

# بررسی حذف ازت و فسفر توسط سیستم SBR هفت مرحله ای بی هوازی- انوکسیک و هوازی از فاضلاب شهری در شرایط مختلف بهره برداری

نادر شاهنده<sup>۱</sup>، افشین تکدستان<sup>۲</sup>، محسن سلیمانی باورصاد<sup>۲</sup>، سارا گیم اهواز<sup>۳</sup>

۱- گروه مهندسی محیط زیست - آب و فاضلاب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

۲- گروه بهداشت محیط دانشگاه جندی شاپور، اهواز، ایران

۳- گروه علوم آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

۴- گروه مهندسی محیط زیست - آب و فاضلاب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۰۲

## چکیده

هدف این مطالعه، ارزیابی کاربرد فرایند ناپیوسته متناوب هوازی و انوکسیک و بیهوازی در حذف ازت و فسفر از یک تصفیه خانه فاضلاب در مقیاس آزمایشگاهی (پایلوت) است که به تعیین اثر تغییر زمان مرحله بیهوازی، انوکسیک، هوازی بر کارایی سیستم در حذف ازت و فسفر، تغییر توالی مراحل و اثر تناسب زمانی بر بازدهی حذف ازت و فسفر می پردازد.

واژه‌های کلیدی: فسفر، ازت، فاضلاب، راکتور ناپیوسته متوالی (SBR ۷ مرحله ای)

## مقدمه

حذف فسفر به روش بیولوژیکی یک تکنیک جدید و توسعه یافته است که با تغییر طراحی سیستم‌های رشد معلق انجام می‌شود. به این ترتیب بدون وارد کردن ماده شیمیایی و عملاً بدون ایجاد لجن اضافی، فسفر در پساب، به استاندارد حد قابل تخلیه شدن به محیط زیست می‌رسد. (۵) حضور نیتروژن در منابع فاضلاب شهری و یا صنعتی عموماً در شکل نیتروژن آمونیاکی و یا نیتروژن آلی می باشد (۶). رنج وسیعی از باکتری های هتروتروف در حین تجزیه مواد آلی، نیتروژن موجود در این مواد را به آمونیوم تبدیل می نمایند. سپس باکتری های اتوتروف تحت فرایندهای هوازی نیتروژن آمونیاکی را به نترات تبدیل می نمایند. (۱) فرایندهای بیولوژیکی حذف کننده مواد مغذی جهت حذف نیتروژن و فسفر از فاضلاب شامل فرایند لجن فعال متعارف، فرایند بی هوازی- انوکسیک- هوازی (Anoxic- Anoxic- oxic یا A2/O)، فرایند انوکسیک- هوازی (Anoxic-oxic یا AO)،

آلودگی فاضلاب ها بیشتر به واسطه وجود مواد آلی آنهاست این مواد را می توان بوسیله اکسیژن دهی و اکسیداسیون تبدیل به نترات ها، نترات ها و فسفات ها و غیره ... کرده و سپس به صورت ته نشین کردن، از فاضلاب جدا نمود، بطور کلی روش های تصفیه فاضلاب را می توان به ۳ دسته اصلی فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تقسیم بندی نمود (۲). استفاده از روشهای بیولوژیکی امروزه بطور گسترده ای برای تصفیه فاضلاب ها متداول شده است. روشهای بیولوژیکی قادرند با هزینه ای پایین، طیف گسترده ای از آلاینده ها را مورد تصفیه قرار دهند و برای حذف مواد آلی قابل تجزیه بیولوژیکی و مواد مغذی (نیتروژن و فسفر) به کار روند. فرایند لجن فعال و صافی چکنده از جمله متداولترین روشهای تصفیه بیولوژیکی می باشند. (۳ و ۴)

پراکاردترین سیستم های تصفیه فاضلاب تبدیل نموده است. (۱۰)

### تئوری و پیشینه تحقیق

در زمینه عملکرد سیستم های SBR مطالعات متعددی در ایران و جهان انجام گرفته است. دکتر علی مهوی در سال ۲۰۰۸ در مطالعه‌ای که به بررسی تصفیه فاضلاب بوسیله راکتور ناپیوسته متوالی جهت حذف مواد مغذی و آلی پرداخت، راندمان حذف COD برابر ۹۱,۳ درصد و BOD برابر ۹۴ درصد، TN ۹۱ درصد و TSS ۹۲,۲ درصد و TP ۸۹,۹ درصد می‌باشد. (۱۴)

در مطالعه دیگری ژانگ X و همکاران در سال ۲۰۱۰ طی مطالعه ای که در خصوص تاثیر افزودن مقدار COD آلی (با مقدار اکسیژن پایین) جهت حذف نوتریتها در تصفیه فاضلاب به روش SBR را مورد بررسی قرار دادند که نتیجه خروجی آن برابر ۷۶,۴ درصد و BOD برابر ۸۹,۷ درصد TSS برابر ۹۱,۵ درصد بوده است. (۱۳)

