزمایشات روزانه بر روی کیفیت لجن دفعی نشان‌دهنده آن است که میزان میانگین سالانه TSS لجن ۲۴۲۲ میلی‌گرم بر لیتر و نسبت VSS/TSS لجن دفعی ۶۵ درصد بدست آمد (جدول ۴). این در حالی است که نتایج مطالعه یاری و همکاران (۱۳۸۴) در تصفیه فاضلاب صنایع نوشابه‌سازی به ۷۳ درصد رسیده است.

جدول ۴- غلظت پارامترهای مربوط به حوض هوادهی تصفیه‌خانه کرمانشاه از مهرماه ۱۳۸۶ تا شهریور ماه ۱۳۸۷

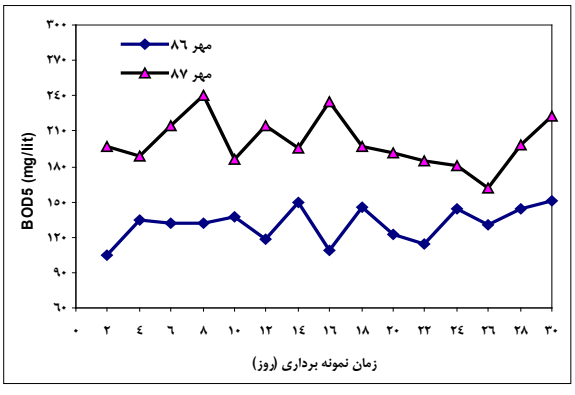
زمان	متغیر کیفی							
	مشخصات حوض هوادهی				مشخصات لجن			
	DO ($mg.l^{-1}$)	MLSS ($mg.l^{-1}$)	MLVSS ($mg.l^{-1}$)	بارگذاری آلی (m^3.day/ $kgBOD_5$)	F/M ($kgBOD_5$/ kgMLVSS.day)	SVI ($mg.l^{-1}$)	TSS ($mg.l^{-1}$)	(VSS/TSS) (٪)
مهر	۳/۸	۱۲۴۹	۸۰۴	۰/۲۹	۰/۳۵	۷۸/۶۳	۲۱۱۶	۶۴
آبان	۳/۸	۱۲۴۹	۶۴	۰/۳۸	۰/۴۴	۸۱/۴۰	۲۱۱۱	۶۶
آذر	۳/۹	۱۳۴۰	۸۸۲	۰/۳۱	۰/۳۴	۸۱/۶۰	۲۱۱۵	۶۶
دی	۴/۲	۱۱۶۷	۷۶۲	۰/۳۱	۰/۴۰	۸۰/۷۰	۱۸۶۱	۶۵
بهمن	۴/۳	۱۳۰۴	۸۵۳	۰/۳۵	۰/۴۰	۷۷/۵۲	۲۱۲۸	۶۵
اسفند	۴/۱	۱۳۷۹	۱۵۴	۰/۴۳	۰/۴۷	۸۲/۳۰	۲۴۰۲	۶۴
فروردین	۳/۷	۱۹۳۵	۱۲۵۹	۰/۳۶	۰/۲۸	۸۳/۰۰	۲۸۹۳	۶۵
اردیبهشت	۳/۴	۱۴۱۲	۹۰۹	۰/۳۷	۰/۳۹	۹۱/۹۱	۲۳۷۸	۶۴
خرداد	۲/۵	۱۸۴۱	۱۱۹۸	۰/۴۴	۰/۳۶	۹۶/۹۴	۲۸۴۴	۶۵
تیر	۳/۳	۱۶۵۹	۱۰۷۳	۰/۵۳	۰/۴۸	۹۳/۱۳	۲۵۱۷	۶۵
مرداد	۳/۸	۱۴۴۱	۹۳۵	۰/۵۱	۰/۵۳	۸۹/۵۷	۲۸۰۲	۶۵
شهریور	۳/۵	۱۵۷۵	۱۰۰۳	۰/۴۹	۰/۴۸	۸۳/۴۰	۲۹۰۵	۶۴
میلگین	۳/۷	۱۴۶۲	۸۲۵	۰/۴۰	۰/۴۱	۸۴/۸۴	۲۴۲۲	۶۵

در جدول (۵)، متوسط غلظت پارامترهای مؤثر در تعیین کیفیت پساب مناسب برای کشاورزی در مقایسه با استاندارد مربوطه ارائه شده است. به عنوان نمونه، در شکل‌های (۲) و (۳) به ترتیب تغییرات روزانه متغیر کیفی BOD_5 ورودی و خروجی تصفیه‌خانه در مهر ماه دو سال (۱۳۸۶ و ۱۳۸۷) با یکدیگر مقایسه شده‌اند. در شکل (۳) تغییرات BOD_5 پساب خروجی سال ۱۳۸۶ در روز ۱۸ مهر ماه نسبت به روزهای قبل و بعد از آن به شدت افت نموده است. علت این امر به وجود مشکل در قسمت فنی سیستم مربوط می‌شود. در صورت تداوم این امر، قابل استفاده نمودن پساب برای آبیاری را با مشکل مواجه خواهد نمود.

