مقاله پژوهشی
مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان
دوره ۲۰، بهمن ۱۴۰۰، ۱۲۰۸-۱۱۹۵

ارزیابی عملکرد فرآیند بیولوژیکی راکتورهای ناپیوسته متوالی پیشرفته در حذف نوترینت‌ها از فاضلاب شهر یزد: یک مطالعه موردی

طاهره زارعی محمودآبادی[۱]، اکبر صالحی وزیری[۲]، پروانه طالبی[۳]، هادی اسلامی[۴]

دریافت مقاله: ۰۰/۰۶/۰۲ ارسال مقاله به نویسنده جهت اصلاح: ۰۰/۰۶/۱۷ دریافت اصلاحیه از نویسنده: ۰۰/۰۸/۲۲ پذیرش مقاله: ۰۰/۰۸/۲۴

چکیده

زمینه و هدف: راکتورهای ناپیوسته متوالی (Sequencing batch reactors; SBR) پیشرفته، یکی از مناسب‌ترین سیستم‌های لجن فعال اصلاح شده می‌باشند که به‌دلیل پایین بودن هزینه، بازده مطلوب و بهره‌برداری آسان به‌عنوان یک سیستم تصفیه بیولوژیکی مؤثر شناخته می‌شوند. هدف از این مطالعه تعیین عملکرد فرآیند بیولوژیکی SBR پیشرفته در حذف مواد آلی و نوترینت‌ها از فاضلاب شهر یزد می‌باشد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه توصیفی است که به روند تغییرات مواد آلی و نوترینت‌ها در فرآیند بیولوژیکی SBR پیشرفته می‌پردازد. در این مطالعه، نمونه‌ها از ورودی و خروجی فرآیند SBR به‌صورت چهار بار در هر ماه طی ۹ ماه در سال ۱۳۹۷ برداشت شد. جمعاً ۷۲ نمونه گرفته شد. سپس اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (Chemical Oxygen Demand; COD) و اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD_5; Biochemical Oxygen Demand) و نوترینت‌ها (فسفات (PO_4^{3-})، فسفر کل، آمونیوم (NH_4^+)، نیترات (NO_3^-)، نیتریت (NO_2^-) اندازه‌گیری و در نهایت نتایج با آزمون آماری t تک نمونه‌ای در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ آنالیز شد.

یافته‌ها: غلظت COD و BOD_5 در پساب خروجی ۴۲ و ۱۴ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد. در ادامه میزان غلظت فسفر کل، فسفات، آمونیوم، نیترات، نیتریت در پساب خروجی به ترتیب ۲/۹، ۲/۴، ۶/۳، ۹/۰۱ و ۰/۹۲ میلی‌گرم بر لیتر نشان داده شد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که سیستم لجن فعال در تصفیه خانه فاضلاب شهر یزد دارای وضعیت خوب و قابل قبولی بوده که موجب کاهش قابل توجهی از مواد آلی و نوترینت‌ها شده که با استانداردهای سازمان محیط زیست ایران در استفاده مجدد از پساب، مطابقت دارد.

واژه‌های کلیدی: راکتورهای ناپیوسته متوالی پیشرفته، مواد آلی، نوترینت‌ها، تصفیه فاضلاب، یزد

۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم و فناوریهای محیط زیست، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، ایران
۲- کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، کارشناس بهره‌بردار تصفیه خانه فاضلاب، یزد، ایران
۳- گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم و فناوری‌های محیط زیست، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، ایران
۴- استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات ایمنی و سلامت شغلی، شرکت ملی صنایع مس ایران، سازمان جهانی ایمنی و دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، رفسنجان، ایران
تلفن: ۳۱۳۱۵۲۴۱-۰۳۴، دورنگار: ۳۱۳۱۵۲۴۱-۰۳۴، پست الکترونیکی: Hadieslami1986@yahoo.com

مقدمه

امروزه با افزایش جمعیت و توسعه شهرها و صنایع، میزان مصرف آب و تولید فاضلاب نیز رو به افزایش است به طوری که هر روزه مقدار عظیمی از فاضلاب‌های خام و تصفیه نشده به محیط زیست تخلیه می‌شوند که نتیجه آن آلودگی شدید منابع آب، خاک و محصولات کشاورزی است [۲-۱].

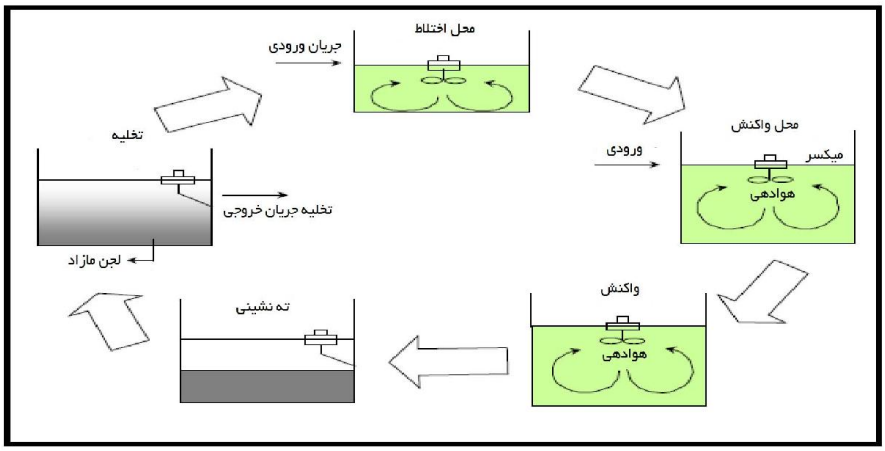
هم‌چنین توجه به استفاده غیر اصولی در وضع موجود، ایجاب می‌نماید، برای جلوگیری از گسترش مشکلات زیست محیطی و تأمین بخشی از آب مورد نیاز مصارف مختلف، از طریق بازچرخانی و استفاده مجدد از پساب‌ها و آب‌های برگشتی برنامه ریزی شود [۴-۳]. جمع‌بندی تجربیات جهانی استفاده از پساب‌ها و آب‌های برگشتی نشان می‌دهد که با توجه به کمبود آب، استفاده از این منابع به عنوان یک منبع ارزشمند آب مطرح بوده و با گذشت زمان اهمیت آن نیز بیش‌تر خواهد شد [۶-۵].