سانگ کی. جی و همکاران در سال ۲۰۱۰ طی مطالعه‌ای که با استفاده از ساخت پایلوت در مقیاس آزمایشگاهی جهت حذف نیتروژن و فسفر در تصفیه فاضلاب به روش SBR با استفاده از فاضلاب مصنوعی مورد بررسی قرار دادند که شاهد خروجی فسفر برابر ۶۷,۴ درصد و نیتروژن برابر ۸۲ درصد بوده است (۱۵). لی ویر این بی و همکاران ۲۰۱۲ اثر شاخص آلکالینی بر نیترو فیکاسیون و دینتر یفیکاسیون در تصفیه فاضلاب به روش SBR را مورد بررسی قرار دادند که درصد حذف نیتروژن برابر ۹۱,۶ درصد BOD برابر ۸۹,۴ و درصد حذف COD برابر ۹۰,۶ گزارش شد. هدف از انجام مطالعه حاضر بررسی کارایی سیستم SBR هفت مرحله ای صلاح شده بیهوازی - هوازی و یافتن بهترین چرخه زمانی مورد نیاز از نظر زمان هوادهی و ته نشینی و اختلاط برای حذف همزمان نیتروژن، فسفر و مواد آلی مورد بررسی قرار گرفته است

نهر اکسیداسیون (oxidation ditch یا OD)، راکتور ناپیوسته متوالی (Sequencing batch reactor) یا SBR)، راکتور ناپیوسته بیوفیلمی، لاگون، فرایند فورستریپ، فرایند باردنفت تغییر یافته، فرایند UCT می‌باشد. (نشریه انجمن نفت ایران - شماره ۷۰ سال ۱۳۸۷ - مقاله دکترغازی عیدان / شرکت مهندسی پالاینده محیط زیست)

طی ۲۵ سال اخیر بیش از ۱۳۰۰ واحد SBR در امریکا، کانادا و اروپا به طور موفقیت آمیزی استفاده شده اند. خصوصاً این که تعداد واحدهای SBR در شمال آمریکا به سرعت در حال رشد است (۷). بسیاری از این تأسیسات برای اجتماعات کوچک با فاضلاب تولیدی کم تر از یک میلیون گالن در ساعت استفاده شده است. البته کیفیت پساب خروجی واحدهای بزرگ تر SBR برای فاضلاب بیش از ۲۳۰ میلیون گالن در روز که در دوبلین و ایرلند به کار رفته است، مشابه واحدهای کوچکتر می‌باشد (۸). SBR بعنوان نسخه اصلاح شده ای از لجن فعال، یکی از موفق ترین روشها محسوب میگردد. سیستم های SBR به علت مزایای فراوان بعنوان جایگزین سایر سیستم‌های متعارف جهت تصفیه بیولوژیکی فاضلاب های صنعتی و خانگی ارایه شده اند (۹). از جمله این مزایا می‌توان به بهینه سازی مصرف انرژی از طریق کنترل فعالیت متابولیک، پایین بودن هزینه و راندمان مطلوب در حذف آلاینده ها، کوچک بودن فضای مورد نیاز، حذف مواد مغذی نیتروژن و فسفر از طریق مدیریت مناسب اکسیژن رسانی و راهبری انعطاف پذیر، توانایی سیستم SBR برای از بین بردن رشد بسیاری از میکرواورگانسیم های رشته‌ای حجیم کننده لجن با کنترل چرخه عملیاتی SBR، توانایی بیولوژیکی فرایند در سیستم SBR برای غلبه بر مشکل شوک‌های بارهای هیدرولیکی و آلی، سادگی فرایند، عدم نیاز به حوضچه ته نشینی ثانویه و پمپاژ لجن برگشتی، مواد معلق کم پساب خروجی و قابلیت استفاده در ابعاد مختلف اشاره کرد که این سیستم را به یکی از

یکنواخت هوا به ویژه در نرخ های هوادهی کم، چند عدد پره همزن برای فاز های بیهوازی و انوکسیک و هوازی در داخل فاضلاب فرو رفته است با دوره های متفاوت متناسب با فازهای مورد مطالعه، در بالای راکتور نصب شد. به منظور تنظیم مراحل مختلف با زمان و ثبت داده ها از اپراتور استفاده گردید. شکل ۱ و ۲ نمایی از پایلوت SBR و پره های اختلاط را نشان می دهد. با توجه به نوع و مشخصات فاضلاب خام مورد استفاده مدت زمان کارکرد برای راکتور در فازهای مختلف به شرح ذیل مشخص می گردد؛ فاز پرشدن ۱۵ دقیقه، فاز بیهوازی ۲ ساعت، فاز انوکسیک ۲ ساعت، فاز هوازی ۲ ساعت، ته نشینی ۱ ساعت، فاز سکون ۳۰ دقیقه تخلیه ۱۵ دقیقه می باشد. جهت راه اندازی راکتور جهت بذردهی از بذر لجن فعال برگشتی تصفیه خانه فاضلاب به میزان ۲ لیتر استفاده شد، که هیچگونه مشکلی نظیر بالکینگ در آن وجود نداشت. نمونه برداری از قسمت ورودی لجن برگشتی به حوض هوادهی به طور دستی و به روش ساده و لحظه ای انجام و به راکتور فاضلاب ورودی با مشخصات زیر اضافه گردید:

که امکان انجام این مطالعه تصفیه خانه فاضلاب غرب اهواز می باشد.