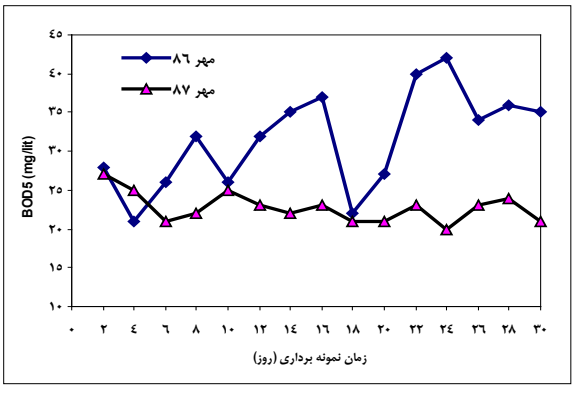
جدول ۵- متوسط غلظت برخی پارامترهای مهم برای کشاورزی تصفیه‌خانه کرمانشاه

متغیر کیفی	میزان در پساب خروجی	حد مجاز استفاده از پساب خروجی در آبیاری*	واحد
TDS	۷۴۱	۲۰۰۰-۱۰۰۰	mg/lit
TSS	۳۳/۱	۱۵۰	mg/lit
BOD_5	۲۸	۱۰۰	mg/lit
COD	۳۷/۱	۲۰۰	mg/lit
DO	۴/۷	-	mg/lit
کل کلیفرم	۵۶۲۰۰	-	MPN/100ml
سختی کل	۲۷۲	-	mg/lit
عناصر سنگین	ناچیز	-	mg/lit

* (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، ۱۳۸۹)



شکل ۲- تغییرات روزانه غلظت BOD_5 در فاضلاب ورودی در مهر ماه سال ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷



شکل ۳- تغییرات روزانه غلظت BOD_5 در پساب خروجی در مهر ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷

• بررسی مشخصات کلی فاضلاب ورودی

برای بررسی شدت آلودگی فاضلاب‌های خام شهری، سنجش متغیرهای کیفی از قبیل COD، TSS، BOD_5 و شمارش کل کلیفرم، به طور منظم انجام شد (Salgot و همکاران، ۲۰۰۳). هر چه غلظت این متغیرهای کیفی بیشتر باشد، نشان‌دهنده بالا بودن شدت آلودگی است. به طور کلی فاضلابی با BOD_5 و TSS به ترتیب کمتر از ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی گرم در لیتر به عنوان فاضلاب ضعیف و بیشتر از ۳۰۰ و ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر در فاضلاب‌های قوی طبقه‌بندی می‌شود (Verstraete و Van Vaerenbergh، ۱۹۸۶). نتایج مربوط به مشخصات فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه شهر کرمانشاه بیانگر این است که فاضلاب تولیدی در این شهر از نظر شدت آلودگی فیزیکی و شیمیایی (با توجه به میزان TSS، BOD_5، COD)، در گروه فاضلاب‌های شهری متوسط قرار دارد. با توجه به مقدار متوسط کلیفرم در طی یک سال در ۱۰۰ میلی‌لیتر، فاضلاب خام از نظر آلودگی بیولوژیکی در گروه با آلودگی ضعیف قرار دارد (Mattheus و Walid، ۱۹۹۹). نسبت COD/BOD_5 فاضلاب ورودی در محدوده ۲/۹-۱/۹ است که نشان‌دهنده تجزیه بیولوژیکی ساده مواد آلی در فاضلاب ورودی بوده است (Verstraete و Van Vaerenbergh، ۱۹۸۶).

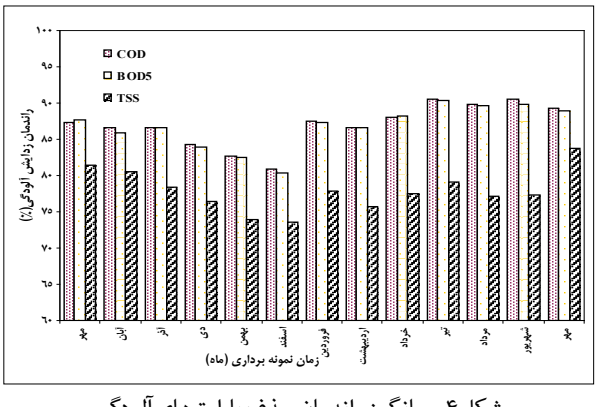
از نقطه نظر نتایج pH ارائه شده در جدول (۱)، اسیدیته فاضلاب ورودی در تمام طول سال در محدوده خنثی و حدود ۷/۶ بود که این محدوده برای پیشرفت مطلوب فرآیند بیولوژیکی مؤثر در تصفیه فاضلاب از نقش قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. مقادیر نامناسب pH (کمتر از ۶) محیط مناسب برای رشد باکتری‌های رشته‌ای و بروز پدیده بالکینگ را فراهم می‌کند (Kamizoulis، ۲۰۰۸).