امروزه از روش‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی برای تصفیه فاضلاب استفاده می‌شود. روش‌های بیولوژیکی به علت در برداشتن هزینه کم‌تر نسبت به روش‌های فیزیکی و شیمیایی به طور گسترده در تصفیه انواع مختلفی از فاضلاب‌ها به ویژه فاضلاب شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد [۹-۷].

یکی از متداول‌ترین روش‌های بیولوژیکی فرآیند لجن فعال می‌باشد [۱۰] و در این بین فرآیند راکتور ناپیوسته متوالی شاید امیدوارکننده‌ترین و مناسب‌ترین فرآیند لجن فعال اصلاح شده است که می‌تواند برای حذف مواد آلی کربنه و نیتروژنه کاربرد داشته باشد [۱۲-۱۱].

راکتور ناپیوسته متوالی پیشرفته (Advanced Sequencing Batch Reactor) به طور موفقیت آمیزی برای تصفیه انواع مختلف فاضلاب‌ها (شهری و صنعتی) مورد استفاده قرار گرفته است. از مزایایی این فرآیند انعطاف پذیری بالا در عملیات بهره‌برداری، هزینه ساخت و نگهداری پایین و راهبری آسان می‌باشد [۱۴-۱۳].

بهره برداری از فرآیند راکتور ناپیوسته متوالی (SBR) در ۴ مرحله شامل: تغذیه یا پر کردن، واکنش یا هوادهی، ته نشینی، تخلیه و سکون صورت می‌پذیرد (شکل ۱) [۱۵]. در این روش کلیه عملیات تصفیه شامل یکنواخت سازی، تصفیه بیولوژیکی و ته نشینی در یک حوضچه و با تناوب زمانی خاص اتفاق می‌افتد. با استفاده از تناوب مراحل انوکسیک و هوازی می‌توان مقادیر بالای مواد آلی و نوترینت‌ها را حذف کرد [۱۷-۱۶].



شکل ۱- شماتیک فرآیند SBR [۱۵]

در همین راستا مطالعات زیادی صورت گرفته است که از جمله می‌توان به مطالعه‌ای که توسط Liu و همکاران به منظور بررسی عملکرد فرآیند راکتور ناپیوسته متوالی بی هوازی – هوازی – آنوکسیک (Anaerobic-Oxic-Anoxic; AOA - SBR) در حذف COD، TN و TP صورت گرفت، اشاره کرد که به ترتیب به راندمان حذف ۹۶/۸۱ ، ۹۶/۳۲ و ۹۴/۳۳ درصد دست یافتند [۱۸] و مطالعه‌ای که توسط Li و همکاران برای بررسی حذف همزمان نیتروژن و فسفر در راکتور ناپیوسته متوالی (SBR) تحت شرایط با درجه حرارت کم با راندمان حذف ۸۹/۶ و ۹۷/۵ درصد برای TP و TN صورت گرفت [۱۹]. هم‌چنین Showkat و Ahmed Najar در ارزیابی عملکرد تصفیه خانه فاضلاب با فرآیند SBR، راندمان حذف ۷۹/۶۳ و ۵۹/۳۸ درصد را برای COD و BOD_5 گزارش کردند [۲۰].

با توجه به اهمیت دفع بهداشتی فاضلاب و استفاده مطمئن از پساب حاصل برای کشاورزی، تخلیه به آب‌های سطحی و چاه جاذب، بدون این که تهدیدی برای سلامت جامعه ایجاد شود، پژوهش حاضر با هدف تعیین وضعیت تصفیه خانه فاضلاب یزد با فرآیند SBR پیشرفته در حذف مواد آلی و نوترینت‌ها انجام شد و نتایج با استانداردهای سازمان محیط زیست ایران (Iranian Department Of Environment) مقایسه گردید.

مواد و روش‌ها

تصفیه خانه فاضلاب یزد با مساحت ۲۰۰۰ هکتار و در فاصله ۷/۵ کیلومتری شمال غربی یزد و با رعایت حریم ۵ کیلومتری قرار گرفته است. تا قبل از سال ۱۳۹۰، ۹۰ درصد فاضلاب جمع‌آوری شده شهر با روش برکه‌ی تثبیت مورد تصفیه قرار می‌گرفته است. اما از سال ۱۳۹۱ از SBR پیشرفته جهت تصفیه فاضلاب استفاده می‌گردد. ظرفیت تصفیه خانه فاضلاب شهر یزد ۱۵۰۰۰۰ هزار نفر با سرانه تولید فاضلاب ۲۱۳ لیتر به ازای هر نفر در روز و با دبی

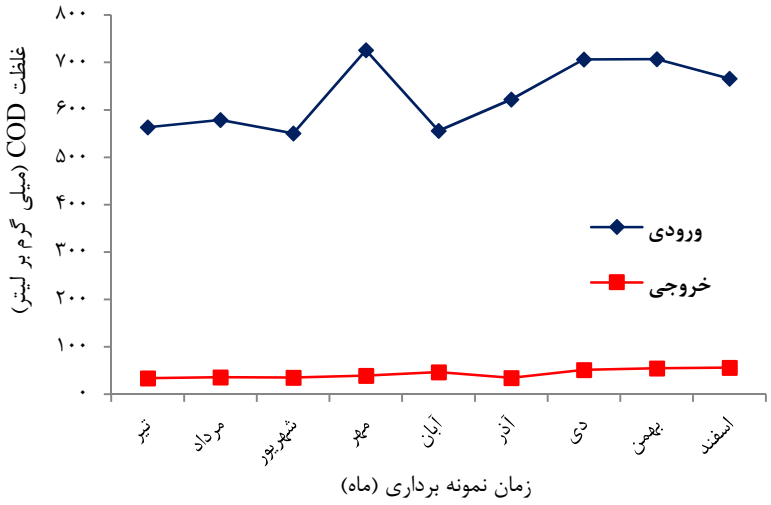
متوسط ۳۱۹۵۰، دبی حداقل ۱۵۶۳۸ و دبی حداکثر ساعتی ۲۷۴۳ متر مکعب در روز است [۱۵].