### مواد و روش ها

در این تحقیق پس از گرفتن نمونه دستی از لجن فعال برگشتی و فاضلاب ورودی به حوضچه هوادهی به مدت ۳۰ دقیقه در مخزنی مجزا جهت ته نشینی قرار داده شد و پس از خالی نمودن آب بالای آن، وارد راکتور گردید. راکتور از جنس پلکسی گلاس و به شکل استوانه ای با حجم مفید ۸ لیتر و قطر داخلی ۲۲ سانتی متر و ارتفاع ۳۱ سانتی متر و مخزنی برای تخلیه پساب که در زیر پایبینگ آن قرار داده شده بود استفاده شد. برای هوادهی راکتور، یک دیفیوزر عمقی از نوع سنگی با اندازه حباب یک تا سه میلیمتر استفاده گردید برای تامین هوای مورد نیاز از پمپ هوادهی مدل (HAILEA- ACO.5505) استفاده گردید پمپ طوری انتخاب شد که بتواند میزان هوای مورد نیاز بهینه که میزان اکسیژن محلول که بین ۲ تا ۳ میلی گرم بر لیتر را تامین کند. به منظور تنظیم مراحل مختلف و ثبت داده ها از اپراتور جهت کنترل مراحل مختلف عملیات استفاده گردید. برای اطمینان از توزیع

جدول ۱- پارامترهای میانگین فاضلاب ورودی به تصفیه خانه

پارامترهای مورد مطالعه	میانگین مقادیر در طی ۳۰ روز (mg/l)
BOD	۲۱۳/۶
COD	۳۹۷
TSS	۱۱۲
TN	۳۳/۲
TP	۱۰/۷
TC	۸*۱۰۱۲
PH	۷/۳

راکتور در زمان ماند سلولی ۱۰ روز بهره برداری انجام گردید و تمامی آزمایش ها مطابق رهنمود های مندرج در کتاب استاندارد متدسال ۲۰۰۵ انجام پذیرفت.

پس از ایجاد شرایط پایدار در راکتور در طی ۸ ماه تحقیق نمونه برداری و آزمایش پارامترهای ذیل BOD, COD, MLSS, PH, DO, TSS, TN, TP, TC

میلی گرم بر لیتر در راکتور حفظ شد. شکل ۱ نمایی از پایلوت مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

لازم به ذکر است که درجه حرارت در حد ۲۵ سانتی‌گراد و میزان اکسیژن محلول بین ۲ تا ۳



شکل ۱- نمایی از پایلوت راکتور ناپیوسته متوالی

پس از اتمام فاز بی‌هوازی وارد فاز انوکسیک میشویم که در این مرحله به مدت ۲ ساعت اختلاط بوسیله پره همزن با سرعت  $20 \text{ rpm}$  صورت می‌گیرد. جهت تنظیم سرعت همزن از یک دیمر استفاده گردید همچنین ارتفاع میله (شافت) همزن در این مرحله به اندازه ۱۷ سانتی‌متر بود. پس از اتمام فاز انوکسیک وارد مرحله هوازی و هوادهی میشویم که در این مرحله به مدت ۲ ساعت بوسیله پمپ هوا (با دبی  $5.5 \text{ L/S}$ ) و پره اختلاط سطحی هوادهی با سرعت  $40 \text{ rpm}$  صورت می‌گیرد.

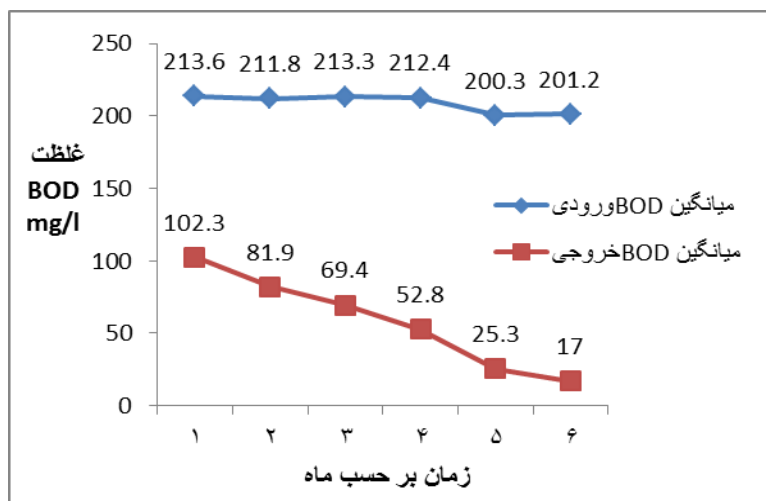
پس از اتمام فاز واکنش وارد فاز ته نشینی (۱ ساعت) و سکون (۳۰ دقیقه) می‌شویم. پس از این مرحله پساب خروجی در مخزنی وارد شده و از آن جهت بررسی و آزمایش نمونه گیری گردید، همچنین از لجن تشکیل شده در کف مخزن جهت نمونه گیری بوسیله شیر خروجی که در پایین مخزن تعبیه شده بود برداشت گردید و به آزمایشگاه جهت بررسی ارسال شد.