• وضعیت عملکرد تصفیه‌خانه در حذف آلاینده‌ها

برای تعیین میزان بهبود کارایی تصفیه‌خانه از سال ۸۶ تا ۸۷، تغییرات غلظت روزانه مواد آلی، BOD_5 (شاخص توصیه شده برای برآورد میزان آلودگی) در فاضلاب ورودی و پساب خروجی در یک ماه نمونه(مهر ماه) با یکدیگر مقایسه شد. با توجه به روند مشاهده‌ای در شکل‌های (۲) و (۳) می‌توان نتیجه گرفت که با وجود غلظت بالا و معنی‌دار شاخص آلودگی BOD_5 در فاضلاب ورودی سال ۸۷ نسبت

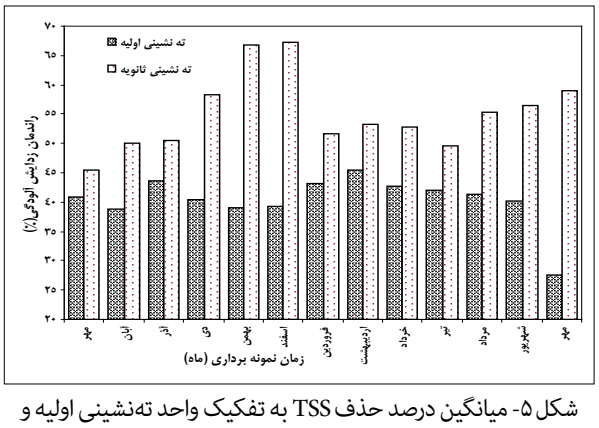
به سال ۸۶، غلظت این پارامتر در پساب خروجی در سال ۸۷ نسبت به میزان آن در سال ۸۶ کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته که می‌توان آن را نتیجه افزایش کارایی تصفیه‌خانه نسبت به دوره زمانی مشابه در سال قبل دانست. همچنین نوسانات غلظت آلودگی در پساب خروجی کاهش قابل توجهی را نسبت به سال قبل نشان می‌دهد که این امر در نتیجه رسیدن به ثبات نسبی و تعادل در میزان حذف آلودگی و کاهش نوسانات در عملکرد تصفیه‌خانه در سال اخیر خواهد بود.

با نتیجه‌گیری به عمل آمده از شکل‌های (۴) و (۵) مشاهده می‌شود که در تمامی ماه‌های دوره بررسی، پس از گذر پساب از استخر هوادهی، درصد بالایی از TSS در خروجی از استخر ته‌نشینی ثانویه حذف شده است. این امر نشان می‌دهد که بیشتر مواد معلق موجود در فاضلاب، به صورت معلق و رشته‌ای بوده که استخر هوادهی توانسته آن‌ها را به لجن و فلوک‌های درشت تبدیل و در واحد ته‌نشینی ثانویه، رسوب و از سیستم حذف نماید. از نظر استانداردهای تصفیه ثانویه فاضلاب شهری، هر تصفیه‌خانه باید قابلیت زدایش حداقل ۸۵ درصد مواد آلاینده موجود در فاضلاب شامل TSS، BOD_5 و COD را دارا



شکل ۴- میانگین راندمان حذف پارامترهای آلودگی (TSS، BOD_5، COD) از مهر ماه ۱۳۸۶ تا مهر ماه ۱۳۸۷

باشد(Tchobanglous و Burton، ۱۹۹۱). با توجه به نتایج به دست آمده از شکل (۴)، مقادیر متوسط TSS، BOD_5 و COD به ترتیب ۸۳/۷، ۸۸/۹ و ۸۹/۳ درصد تعیین شده است. این در حالی است که راندمان حذف BOD_5 و COD در مطالعات صمدنژاد و همکاران (۱۳۸۸) به ترتیب ۶۵ و ۶۶ درصد بود. رسیدن به این درجه‌های حذف، یک نتیجه مطلوب، محسوب می‌شود. در تمامی ماه‌های نمونه‌گیری، درجه حذف TSS نسبت به راندمان دیگر پارامترهای سنتیکی مورد مطالعه، پایین‌تر بود که احتمالاً به دلیل وجود غلظت زیاد مواد جامد غیرآلی معلق و مقادیر بالای کلیفرم در فاضلاب ورودی خواهد بود. در صورت تداوم آبیاری با پساب مذکور با پایین‌تر بودن درجه حذف TSS، از نظر بهداشتی مشکل‌زا شده و باعث گرفتگی قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای خواهد شد. برای غلبه بر این مشکل پیشنهاد می‌شود که در صورت امکان، با انجام اقداماتی از جمله افزایش فرصت ته‌نشینی اولیه، پیش کلرزنی لجن فعال، افزایش سرعت مکانیزم جمع‌آوری لجن در مخزن ته‌نشینی و یا افزایش آهنگ برداشت لجن فعال، از تجمع مواد جامد معلق در مایع مخلوط جلوگیری شود.