مطالعه حاضر از نوع توصیفی است که راندمان حذف مواد آلی و نوترینت‌ها را از فاضلاب با سیستم بیولوژیکی SBR پیشرفته را مورد بررسی قرار می‌دهد. نمونه برداری به صورت مرکب (Sampling Composite) از فاضلاب ورودی و پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب شهر یزد در طی ۹ ماه متوالی (تیر، مرداد، شهریور، مهر، آبان ، آذر، دی، بهمن و اسفند) در سال ۱۳۹۷انجام گرفت. نمونه‌برداری ۴ دفعه در هر ماه (هفته‌ای یک دفعه) انجام شد. در این تحقیق جمعاً ۷۲ نمونه جمع‌آوری گردید. طریق جمع‌آوری نمونه مرکب به این صورت که از ۸ صبح شروع و تا ۸ فردا صبح ، هر دو ساعت یک نمونه جمع‌آوری گردید و در پایان نمونه‌برداری، نمونه‌های جمع‌آوری مخلوط گردید. در طول زمان نمونه برداری، نمونه‌های جمع‌آوری شده در یخچال دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. تمامی مراحل نمونه‌برداری و انجام آزمایشات بر طبق دستورالعمل‌های کتاب استاندارد متد جهت آزمایشات آب و فاضلاب انتشار ۲۰۱۲ انجام گرفت [۲۱].

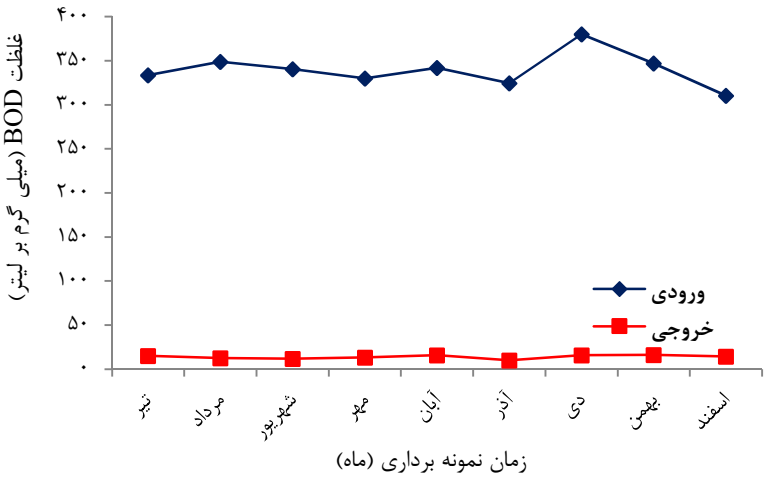
پارامتر COD با استفاده از ویال COD (رنج ۱۵۰۰ – ۰ میلی‌گرم بر لیتر برای فاضلاب ورودی و رنج ۱۵۰ – ۰ میلی گرم بر لیتر برای پساب خروجی) اندازه‌گیری شد. به این صورت که ۲ سی‌سی نمونه در داخل ویال ریخته بعد از اختلاط کامل در دستگاه هاضم (HACH, Germany) در درجه حرارت ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت قرار داده شد. بعد از گذشت زمان ۲ ساعت و سرد شدن ویال، با استفاده از دستگاه DR 5000 (HACH, Germany) قرائت گردید. اندازه‌گیری BOD_5 با دستگاه BOD متر Track (HACH, Germany) صورت گرفت. اندازه‌گیری پارامترهای فسفات و فسفر کل با روش رنگ سنجی وانا مولیبدات (P C- ۴۵۰۰) انجام شد. لازم به ذکر است که برای سنجش فسفر کل قبل از افزودن معرف وانا مولیبدات، نمونه با استفاده از مخلوط اسید سولفوریک – اسید نیتریک هضم گردید. آمونیوم با روش ($۴۵۰۰NH_3$-C) و پارامترهای نیترات و نیتریت با استفاده از معرف پودر HACH دستگاه DR5000 اندازه‌گیری شدند. در این مطالعه از اکسل نسخه ۲۰۱۰ جهت رسم نمودارها و نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ برای آنالیز داده استفاده گردید. جهت مقایسه داده‌های خروجی با استاندارد از آزمون t یک نمونه‌ای در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام شد.

نتایج

روند تغییرات COD، BOD_5 ، فسفر کل، فسفات، آمونیوم، نیترات و نیتریت در فاضلاب ورودی و پساب خروجی در طی دوره ۹ ماه نمونه‌برداری در نمودارهای ۱ الی ۷ شده است. نمودار ۱ و ۲ نمایان‌گر غلظت COD و BOD_5 در فاضلاب ورودی و خروجی تصفیه خانه فاضلاب در دوره ۹ ماهه نمونه برداری است. نتایج نشان داد که غلظت مقدار COD از ۶۳۰/۶ به ۴۲ میلی‌گرم بر لیتر و BOD_5 از ۳۴۱/۷ به ۱۴ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافته است.