برای راه اندازی راکتور ابتدا داخل راکتور ۲ لیتر لجن فعال که از خط برگشت لجن تصفیه خانه فاضلاب و بقیه حجم راکتور تا ۸ لیتر با فاضلاب پر شد که به مدت ۳۰ دقیقه در مخزنی به حالت ته نشین قرار داده شد و پس از آن آب بالای آن را خالی نموده و به مخزن وارد کردیم. جهت فاز واکنش که در این سیستم شامل مرحله بی‌هوازی، انوکسیک و هوازی بود ابتدا وارد فاز بی‌هوازی شد و به مدت ۲ ساعت به حالت بی‌هوازی ماند و در این مدت دوساعت هر ۳۰ دقیقه یکبار به مدت ۵ دقیقه اختلاط کاملاً ملایم بوسیله همزن در حدود  $10 \text{ rpm}$  انجام شد. برای سازگاری لجن، زمان ماند ۱۰ روز در نظر گرفته شد. اکسیژن محلول سیستم توسط یک DO متر دیجیتال به طور مداوم اندازه‌گیری شد و در صورت کاهش تا زیر حد مجاز با افزایش میزان هوای ورودی و یا تمیز کردن سطح دیفیوزر مشکل رفع می‌گردید. میزان اکسیژن محلول سیستم در فاز هوازی در حدود ۲ تا ۳ میلی‌گرم بر لیتر ثابت نگه داشته شد. میزان PH سیستم در محدوده طبیعی (۷ تا ۸) و دمای سیستم در محدوده دمای اتاق (۲۸ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد) کنترل گردید.

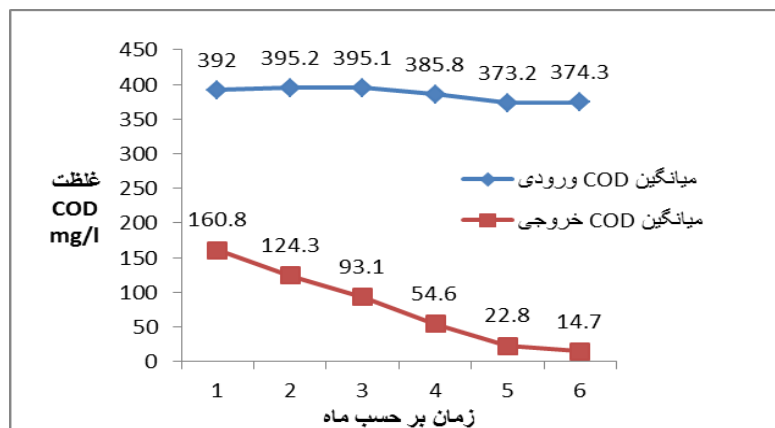
نتایج

BOD در این سیستم ۹۲ درصد و مطابق نمودار ۲ روند حذف COD با زمان ماند سلولی ۱۰ روز برابر ۹۶/۳ درصد و میزان حذف TSS مطابق نمودار ۳ برابر ۸۹ درصد گزارش گردید، همچنین روند حذف TN و TP مطابق نمودارهای ۴ و ۵ به ترتیب ۹۰ درصد و ۸۴/۳ درصد حاصل شد و در نهایت میزان حذف کلیفرم کل مطابق نمودار ۶ در سیستم مورد مطالعه ۹۸ درصد بدست آمد.

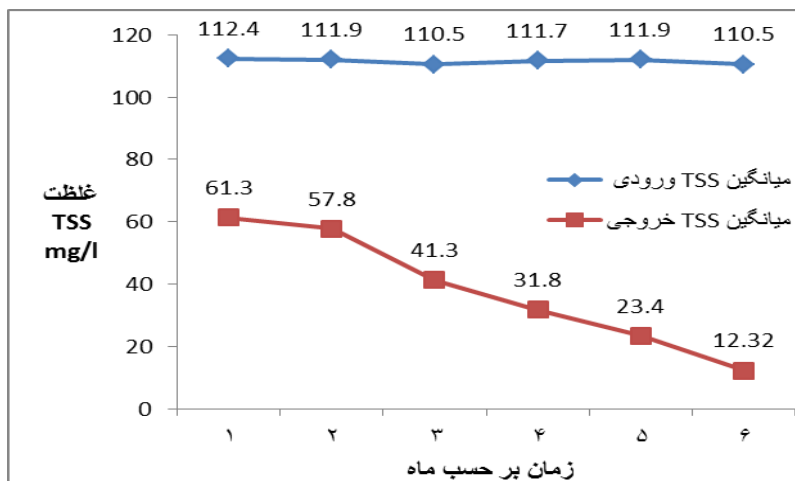
همانطور که ملاحظه گردید، اهداف این مطالعه بررسی کارایی راکتور ناپیوسته متوالی (SBR) هفت مرحله ای جهت حذف عناصر مغذی و آلی طی ۸ ماه بهره برداری که نتایج بصورت میانگین هرماه با گرفتن ۳۰ نمونه از هر پارامتر به عنوان میانگین ۱ ماه (ورودی و خروجی) برای رسم نمودار و جداول و انجام آزمایشات ثبت و محاسبه شد. طبق نتایج بدست آمده همانطور که در نمودار ۱ مشاهده می شود روند حذف