شکل ۵- میانگین درصد حذف TSS به تفکیک واحد ته‌نشینی اولیه و ثانویه در مدت زمان نمونه‌برداری از مهر ماه ۱۳۸۶ تا مهر ماه ۱۳۸۷

• شرایط راهبری تصفیه‌خانه و مشخصات لجن

برای راهبری دقیق تصفیه‌خانه به روش لجن فعال، بایستی در کنترل میزان بار آلی[۳]، نسبت غذا به میکروارگانیزم (F/M) و زمان ماند هیدرولیکی (HRT)، دقت لازم به عمل آید. افزایش بیش از حد فاضلاب ورودی موجب کاهش زمان ماند هیدرولیکی و افزایش نسبت غذا به میکروارگانیزم‌ها شده که این امر بر روند تصفیه تاثیر منفی دارد (Kamizoulis، ۲۰۰۸). در استخر هوادهی تصفیه‌خانه فاضلاب کرمانشاه با حجم ۲۲۰۰۰ متر مکعب، دبی متوسط فاضلاب ورودی ۷۰۰-۶۰۰ لیتر در ثانیه، زمان ماند هیدرولیکی به طور متوسط ۸ تا ۱۰ ساعت می‌باشد. همچنین، غلظت مواد جامد معلق در مایع مخلوط فاضلاب و لجن فعال شده (MLSS) نیز یکی از پارامترهای کنترل بوده است. حدود ۹۰-۷۰ درصد میکروارگانیزم‌های موجود در MLSS را مواد آلی و ۳۰-۱۰ درصد شامل مواد غیر آلی هستند (Okun و Mohlman، ۱۹۴۹). اگر این غلظت در استخر هوادهی از حد مطلوب ۳۰۰۰-۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر کمتر باشد، با افزایش مقدار لجن برگشتی، مقدار این شاخص افزایش می‌یابد (Albany، ۱۹۸۲). غلظت مناسب بیومس منجر به کاهش زمان ماند هیدرولیکی شده که امکان افزایش فاضلاب ورودی و ساخت واحدهای هوادهی کوچکتر را ایجاد می‌کند. مقدار متوسط MLSS در طول مدت تحقیق ۱۴۶۲و از ۱۲۷۱ تا۳۲۱۰ میلی گرم در لیتر متغیر بوده است که در تمامی ماه‌های سال در حد مطلوب بود. در تمام ماه‌های سال، میزان BOD_5 در محدوده مجاز بوده ولی از حد مطلوب پایین‌تر بود. لذا با فرض ثابت نگه داشتن زمان ماند در مواقع مناسب، می‌توان میزان فاضلاب ورودی را افزایش داده و عملکرد تصفیه‌خانه را بهینه‌تر نمود. همزمان با تعیین پارامتر MLSS، غلظت مواد جامد فرار (MLVSS) که به طور معمول ۰/۸ میزان MLSS می‌باشد، نیز تعیین شده است. به کمک MLVSS، BOD_5 و مقدار حجمی فاضلاب، نسبت وزنی مواد غذایی به میکروارگانیسم‌ها (F/M) در هر حوض هوادهی تعیین

شد. نسبت F/M به صورت نسبت BOD_5 فاضلاب ورودی به غلظت جامدات فرار در استخر هوادهی در زمان نگهداشت هیدرولیکی بیان می‌شود. اگر این نسبت کمتر یا بیشتر از حد مطلوب باشد، باید به ترتیب با کاهش یا افزایش لجن برگشتی نسبت آن را در حد مطلوب (۰/۵-۰/۲) نگه داشت (Albany، ۱۹۸۲). به‌علاوه میزان ته‌نشینی لجن نیز وابسته به نسبت F/M و عمر لجن است. ته‌نشینی مطلوب و بازده بالای سیستم از نظر میزان حذف BOD_5 در مقادیر پایین F/M (غلظت‌های بالای MLSS) رخ می‌دهد (ناصری و همکاران، ۱۳۹۱). کوچک بودن F/M به معنای کمبود مواد غذایی و تجزیه بهتر ترکیبات آلی موجود در فاضلاب بوده و سبب رشد برخی میکروارگانیزم‌های رشته‌ای و بزرگ بودن آن نیز سبب پیدایش لخته‌های ریز و پراکنده می‌شود. در تصفیه‌خانه فاضلاب کرمانشاه در تمامی ماه‌های سال نسبت F/M در گستره مجاز بود.