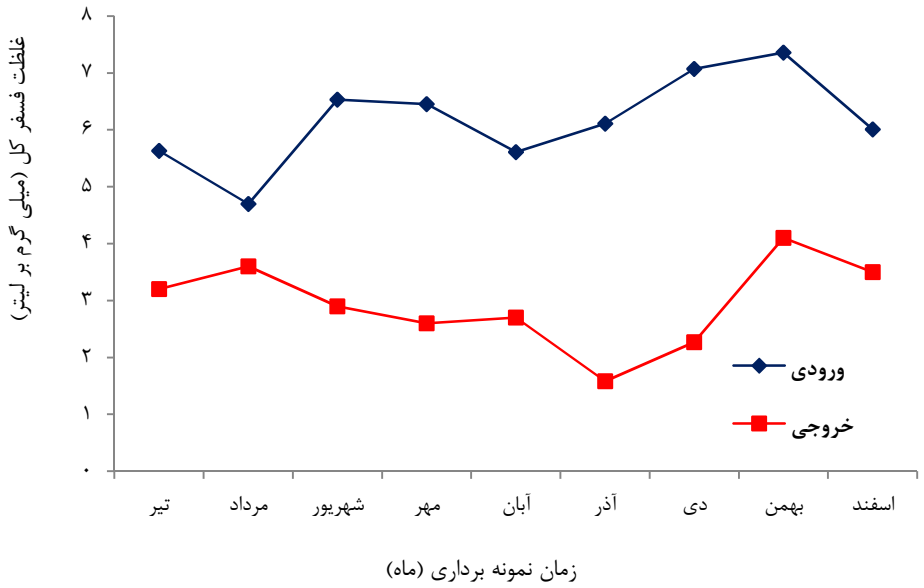


نمودار ۱- روند تغییرات COD در تصفیه خانه فاضلاب شهر یزد (در طی ماه‌های مختلف نمونه‌برداری سال ۱۳۹۷)

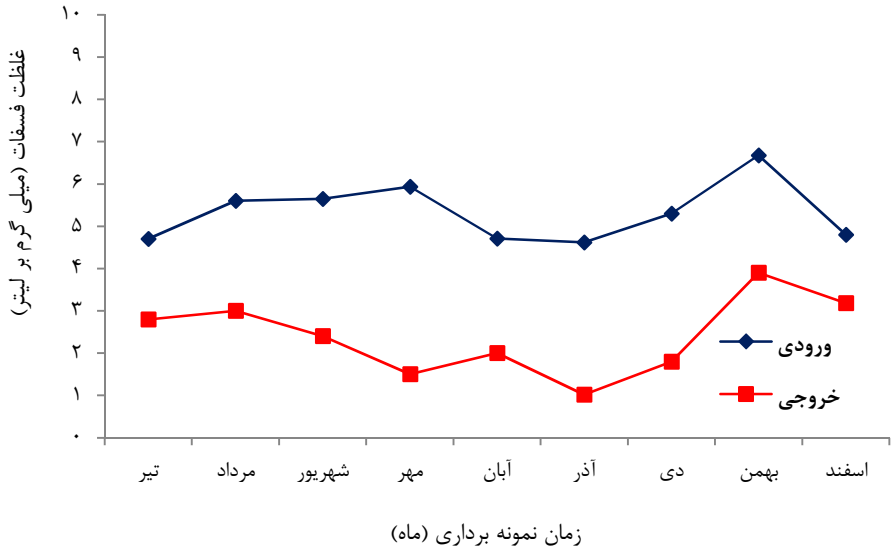


نمودار ۲- روند تغییرات BOD_5 در تصفیه خانه فاضلاب شهر یزد (در طی ماه‌های مختلف نمونه‌برداری سال ۱۳۹۷)

نمودارهای ۳ و ۴ روند تغییرات فسفر کل و فسفات را در طول دوره نمونه برداری را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد غلظت فسفر کل و فسفات به ترتیب از ۶/۱۶ و ۵/۳ میلی‌گرم بر لیتر به ۲/۹ و ۲/۴ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافته است.

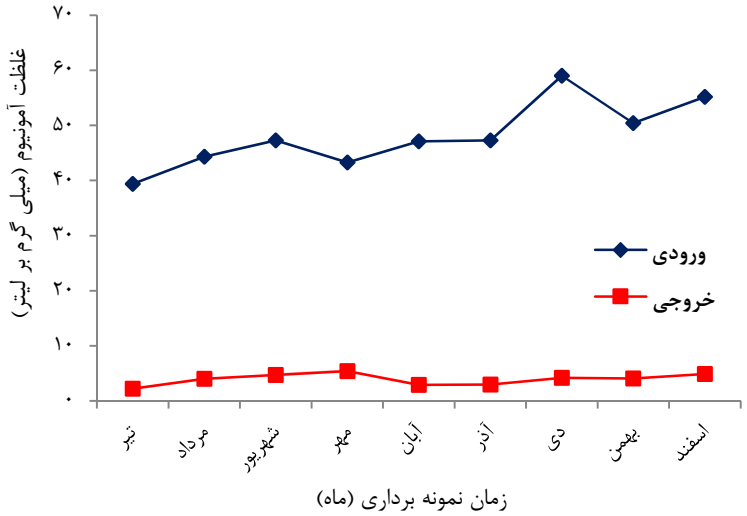


نمودار ۳- روند تغییرات فسفر کل در تصفیه خانه فاضلاب شهر یزد (در طی ماه‌های مختلف نمونه برداری سال ۱۳۹۷)



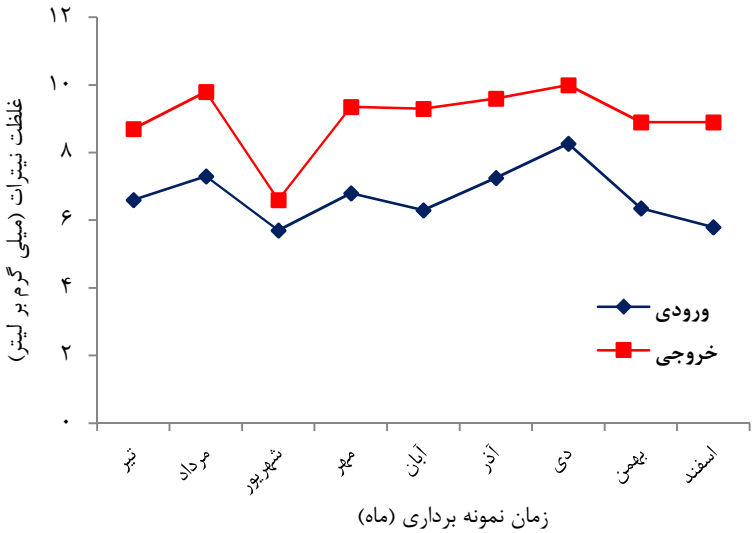
نمودار ٤- روند تغییرات فسفات در تصفیه خانه فاضلاب شهر یزد (در طی ماه‌های مختلف نمونه برداری سال ۱۳۹۷)

نمودار ۵ غلظت پارامتر آمونیوم را در فاضلاب ورودی و پساب خروجی از تصفیه خانه فاضلاب را در دوره تحقیق نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که میانگین غلظت آمونیوم از ۴۲/۴۲ میلی‌گرم بر لیتر در فاضلاب ورودی به ۶/۳۱ میلی-گرم بر لیتر در پساب خروجی رسیده است.