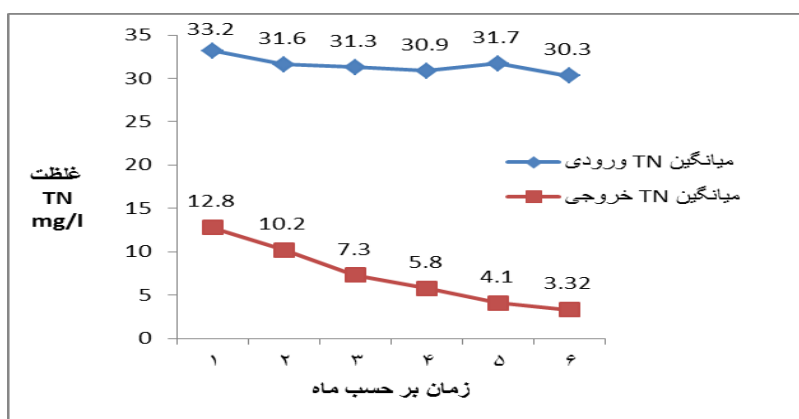
نمودار ۱- میانگین ماهانه روند حذف BOD5 توسط راکتور SBR ۷ مرحله ای



نمودار ۲- میانگین ماهانه روند حذف COD توسط راکتور SBR ۷ مرحله ای



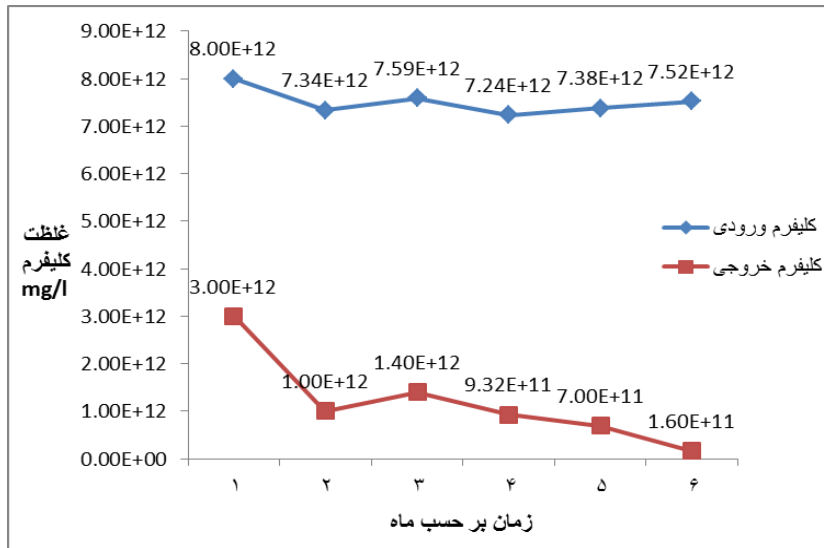
نمودار ۳- میانگین ماهانه روند حذف TSS توسط راکتور SBR ۷ مرحله ای



نمودار ۴- میانگین ماهانه روند حذف TN توسط راکتور SBR ۷ مرحله ای



نمودار ۵- میانگین ماهانه روند حذف TP توسط راکتور SBR ۷ مرحله ای



نمودار ۶- میانگین ماهانه روند حذف TC توسط راکتور SBR ۷ مرحله ای

### نتیجه گیری و جمع بندی

در این تحقیق موارد زیر بحث میشود:

۱- روند تغییرات BOD در سیستم SBR هفت مرحله ای در زمان ماند سلولی ۱۰ روز در سیکل های زمانی

با توجه به نمودار ۱ در زمان ماند سلولی ۱۰ روز متوسط میانگین ماهیانه غلظت BOD در ورودی که ۲۱۳٫۶ mg/lit بود در خروجی به ۱۷ mg/lit رسید که در سیستم اصلاح شده بیهوازی، انوکسیک، هوازی حدود ۹۲٪ گزارش شده است در تحقیقی که در مقایسه با BOD حاصل از مطالعه جیو جی یانگ در سال ۲۰۰۷ که برابر ۸۹٫۴ درصد و یانگ ژانگ در سال ۲۰۱۶ که برابر ۸۴٫۳ درصد و Qian Chen Jinren در سال ۲۰۱۵ برابر ۸۸٫۷ درصد بود نشان از حذف مناسب BOD توسط سیستم مورد مطالعه می باشد که نشان از جذب و تجزیه مناسب باکتری ها خو گرفته با لجن فعال می باشد. استاندارد محیط زیست ایران میزان BOD خروجی از سیستم را جهت مصارف کشاورزی و آبیاری ۱۰۰ میلی گرم درلیتر و جهت تخلیه به آبهای سطحی ۳۰ تعیین کرده که سیستم SBR موجود دارای BOD به مراتب پایین تر از این استاندارد می باشد (۳).