بایستی غلظت اکسیژن محلول در حوض هوادهی به منظور نگهداری در شرایط هوازی و اکسیداسیون مواد آلی توسط میکروارگانیزم‌های هوازی به مقدار کافی باشد. حداقل میزان اکسیژن محلول ۱/۵-۱ میلی‌گرم در لیتر و در عمل غلظت اکسیژن محلول در تمام قسمت‌های مخزن هوادهی باید در حد ۱/۵ تا ۴ میلی گرم در لیتر حفظ شود. مقادیر بیش از ۴ میلی گرم در لیتر تأثیر چندانی بر بهبود کار سیستم ندارد، ولی باعث بالا رفتن شدید هزینه هوادهی می‌شود. در حوض هوادهی تصفیه‌خانه کرمانشاه این مقدار به صورت متوسط برابر ۳/۸ میلی‌گرم در لیتر و از ۲/۶ تا ۴/۶ متغیر بوده که در حد مطلوبی بود. نتایج جدول (۴) نشان می‌دهد که مقدار اکسیژن محلول در ماه‌های گرم کمتر از ماه‌های سرد است که علت آن را می‌توان به افزایش درجه حرارت فاضلاب و کاهش انحلال اکسیژن محلول و افزایش سرعت فعالیت‌های بیولوژیکی نسبت داد (Kamizoulis، ۲۰۰۸). شاخص حجمی لجن SVI حجم (بر حسب میلی‌لیتر) لجن فعال حاوی یک گرم مواد جامد خشک معلق پس از ۳۰ دقیقه ته‌نشینی)، یکی از پارامترهایی است که به منظور بررسی خاصیت ته‌نشینی لجن در تصفیه خانه‌های فاضلاب به کار می‌رود. هر چه مقدار این شاخص کمتر باشد، نشان‌دهنده این است که در لجن باکتری‌های رشته‌ای وجود دارد که باعث کاهش میزان ته‌نشینی لجن در واحدهای ته‌نشینی ثانویه می‌شود. قسمت اعظم ترکیبات این باکتری‌ها مواد پروتئینی هستند که باعث ایجاد غشائی از فلوک‌های میکروبی در لجن می‌شوند (ناصری و همکاران، ۱۳۹۱). در روش لجن فعال متعارف با میزان MLSS>۳۵۰۰، مقدار مناسب SVI بین ۱۵۰-۵۰ میلی لیتر در گرم است. اگر میزان SVI بالاتر از این مقدار باشد، نشان‌دهنده وقوع پدیده بالکینگ یا حجیم شدن لجن به علت طویل شدن باکتری‌های رشته‌ای از میزان مجاز (۱۰۷ میلیمتر در میلی لیتر) است و در صورتی‌که کمتر از ۷۰ باشد، نشان از شکل‌گیری عمده توده‌های کوچک در لجن فعال است (Liu و Fang، ۲۰۰۳). نتایج مربوط به اندازه‌گیری SVI در تصفیه‌خانه کرمانشاه مؤید این است که در همه مواقع SVI کمتر از ۱۵۰ میلی لیتر بر گرم است (متوسط ۸۷ میلی‌لیتر بر گرم). در نتیجه لجن از خاصیت ته‌نشینی خوبی برخوردار بوده و پدیده حجیم شدن رخ نمی‌دهد. نتایج مربوط به این پارامتر در تصفیه‌خانه شهر زنجان در سال ۲۰۱۱ بین ۸۴ تا ۱۲۷ بوده و حاکی از وضعیت مطلوب لجن برای ته‌نشینی و پسابی عاری از مواد معلق داشته است (باقری اردبیلیان و همکاران، ۱۳۸۹).