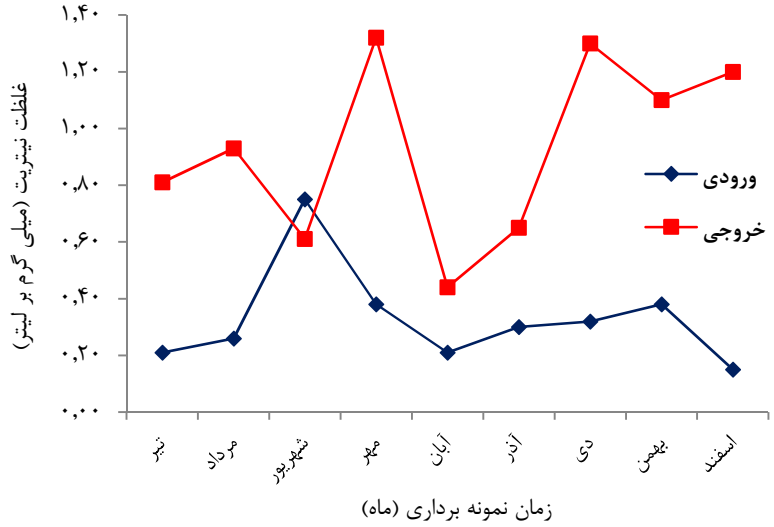


نمودار ۵- روند تغییرات آمونیوم در تصفیه خانه فاضلاب شهر یزد (در طی ماه‌های مختلف نمونه برداری سال ۱۳۹۷)

میانگین غلظت پارامترهای نیترات و نیتریت در تصفیه خانه فاضلاب شهر یزد در دوره تحقیق در نمودارهای ۶ و ۷ ارائه شده است. میانگین غلظت نیترات و نیتریت در فاضلاب ورودی به ترتیب ۶/۷ و ۰/۳۲ میلی‌گرم بر لیتر و در پساب خروجی ۹/۰۱ و ۰/۹۲ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد.



نمودار ٦- روند تغییرات نیترات در تصفیه خانه فاضلاب شهر یزد (در طی ماه‌های مختلف نمونه برداری سال ۱۳۹۷)



نمودار ۷- روند تغییرات نیتریت در تصفیه خانه فاضلاب شهر یزد (در طی ماه‌های مختلف نمونه برداری ۱۳۹۷)

مقایسه میانگین پارامترهای COD، BOD_5 ، فسفات، آمونیوم، نیترات و نیتریت با استانداردهای خروجی فاضلاب سازمان محیط زیست در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مقایسه میانگین پارامترهای خروجی از فرآیند SBR پیشرفته با مقادیر استاندارد خروجی فاضلاب سازمان حفاظت محیط زیست [۲۲].

پارامترها	میانگین	انحراف معیار	استانداردهای خروجی		
			تخلیه به آب‌های سطحی (میلی‌گرم بر لیتر)	تخلیه به چاه جاذب (میلی‌گرم بر لیتر)	مصرف کشاورزی و آبیاری (میلی‌گرم بر لیتر)
COD	۴۳/۰۸	۱۴/۲۳	۶۰	۶۰	۲۰۰
BOD_5	۱۳/۹۲	۴/۵۷	۳۰	۳۰	۱۰۰
فسفات	۲/۴	۰/۹	۶	۶	
آمونیوم	۶/۳۱	۳/۶۱	۲/۵	۱	-
نیترات	۹/۰۱	۱/۰۰۴	۵۰	۱۰	-
نیتریت	۰/۹۲	۰/۳۲	۱۰	۱۰	-

بحث

نتایج حاصل از کل دوره ۹ ماهه‌ی مطالعه نشان داد که تصفیه خانه با سیستم تصفیه لجن فعال از نوع SBR پیشرفته دارای راندمان حذف ۹۳ درصد COD (از ۶۳۰/۶ به ۴۲ میلی‌گرم بر لیتر) و راندمان حذف ۹۵ درصد برای BOD_5 (از ۳۴۱/۷ به ۱۴ میلی‌گرم بر لیتر) می‌باشد، که نشان از حذف مناسب مواد آلی توسط سیستم تصفیه SBR پیشرفته وجود دارد و هم‌چنین نشان دهنده جذب و تجزیه مناسب توسط باکتری‌های سازگار شده با سیستم می‌باشد. در مطالعه Banae Ghahfarokhi و همکاران که بر روی

حذف مواد آلی از فاضلاب بیمارستانی به روش SBR پیشرفته انجام شد. نتایج حاصل آنالیز پساب خروجی، راندمان حذف ۹۲/۹۷ و ۹۵/۵۴ درصد برای COD و BOD نشان داد و کیفیت پساب خروجی مطابق استانداردهای دفع پساب بود [۲۳]، که با نتایج به دست آمده با مطالعه ما همخوانی دارد.