۲- روند تغییرات COD در سیستم SBR هفت مرحله ای در زمان ماند سلولی ۱۰ روز در سیکل های زمانی

همانطور که نمودار ۲ نشان می دهد غلظت COD که در ورودی ۱۳۹۷ mg/l بود در خروجی به میزان ۱۴٫۷ mg/l رسید که نشان دهنده ۹۶٫۳٪ حذف را نشان می داد در زمان ماند ۱۰ سلولی روزه چون میکروارگانیسم ها در فاز کاهش رشد یا فاز ثابت رشد قرار دارند بازده حذف COD بهبود یافته است که نشان از تهنشین شدن مناسب لجن است. چون میکروارگانیسم های رشته ای و فلوک ساز در حالت تعادل مناسب بوده در نتیجه پساب زلال حاصل می گردد که این روند کاهش COD خروجی از راکتور مورد مطالعه در مقایسه با مطالعات مشابه محسنی و همکاران در سال ۱۳۸۰ با میزان COD برابر ۹۰ درصد و مهدی حاج سردار در سال ۱۳۹۰ به میزان ۸۷٫۵ درصد و ژائو و همکارانش در سال ۲۰۱۳ با میزان COD برابر ۹۱٫۲ درصد می باشند. استاندارد محیط زیست ایران میزان COD خروجی از سیستم را جهت مصارف کشاورزی و آبیاری ۲۰۰ میلی گرم درلیتر و جهت تخلیه به آبهای سطحی ۶۰ تعیین کرده که سیستم SBR موجود دارای COD به مراتب پایین تر از این استاندارد می باشد. EPA میزان COD جهت

غلظتی معادل  $10.7 \text{ mg/l}$  داشت در خروجی به  $1.68 \text{ mg/lit}$  رسید که بیانگر حذف  $84/3\%$  درصد می‌باشد. از آن جایی که Ph مناسب بوده و سن لجن نیز مناسب بوده، بالاترین راندمان حذف را داشته است. در این مرحله pH سیستم از ۷ کمتر نشده است در واقع در سیستم‌های بیولوژیکی در pH کمتر از  $5/6$  کارایی حذف فسفر به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. از جمله عوامل که بر کارایی سیستم در حذف فسفر تأثیر گذار است، نسبت BOD به فسفر است. هنگامی که نسبت BOD به فسفر متجاوز از ۱۰ باشد، کارایی حذف فسفر بالا خواهد بود. در بررسی که ترابیان و همکاران در سال ۱۳۸۰ انجام دادند به این نتیجه رسیدند که از یک طرف با افزایش زمان واکنش بی‌هوازی به دلیل غلبه میکروارگانیسم‌های حذف کننده فسفر بر سایر گونه‌ها می‌توان بازدهی حذف فسفر را بالا برد. همچنین جائه و چانگ کیو در سال ۲۰۰۸ به این نتیجه رسیدند که با افزایش SRT (سن لجن) راندمان حذف TP کاهش می‌یابد که با تحقیق مورد نظر تطابق دارد. در مطالعه‌ای دیگر در سال ۲۰۱۰ شوآی یانگ و فنگلین یانگ حذف بیولوژیکی مواد مغذی را در یک راکتور بیولوژیکی غشا دار به جای فرایند لجن فعال بررسی نمود و به این نتیجه رسیدند که حذف فسفر کل دقیقاً وابسته به طول فاز بی‌هوازی و هوازی می‌باشد و زمانی که مدت فاز بی‌هوازی هر دو ۲ ساعت باشد.

۶- روند تغییرات TC در سیستم SBR هفت مرحله‌ای در زمان ماند سلولی ۱۰ روز در سیکل‌های زمانی

طبق نمودار ۶ میزان TC که در ورودی  $10^{12} * 8$  گزارش شده بود در خروجی به میزان  $10^{11} * 1/04$  رسید که بیانگر  $98\%$  حذف در این سیستم را نشان می‌داد. بدلیل کاهش کل کلیفرم ها کلر مورد نیاز جهت کلریناسیون پساب خروجی کاهش می‌یابد. راکتور با اینکه نتوانسته میزان کل کلیفرم را به حد استانداردهای محیط زیست ایران که ۱۰۰۰

مصارف کشاورزی و آبیاری را ۱۲۰ و جهت تخلیه به آبهای سطحی ۳۰ میلی گرم در لیتر تعیین کرده که سیستم موجود از نظر استاندارد EPA جهت مصارف کشاورزی و آبیاری و تخلیه به آبهای سطحی مناسب نمی‌باشد.