جهت ارزیابی درجه تثبیت لجن، از مقایسه نسبت جامدات آلی به جامدات کل (VSS/TSS) که معرف درصد مواد جامد معلق فرار در لجن است با معیارهای تثبیت لجن استفاده شد. به طور تجربی مشخص شده است که مقادیر مجاز میانگین (VSS/TSS)، از ۷۵ درصد برای لجن خام تا ۶۰ درصد برای لجن تثبیت شده تغییر می‌کند (Bruce، ۱۹۸۴). نتایج مشاهدات و آنالیزهای انجام شده بر روی نمونه‌های لجن تصفیه‌خانه مورد مطالعه (جدول ۳) نشان می‌دهد نسبت (VSS/TSS) در لجن‌های دفعی تصفیه‌خانه در تمام ماه‌های سال اختلاف معنی‌داری با حداقل میزان مجاز (حداقل ۶۰ درصد) دارند، لذا بر اساس این شاخص، لجن این تصفیه‌خانه در تمام ماه‌های سال تثبیت‌نشده می‌باشد. به علاوه رنگ نمونه‌های انتقالی لجن عمدتاً رنگ قهوه‌ای تیره تا کاملاً سیاه است که با توجه به رنگ قهوه‌ای روشن در لجن‌های تثبیت شده، این امر می‌تواند نشانگر عدم تثبیت لجن باشد (Cherrmisinoff، ۱۹۹۴). تولید بوهای متعفن در نمونه‌های لجن دلیل دیگری بر عدم تثبیت این لجن‌ها است. نمونه‌های انتقالی پس از مدتی متعفن می‌شدند. استفاده مجدد از این لجن‌ها در آبیاری، می‌تواند سلامت و بهداشت عمومی را به خطر اندازد.

• استفاده از پساب در آبیاری

به منظور استفاده مجدد از پساب، میزان هر یک از متغیرهای کیفی TSS، BOD_5 و COD (جدول ۴)، باید در حد استاندارد (Clesceri و همکاران، ۱۹۹۶) باشد. طبق این استانداردها، در استفاده از پساب در مصارف کشاورزی و آبیاری، حداکثر مقادیر TSS و BOD_5 باید ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و مقدار COD، ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد. پساب خروجی تصفیه‌خانه کرمانشاه دارای میانگین‌های به ترتیب ۳۳، ۲۷ و ۳۸ میلی‌گرم در لیتر از هر کدام از متغیرهای کیفی فوق است که با استاندارد موجود برای استفاده در آبیاری مطابقت دارد. همچنین، نتایج مربوط به آنالیز متغیرهای کیفی (جدول ۵) تصفیه‌خانه نشان می‌دهد که مقادیر این متغیرها در خروجی این تصفیه‌خانه قابل استفاده در آبیاری می‌باشند. میانگین نسبت VSS/TSS برابر ۶۵ درصد بود. هر چند که با حد مجاز اختلاف چندانی ندارد، اما در صورت استفاده آن در آب آبیاری، می‌تواند در کشاورزی سبب بروز مشکلات بهداشتی شود. نتیجه مشابهی در بررسی استفاده مجدد از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک غرب تهران ارائه شد (نعیمی و همکاران، ۱۳۹۳).

در تصفیه‌خانه مورد مطالعه، پساب خروجی در طول مدت اجرای تحقیق به استثنای مهرماه کلرزنی نمی‌شد. لذا، غلظت شاخص‌های بیولوژیك تفاوت قابل توجهی با استانداردهای موجود دارد. در صورت استفاده از پساب فاضلاب در آبیاری فضای سبز یا آبیاری محصولاتی که به صورت خام مصرف می‌شوند، با توجه به اینکه در این حالت احتمال تماس مستقیم با خاك و مصرف مستقیم محصول وجود دارد، استفاده از روش‌های آبیاری سطحی و قطره‌ای سطحی می‌تواند احتمال افزایش شیوع آلودگی‌های ناشی از پساب را افزایش داده و در مقابل استفاده از روش آبیاری زیرسطحی، نگرانی‌های بهداشتی را می‌تواند به شدت کاهش دهد (World Health Organization، ۲۰۰۶).