در خصوص میزان مواد آلی در پساب خروجی در طول دوره‌ی نمونه برداری در این مطالعه مشخص گردید که در تمام طول دوره مقدار آن‌ها به مراتب پایین‌تر از حد استاندارد می‌باشد. استاندارد خروجی سازمان محیط زیست برای COD به منظور تخلیه به آب‌های سطحی و چاه جاذب ۶۰ میلی‌گرم بر لیتر و به منظور مصارف کشاورزی و آبیاری ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد [۲۲]. یافته‌های حاصله نشان می‌دهد که میانگین کل COD پساب خروجی زیر حد استاندارد برای تخلیه به آب‌های سطحی، چاه جاذب و مصارف کشاورزی و آبیاری می‌باشد (جدول ۱). میانگین کل COD پساب خروجی با استانداردها ارتباط معنی‌داری وجود دارد ($P\leq ۰/۰۰۱$). در ارتباط با BOD_5 پساب خروجی از سیستم تصفیه، استاندارد آن به منظور تخلیه به آب‌های سطحی و چاه جاذب ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر و برای مصارف کشاورزی و آبیاری ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که در جدول ۱ مشخص گردیده که در هر سه حالت پایین‌تر از استانداردهای زیست محیطی ایران [۲۲] می‌باشد و هم‌چنین بر اساس آزمون آماری t-test بین میانگین کل BOD_5 پساب خروجی با مقادیر استاندارد ارتباط معنی داری وجود داشت ($P\leq ۰/۰۰۱$). در آزمایشات Rashid و همکاران در بررسی کارآیی فرآیند SBR در تصفیه فاضلاب پتروشیمی به راندمان حذف ۸۴ درصد برای COD رسیدند [۲۴].

راندمان حذف فسفر کل و فسفات در این سیستم تصفیه به ترتیب ۵۰/۹ و۵۴ درصد به دست آمد. استاندارد خروجی فسفر برای تخلیه به آب‌های سطحی و چاه‌های جاذب ۶ میلی‌گرم بر لیتر و برای مصارف کشاورزی و آبیاری استانداردی در نظر گرفته نشده است [۲۲]، بین میانگین فسفر کل پساب خروجی با مقادیر استاندارد ارتباط معنی‌داری وجود داشت ($P\leq ۰/۰۰۱$). همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده است میزان فسفات در پساب خروجی برای تخلیه به آب‌های سطحی و چاه‌های جاذب مطابق با استانداردهای محیط زیست ایران [۲۲] است. طی مطالعه‌ای که توسط Alagha و همکاران بر روی حذف فسفات (PO_4^{-3}) در فاضلاب شهری با استفاده از فرآیند SBR در مقیاس آزمایشگاهی، به راندمان ۹۰ درصد دست یافتند [۲۵]. نتایج پژوهش Mulkerrins و همکاران نشان داد که با افزایش بار آلی، راندمان حذف فسفر افزایش داشته است. توجه به حذف فسفر از فاضلاب به خصوص در مناطقی که پساب خروجی تصفیه خانه به آب‌های سطحی تخلیه می‌گردد، ضروری است [۲۶].

میزان حذف آمونیوم (NH_4^+) در این مطالعه ۹۱/۸۹ درصد (از ۴۸/۱۳ به ۶/۳ میلی‌گرم بر لیتر) به دست آمد. در استانداردها میزان آمونیوم (NH_4^+) برای تخلیه به آب‌های سطحی ۲/۵ میلی‌گرم بر لیتر و برای تخلیه به چاه جاذب ۱

میلی‌گرم بر لیتر و برای مصرف کشاورزی و آبیاری استانداردی گزارش نشده است [۲۲]. در نتیجه میزان آمونیوم (NH_4^+) در پساب خروجی بالاتر از حد استاندارد می‌باشد. بین میانگین کل آمونیوم (NH_4^+) در پساب خروجی با مقادیر استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی ($P\leq ۰/۰۰۳$) و تخلیه به چاه جاذب ($P\leq ۰/۰۰۱$) ارتباط معنی‌داری وجود دارد. نتایج تحقیق Monajemiو Kazemi نشان داد که راندمان حذف نیتروژن آمونیاکی به زمان اعمال فازها و تعداد دفعات اعمال چرخه بستگی دارد [۲۷]. هم چنین مطالعه Li همکاران نیز در یک پژوهش مشابه به همین نتایج دست یافتند [۲۸].

میانگین کل نیترات (NO_3^-) در پساب خروجی ۹/۰۲ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد. در استانداردهای محیط زیست میزان نیترات برای تخلیه به آب‌های سطحی ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و برای تخلیه به چاه جاذب ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر و برای مصرف کشاورزی و آبیاری استانداردی گزارش نشده است [۲۲]. در نتیجه پساب خروجی از این سیستم برای تخلیه به آب‌های سطحی، چاه جاذب و مصرف در کشاورزی و آبیاری مناسب می‌باشد. میزان نیتریت خروجی (۰/۹۲ میلی‌گرم بر لیتر) نیز در محدوده استاندارد تخلیه به آب‌های سطحی و چاه جاذب (۱۰ میلی‌گرم در لیتر) بود. برای مصارف کشاورزی و آبیاری استانداردی برای نیتریت وجود ندارد. بر اساس آزمون آماری t-test بین میانگین کل نیترات و نیتریت پساب خروجی با مقادیر استاندارد [۲۲] ارتباط معنی‌داری وجود داشت ($P\leq ۰/۰۰۱$).

در نمودارهای ۶ و ۷ نشان داده شده است، میزان نیترات و نیتریت در پساب خروجی بیش‌تر از نیترات و نیتریت ورودی می‌باشد. اما این افزایش نیترات و نیتریت در پساب خروجی از حد استاندارد فراتر نرفته است. نتایج مطالعه Pirsaheb در بررسی کارایی لجن فعال با بستر ثابت مستغرق در حذف ترکیباته نیتروژنه از فاضلاب بیمارستانی، نشان داد که میزان نیترات و نیتریت خروجی در مراحل مختلف راهبردی از نیترات و نیتریت ورودی بیش‌تر بوده است. آن‌ها در مطالعه خود علت این امر را پدیده نیتریفیکاسیون در مرحله هوازی اعلام کردند [۲۹].