۳- روند تغییرات TSS در سیستم SBR هفت مرحله‌ای در زمان ماند سلولی ۱۰ روز در سیکل‌های زمانی

با توجه به نمودار ۳ میانگین ماهیانه غلظت TSS در ورودی  $112 \text{ mg/l}$  بود که در خروجی به میزان  $112,32 \text{ mg/l}$  رسید که نشان از حذف  $89\%$  در این سیستم داشت. میزان TSS خروجی مورد مطالعه در مقایسه با مطالعات دیگران Jyotsnarani در سال ۲۰۱۶ در صد حذف به میزان  $79,4$  و Wisaam.s در سال ۲۰۰۷ با درصد حذف به میزان  $78,4$  بوده است نشان از هوادهی مناسب بر طبق زمان تعیین شده (۲ ساعت) می‌باشد.

۴- روند تغییرات TN در سیستم SBR هفت مرحله‌ای در زمان ماند سلولی ۱۰ روز در سیکل‌های زمانی

میانگین ماهانه غلظت نیتروژن کل بر طبق نمودار ۴ که در ورودی به میزان  $133,2 \text{ mg/l}$  گزارش شده بود در خروجی به مقدار  $13,32 \text{ mg/l}$  رسید که حذف  $90\%$  TN را نشان می‌داد مطابق نمودار نیتروژن کل بالاترین راندمان در حذف نیتروژن را داشت که در مقایسه با مطالعات K. Muda, A. Aris در سال ۲۰۱۰ به میزان  $88,4$  و عثمان و همکاران در سال ۲۰۱۳ برابر ۸۱ درصد می‌باشد. که نشان از مقدار DO مناسب و مقدار دمای مناسب و فرایند نیتروژنیکاسیون و دینیتروژنیکاسیون می‌باشد.

۵- روند تغییرات TP در سیستم SBR هفت مرحله‌ای در زمان ماند سلولی ۱۰ روز در سیکل‌های زمانی

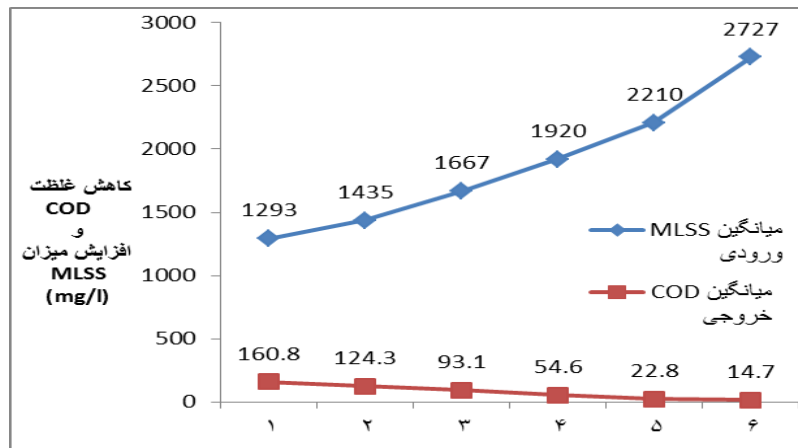
با توجه به نمودار ۵ تغییرات فسفر در شش ماه کاری میزان غلظت فسفر میزان TP که در ورودی



مقادیر MLSS و COD نشان دادن که با افزایش مقادیر MLSS که در منحنی ذیل روندی صعودی آن کاملاً مشهود می باشد، مقدار COD کاهش می یابد. نمودار ۷ نشانگر این تغییرات می باشد.

۱۰۰ ML/MPN برساند ولی با کاهش بیش از ۹۸ درصدی می توان میزان کلر مورد استفاده برای گندزدایی را کاهش دهد.

۷- تغییرات COD خروجی و میزان MLSS طبق نتایج بدست آمده و بررسی هایی که طی ۶ ماه از بهره برداری پایلوت صورت گرفت و مقایسه بین



نمودار ۷- میزان تغییرات MLSS و COD خروجی در سیستم SBR 7 مرحله ای

### پیشنهادات

۱- با توجه به قابل انعطاف بودن سیستم SBR در مقابل شوکهای بار آلی و حذف درصدهای مناسبی از آلودگی های فاضلاب صنعتی و شهری ، بهره برداری ساده و صرفه اقتصادی و همچنین با توجه به نتایج بدست آمده از پایلوت SBR هفت مرحله ای جهت تصفیه فاضلاب شهری تحت مقادیر حذف BOD5 برابر ۹۲ درصد، COD برابر ۹۶/۳ درصد TN برابر ۹۰ درصد TSS برابر ۸۹ درصد TP برابر ۸۴/۳ و TC برابر ۹۸ درصد.

لذا این سیستم بدلیل اضافه کردن دو مرحله بیهوازی و انوکسیک (۷ مرحله) بجای ۵ مرحله متداول در سیستم SBR و همچنین وجود عملیات اختلاط در حالت بی هوازی / انوکسیک و هوازی در حذف مواد آلی و ازت و فسفر راندمان قابل توجهی داشت و بعنوان پیشنهاد می تواند گزینه مناسبی جهت تصفیه فاضلاب در نظر گرفته شود.