بحث و جمع‌بندی

در بررسی انطباق کیفیت پساب خروجی از تصفیه‌خانه کرمانشاه با استانداردهای حفاظت محیط زیست ایران، می‌توان نتیجه گرفت که پساب تولیدی از نظر متغیرهای کیفی مورد مطالعه (DO، COD، TSS، BOD_5) با استانداردهای رایج مطابقت داشته، ولی به دلیل عدم انجام عمل کلرزنی، تعداد کلیفرم بیشتر از حد مجاز برای استفاده در کشاورزی است. همچنین با توجه به اینکه کارایی تصفیه‌خانه از نظر زدایش آلاینده‌های فاضلاب بیش از ۸۵ درصد بوده، از این رو می‌توان به کارآمد بودن سیستم تصفیه‌خانه پی برد. بررسی شرایط مختلف بهره‌برداری و عوامل راهبری تصفیه‌خانه حاکی از کنترل مناسب فرآیند لجن فعال در واحدهای مختلف داشت. در این فرآیند با مصرف مواد آلاینده فاضلاب توسط باکتری‌ها، تصفیه صورت می‌گیرد. اما نتایج بررسی انجام شده بر روی لجن دفعی تصفیه‌خانه بیانگر عدم وجود مدیریت لجن می‌باشد که موجب شده تا در غیاب یک سیستم پایش و کنترل اصولی، لجن‌های تولیدی عمدتاً به صورت خام به طبیعت راه یافته و زمینه بروز آلودگی‌های انسان و محیط زیست را فراهم آورد و مانعی در راه استفاده از لجن برای مقاصد کشاورزی باشد. بنابراین راه‌اندازی و بهره‌برداری بهینه از واحدهای تصفیه لجن در تصفیه‌خانه علاوه بر به کار بردن واحدهای آبگیری جهت کاهش حجم لجن و افزایش درجه تثبیت آن مورد توجه است. همچنین احداث واحدهای کمپوست لجن به منظور تهیه کود بهداشتی از لجن‌های آبگیری شده، بسیار مفید خواهد بود. از آنجایی که به منظور استفاده از پساب کیفیت میکروبی نیز دارای اهمیت است، لذا پیشنهاد می‌شود علاوه بر گندزدایی پساب به صورت منظم، یک سیستم لاگون شامل فیلتراسیون ریز چند بستری و حوضچه ته‌نشینی با زمان ماند زیاد در نظر گرفته شود تا ضمن افزایش درجه تصفیه از لحاظ میزان کل جامدات معلق، تعداد کلیفرم‌ها کاهش و در نتیجه تصفیه میکروبی پساب با درجه بیشتری استحصال شود و استانداردهای تصفیه ثانویه برای مقاصد آبیاری را برآورده و با اطمینان به مصرف کشاورزی برسد. همچنین می‌توان از فرآیندهای آسان و ارزان نظیر آهک‌زنی در تثبیت لجن بهره جست (Nikmanesh و Varig-Kazemi، ۲۰۱۶). به منظور مطالعه کیفیت زیست‌شناختی لجن‌های دفعی، تعیین شاخص‌های میکروبی تراکم کلیفرم کل، کلیفرم‌های مدفوعی و شمارش تخم انگل‌ها نیز پیشنهاد می‌شود.

پی‌نوشت

1- Cross sectional

2- Method

3- BOD5 Loading

منابع

باقری اردبیلیان، پ.، صادقی، ه.، نبئی، ا. و باقری اردبیلیان، م. ۱۳۸۹. ارزیابی کارآیی تصفیه‌خانه فاضلاب: مطالعه موردی شهر زنجان. مجله سلامت و بهداشت (دانشگاه علوم پزشکی اردبیل)، ۱(۳): ۶۷-۷۵.

دیندارلو، ع.، هدایت، م. و حسینی، ا. ۱۳۹۵. بررسی میزان بررسی میزان جذب عناصر کادمیم، روی، مس، نیکل، آهن و سرب موجود در پساب بیمارستانی به‌روش گیاه‌پالایی توسط گیاه وتیور. مجله آب و فاضلاب، ۲۷(۱): ۵۷-۶۶.

صمدنژاد، ف.، مصطفائی، ف. و خوش‌نیت، ر. ۱۳۸۸. مقایسه عملکرد تصفیه فاضلاب بیمارستان بعثت سنندج با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست. دوازدهمین همایش ملی بهداشت محیط.

صیدمحمدی، ع.، ناصری، س.، محوی، ا.م.، روشنی، ب.، فیروزمنش، م. و صالحی، ر. ۱۳۸۳. بررسی کارایی فیلترهای چند بستری در حذف پاتوژن‌ها از فاضلاب شهری به منظور استفاده مجدد و کاهش کلر جهت گندزدایی. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان، ۸(۴): ۸-۱۵.

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، ۱۳۸۹. ضوابط زیست‌محیطی استفاده مجدد از آب‌های برگشتی و پساب‌ها. نشریه شماره ۵۳۵. ۱۵۵ صفحه.

مهرآوران، ب.، انصاری، ح.، بهشتی، ع.ا. و اسماعیلی، ک. ۱۳۹۴. بررسی امکان استفاده از پساب تصفیه شده در آبیاری با توجه به اثرات زیست‌محیطی آن (مطالعه موردی پساب خروجی تصفیه‌خانه پرکندآباد مشهد). نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۹(۳): ۴۴۰-۴۴۷.

میران‌زاده، م. ب. و بابامیر، ش. ا. ۱۳۸۲. بررسی کارآیی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک اکباتان تهران طی سال‌های ۸۰-۱۳۷۹. مجله فیض، ۷(۱): ۴۰-۴۷.

میرزاشاهی، ک.، بازرگان، ک. و بغوری، ا. ۱۳۹۴. فاضلاب و کاربرد آن در کشاورزی. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره ۵۳۴. ۱۸ صفحه.