در این مطالعه روند تغییرات در طول سه فصل بررسی شد که با توجه به تأثیر دما و فصول سال روی راندمان حذف پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی روند تغییرات در دوره کامل یک‌ساله به همراه تغییرات دمایی مورد بررسی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

فرآیند SBR پیشرفته یکی از فرآیندهای لجن فعال ناپیوسته هوازی با رشد معلق می‌باشد که به منظور افزایش راندمان حذف مواد آلی و نوترینت‌ها از فاضلاب استفاده می شود. با توجه به نتایج به دست آمده در طی دوره ۹ ماهه مطالعه و با توجه به نتایج به دست آمده از سایر مطالعات، نشان می‌دهد که تصفیه خانه فاضلاب شهر یزد با فرآیند بیولوژیکی SBR پیشرفته، دارای شرایط مناسب بوده به طوری که در مجموع موجب کاهش قابل توجه بسیاری از

شاخص‌های آلودگی گردیده و دارای وضعیت خوب می‌باشد و از لحاظ پارامترهای COD، BOD، فسفر، نیترات و نیتریت قابلیت استفاده مجدد در مصارف کشاورزی، تخلیه به آب-های سطحی و چاه‌های جاذب را دارند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد به منظور حمایت مالی و مسئولین شرکت آب و فاضلاب شهر یزد که ما را در انجام این پژوهش یاری فرمودند، نهایت تقدیر و تشکر را داریم.

References

[1] Nikmanesh AS, Eslami H, Momtaz SM, Biabani R, Mohammadi A, Shiravand B, et al. Performance Evaluation of the Extended Aeration Activated Sludge System in the Removal of Physicochemical and Microbial Parameters of Municipal Wastewater: A Case Study of Nowshahr Wastewater Treatment Plant. *J Environ Health Sustain Dev* 2018; 3(2): 509-17.

[2] Jafarinejad S. Recent developments in the application of sequencing batch reactor (SBR) technology for the petroleum industry wastewater treatment. *Chem Int* 2017; 3(3): 241.

[3] Agrafioti E, Diamadopoulos E. A strategic plan for reuse of treated municipal wastewater for crop irrigation on the Island of Crete. *Agric Water Manage* 2012; 105: 57– 64.

[4] Pedrero F, Kalavrouziotis I, Alarcón JJ, Koukoulakis P, Asano T. Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture – review of some practices in Spain and Greece. *Agric Water Manage* 2010; 97: 1233–41.

[5] Zarei mahmoudabadi T, Behnejad B, Pasdar P, Amooee S, Behnejad B. Evaluating the Performance of Ardakan Wastewater Treatment Plant and Feasibility of Effluent Reuse for Various Purposes. *JREH* 2020; 6(2): 134-44.

[6] Zhang L, Su F, Wang N, Liu S, Yang M, Wang Y-Z, et al. Biodegradability enhancement of hydrolyzed polyacrylamide wastewater by a combined Fenton-SBR treatment process. *Bioresour Technol* 2019; 278: 99-107.

[7] Cho S, Luong TT, Lee D, Oh Y-K, Lee T. Reuse of effluent water from a municipal wastewater treatment plant in microalgae cultivation for biofuel production. *Bioresour Technol* 2011; 102(18): 8639-45.

[8] Fernandes H, Jungles MK, Hoffmann H, Antonio RV, Costa RH. Full-scale sequencing batch reactor (SBR) for domestic wastewater: performance and diversity of microbial communities. *Bioresour Technol* 2013; 132: 262-8.

[9] Eslami H, Ghelmani SV, Salehi Vaziri A, Hosseinshahi D, Ghaleaskari S, Talebi-Hemmatabadi P, et al. Comparing the efficiency of stabilization ponds and subsurface constructed wetland in domestic sewage treatment in city of yazd. *J Water and Wastewater* 2016; 26(6): 100-6. [Farsi]

[10] Eslami H, Samaei MR, Shahsavani E, Ebrahimi AA. Biodegradation and fate of linear alkylbenzene sulfonate in integrated fixed-film activated sludge using synthetic media. *Desalination Water Treat* 2017; 92: 128-33.

[11] Chen Q, Ni J, Ma T, Liu T, Zheng M. Bioaugmentation treatment of municipal wastewater with heterotrophic-aerobic nitrogen removal bacteria in a pilot-scale SBR. *Bioresour Technol* 2015; 183: 25-32.

[12] Weihua Zhaoa, Zhanga Y. Advanced nitrogen and phosphorus removal in the pre-denitrification anaerobic/anoxic/aerobic nitrification sequence batch reactor (pre-A2NSBR) treating low carbon/nitrogen (C/N) wastewater. *Chem Eng Sci* 2016; 302: 296-304.

[13] Sathian S, Rajasimman M, Radha G, Shanmugapriya V, Karthikeyan C. Performance of SBR for the treatment of textile dye wastewater: Optimization and kinetic studies. *Alex Eng J* 2014; 53: 417–26.

[14] Mohan SV, Rao NC, Prasad KK, Madhavi B, Sharma P. Treatment of complex chemical wastewater in a sequencing batch reactor (SBR) with an aerobic suspended growth configuration. Process. *Biochem* 2005; 40(5): 1501-8.

[15] Eslami H, Talebi Hematabadi P, Ghelmani SV, Salehi Vaziri A, Derakhshan Z. The Performance of Advanced Sequencing Batch Reactor in Wastewater Treatment Plant to Remove Organic Materials and Linear Alkyl Benzene Sulfonates. *Jundishapur J Health Sci* 2015; 7(3): e29620. 10.17795/jjhs-29620

[16] Ganigué R, Volcke EIP, Puig S, Balaguer MD, J C. Impact of influent characteristics on a partial nitritation SBR treating high nitrogen loaded wastewater. *Bioresour Technol* 2012; 111: 62-9.

[17] Yong ZJ, Bashir MJ, Ng CA, Sethupathi S, Lim J-W. A sequential treatment of intermediate tropical landfill leachate using a sequencing batch reactor (SBR) and coagulation. *J Environ Manage* 2018; 205: 244-52.

[18] Liu S, Daigger GT, Liu B, Zhao W, Liu J. Enhanced performance of simultaneous carbon, nitrogen and

phosphorus removal from municipal wastewater in an anaerobic-aerobic-anoxic sequencing batch reactor (AOA-SBR) system by alternating the cycle times. *Bioresour Technol* 2020; 301: 122750.

[19] Li C, Liu S, Ma T, Zheng M, Ni J. Simultaneous nitrification, denitrification and phosphorus removal in a sequencing batch reactor (SBR) under low temperature. *Chemosphere* 2019; 229: 132-41.

[20] Showkat U, Najar IA. Study on the efficiency of sequential batch reactor (SBR)-based sewage treatment plant. *Appl Water Sci* 2019; 9(1): 1-10.

[21] APHA, AWWA and WEF. Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 22nd Edition. Washington DC: American Public Health Association. 2012.

[22] IDE. Iran Department of Environment for discharge and reuse of wastewater. In: Environment IDo, editor. Iran: Depatrment of Iran Environmental Protection Publications; 1999. p. Available Online in: http://www.doe.ir. [Farsi]

[23] Ghahfarrokhi BB, Ehramposh MH, Nasiri P, Ghasemee A, Rezaee- Javanmardi R. Survey of amount of removed detergents and organic Materials of hospital wastewater with SBR developed method (case study of Yazd city). *JEST* 2010; 12(2): 61–70.

[24] Rashid SS, Liu Y-Q, Zhang C. Upgrading a large and centralised municipal wastewater treatment plant with sequencing batch reactor technology for integrated nutrient removal and phosphorus recovery: Environmental and economic life cycle performance. *Sci Total Environ* 2020; 749: 141465.

[25] Alagha O, Allazem A, Bukhari AA, Anil I, Mu'azu ND. Suitability of SBR for wastewater treatment and reuse: Pilot-scale reactor operated in different anoxic conditions. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17(5): 1617.

[26] Mulkerrins D , Dobson ADW, Colleran E. Parameters affecting biological phosphate removal from wastewaters. *Environ Int* 2005; 30: 249-259.

[27] Monajemi P, Kazemi H. Treatability of petrochemical waste using a pilot scale SBR system. *J Water and Wastewater* 2005; 16(53): 48-53.

[28] Liu H, Zhu M, Gao S, Xia S, Sun L. Enhancing denitrification phosphorus removal with a novel nutrient removal process. Role of configuration. *Chem Eng J* 2014; 240: 404-412.

[29] Pirsaheb M, Moradi M, Sharafi K. Evaluation of Activated Sludge with a Submerged Fixed Bed in the Removal of Phosphorus and Nitrogen Compounds from Hospital Wastewater. *J Water and Wastewater* 2015; 26(3): 28-36.[Farsi]

Evaluation of the Performance of Advanced Sequencing Batch Reactor Biological Processes in the Removal of Nutrients from Municipal Wastewater in Yazd City: A Case Study

T. Zarei Mahmoudabadi[1], A. Salehi Vaziri[2], P. Talebi[3], H. Eslami[4]

Received: 24/08/21 Sent for Revision: 08/09/21 Received Revised Manuscript: 13/11/21 Accepted: 15/11/21

Background and Objectives: Advanced Sequencing batch reactors (SBR) are one of the most suitable modified activated sludge systems. Due to low cost, optimal efficiency, and easy operation, they are recognized as an effective biological treatment system. The purpose of this study was to determine the performance of the SBR biological process in the removal of organic matter and nutrients from Yazd city wastewater.

Materials and Methods: This descriptive study examines the trend of organic matter and nutrients changes in the biological process of advanced SBR. In this study, the samples were taken from the input and output of the SBR process four times a month for 9 months in 2019. A total of 72 samples were taken. Then COD (chemical oxygen demand) and BOD_5 (biochemical oxygen demand) and nutrients (phosphate (PO_4^{-3})), total phosphorus, ammonium (NH_4^+), nitrate (NO_3^-), and nitrite (NO_2^-) were measured. Finally, the results were analyzed by one-sample t-test at a significance level of 0.05.

Results: The concentration of COD and BOD_5 in the effluent was 42 and 14 mg/L, respectively. The concentration of total phosphorus, phosphate, ammonium, nitrate, and nitrite in the effluent was also shown to be 2.9, 2.4, 6.3, 9.01, and 0.92 mg/L, respectively.

Conclusion: The results showed that the active sludge system in the Yazd wastewater treatment plant has a good and acceptable situation. This has caused a significant reduction in organic matter and nutrients. These results are in accordance with the standards of the Iranian Environment Organization in the reuse of wastewater.

Keywords: Advanced Sequencing Batch Reactor, Organic matter, Nutrient, Wastewater treatment, Yazd

Funding: This study was funded by Shahid Sadoughi University of Medical Sciences

Conflict of interest: None declared.

Ethical approval: None declared

How to cite this article: Zarei Mahmoudabadi T, Salehi Vaziri A, Talebi P, Eslami H. Evaluation of the Performance of Advanced Sequencing Batch Reactor Biological Processes in the Removal of Nutrients from Municipal Wastewater in Yazd City: A Case Study. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2022; 20 (11): 1195-208. [Farsi]

1- MSc, Dept. of Environmental Health Engineering, Environmental Science and Technology Research Center, School of Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran, ORCID: 0000-0003-2504-9399
2- MSc in Environmental Health Engineering, Expert of Exploitation of Wastewater Treatment Plant in Yazd, ORCID:0000-0003-3440-5068
3- MSc, Dept. of Environmental Health Engineering, Environmental Science and Technology Research Center, School of Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran, ORCID: 0000-0001-6097-9589
4- Assistant Prof., Dept. of Environmental Health Engineering, School of Health, Occupational Safety and Health Research Center, NICICO, World Safety Organization and Rafsanjan University of Medical Sciences, Rafsanjan, Iran, ORCID: 0000-0001-5137-4764
(Corresponding Author) Tel: (034) 34259176, Fax: (034) 34280071, E-mail: Hadieslami1986@yahoo.com