ناصری، س.، صادقی، ط.، واعظی، ف. و ندافی، ک. ۱۳۹۱. بررسی کیفیت پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اردبیل به منظور استفاده مجدد در کشاورزی. مجله سلامت و بهداشت (دانشگاه علوم پزشکی اردبیل)، ۳(۳): ۷۳-۸۰.

نجفی، پ. ۱۳۸۶. بررسی آلودگی میکروبی ناشی از آبیاری چمن با فاضلاب تصفیه‌شده شهری. مجله محیط‌شناسی، ۳۳(۴۴): ۲۷-۳۲.

نعیمی، ل.، جاوید، ا. ح. و میرباقری، س. ا. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر استفاده مجدد از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب در فضای سبز شهری به منظور توسعه پایدار (مطالعه موردی: شهرک غرب تهران). فصلنامه پایداری، توسعه و محیط زیست، ۱: ۳۷-۴۶.

یاری، ا. ر.، مصداقی نیا، ع.، ندافی، ک. و واعظی، ف. ۱۳۸۴. بررسی کارایی فرایند بستر بیهوازی لجن با جریان رو به بالا (UASB) در تصفیه فاضلاب صنایع نوشابه‌سازی. هشتمین همایش ملی بهداشت محیط. ۹ صفحه.

Albany N.Y. 1982. Recommended standards for water works: policies for the review and approval of plans and specifications for public water supplies: a report/Committee of the Great Lakes-Upper Mississippi River Board of State Sanitary Engineers. Health Education Service, 91 p.

Bruce A. M. 1984. Sewage Sludge Stabilization and disinfection. Ellis Horwood Limited.

Cherrmisinoff P.N. 1994. Sludge management and disposal. Englewood Cliffs: New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Clesceri L.S., Greenberg A.E. and Trussell R.R. 1996. Standard methods for the examination of water and wastewater. APHA, AWWA and WPCF, Washington DC.

Esposito K., Tsuchihashi R., Anderson J. and Selstrom J. 2005. The Role of Water Reclamation in Water Resources Management in the 21st Century. Proceedings of the Water Environment Federation, 6: 8621-8633.

Kamizoulis G. 2008. Setting health based targets for water reuse (in agriculture). Desalination, 218: 1-3.154-163.

Lacy S. M. 2005. Large scale systems. Water Conservation, Reuse, and Recycling: Proceedings of an Iranian-American Workshop. p.292.

Liu Y. and Fang H.H. 2003. Influences of extracellular polymeric substances (EPS) on flocculation, settling, and dewatering of activated sludge. Crit. Rev. Environ. Sci. & Technol., 33: 237–273.

Mattheus F.A.G. and Walid H.S. 1999. Water Management, Purification and Conservation in Arid Climates. Taylor & Francis Routledge publishing. Chapter 6 and 7.

Nikmanesh M.S. and Varig-Kazemi K. 2016. Stabilized sewage sludge with lime and comparison with EPA standards, a case study: Nowshahr sewage plan.8th National Conference and Exhibition of Environmental Engineering. Tehran. Environmental Engineering Association of Iran. (In Persian)

Okun D. A. and Mohlman F. W. 1949. A system of bio-precipitation of organic matter from sewage. Sewage Works Journal, 21(5): 763–794.

Ortega E. and Iglesias R. 2009. Reuse of treated municipal wastewater effluents in Spain: Regulations and most common technologies, including extensive treatments. Desalination and water treatment, 4(1-3): 148-160.

Rahmani H.R., Rezaei H., Amin M.M. and Kohanestani Z.M. 2015. Investigation of sewage sludge quality for land application: A case study: Two Isfahan wastewater treatment plans. International Journal of Environmental Health Engineering, 2015, 4:36.

Rowe D.R. and Abdel-Magid I.M. 1995. Handbook of wastewater reclamation and reuse. CRC Press. p.576.

Salgot M., Vergés C. and Angelakis A.N. 2003. Risk assessment in wastewater recycling and reuse. Water Science and Technology: Water Supply, 3(4): 301-309.

Shuval H. 2007. Evaluating the World New Health Organization's 2006 Health Guidelines for Wastewater. from book Wastewater Reuse–Risk Assessment, Decision-Making and Environmental Security, pp. 279-287. Springer, Dordrecht.

Tchobanglous G. and Burton F. L. 1991. Waste water engineering. Management, 7: 1-4.

Verstraete W. and Van Vaerenbergh E. 1986. Aerobic activated sludge. Biotechnology, 8: 43-112.

Vigneswaran D. and Ngo H.H. 2000. Technologies for domestic wastewater treatment and reuse. Water Manage. Purif. Conserv. Arid Clim, 3: 123-151.

World Health Organization. 2006. Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater in agriculture and aquaculture. World Health Organization. 778: p 74.