### نتیجه گیری نهایی

فرایند SBR یکی از فرایندهای بیولوژیکی هوازی رشد معلق سیستم لجن فعال ناپیوسته می باشد که به منظور تصفیه پیشرفته فاضلاب است که جهت افزایش راندمان حذف مواد آلی (BOD و COD) و ازت و فسفر از فاضلاب استفاده میشود. نتیجه نهایی در این تحقیق نشان داد که راکتور SBR در سن لجن ۱۰ روز با غلظت MLSS 2738mg/l در زمان واکنش ۶ ساعت قادر است BOD و COD را به ترتیب ۹۲٪ و ۹۶/۳٪ حذف کند. از طرفی میزان ازت و فسفر موجود در فاضلاب را نیز در مقایسه با فرایندهای متداول لجن فعال با راندمان بیشتر حذف نماید به طوریکه در این تحقیق شاهد حذف ۸۴/۳٪ فسفر و ۹۰٪ ازت بوده ایم. لذا با افزودن دو فاز اضافی (بیهوازی و انوکسیک) به سیستم این فرایند میتواند کارایی مناسبی در تصفیه فاضلاب شهری و صنعتی و بیمارستانی داشته باشد.

۶- بررسی تاثیر زمان ماندهای هیدرولیکی مختلف جهت حذف بالای ازت و فسفر در مقیاس پایلوت SBR

۷- تحقیقات مشابهی بر روی حذف بالای ازت و فسفر حاصل از تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی انجام شود کارایی روش‌های مورد استفاده یکسان بر حذف بالای ازت و فسفر هر یک از فاضلاب‌ها مشخص گردد و با دیگری مقایسه شود، چرا که ممکن است یک روش خاص برای حذف بالای ازت و فسفر یک نوع فاضلاب خاص بازده بیشتر داشته باشد.

۲- بررسی جداگانه اثرات تغییر پارامترهای گوناگون نظیر PH، دما، اکسیژن محلول بر میزان فعالیت و جمعیت میکروارگانیسم‌ها جهت حذف بسیار بالای ازت و فسفر

۳- بررسی تاثیر زمان‌های ماند سلولی مختلف بر حذف بالای ازت و فسفر و تاثیر انتخاب بهترین زمان ماند سلولی

۴- بررسی تاثیر انواع هوادهی از لحاظ نوع و زمان هوادهی در راکتور ناپیوسته متوالی جهت حذف بالای ازت و فسفر

۵- مطالعات حذف بالای ازت و فسفر، در مقیاس واقعی و استنتاج دوره‌های آماری گوناگون جهت مقایسه با یکدیگر

#### منابع

- 1- Gerardi, MH, 2006, Troubleshooting the Sequencing batch reactor
- 2- Metcalf and Eddy, 2003, Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse. New York: McGrawHill
- 3- Weihua Zhaoa, Yong Zhanga. October 2016, 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, Chemical Engineering Journal
- 4- Qian Chen, Jinren Ni, May 2015. Bioaugmentation treatment of municipal wastewater with heterotrophic-aerobic nitrogen removal bacteria in a pilot-scale SBR, Bioresource Technology
- 5- Jyotsnarani Jena, Ravindra Kumar, Md Saifuddin, Anshuman Dixit, Trupti Dasa, 15 January 2016, Anoxic-aerobic SBR system for nitrate, phosphate and COD removal from high-strength wastewater and diversity study of microbial communities, Biochemical Engineering Journal
- 6- Bassin, J. P., Kleerebezem R, M. Dezotti, and M. C. M. van Loosdrecht, "Simultaneous nitrogen and phosphate removal in aerobic granular sludge reactors operated at different temperatures," Water Research, vol. 46, 2012, pp. 3805-3816
- 7- K. Muda, A. Aris, M. R. Salim, Z. Ibrahim, A. Yahya, M. C. M. van Loosdrecht, A. Ahmad, and M. Z. Nawahwi, "Development of granular sludge for textile wastewater treatment," Water Research, vol. 44, 2010, pp. 4341-4350
- 8- L. Zhu, Y. Yu, X. Dai, X. Xu, and H. Qi, "Optimization of selective sludge discharge mode for enhancing the stability of aerobic granular sludge process," Chemical Engineering Journal, vol. 217, 2013, pp. 442-446
- 9- thman, A. Nr-Anuar, Z. Ujang, N. H. Rsman, H. Harun, and S. Chelliapan, "Livestock wastewater treatment using aerobic granular sludge," Biresource Technlgy, vl. 133, 2013, pp. 630-634
- 10- Arnz P, Arnold E, Wilderer PA. Enhanced biological phosphorus removal in a semi full-scale SBR. Water Sc Technol 2010;43(3):167-174i

- 11-Akin BS, Ugurlu A. The effect of an anoxic zone on biological phosphorus removal by a sequential batch reactor. *Bioresource Technol* 2014;94:1-7
- 12-Dubber D, Gray NF. The effect of anoxia and anaerobia on ciliate community in biological nu-trient removal systems using laboratory-scale se-quencing batch reactors (SBRs). *Water Research*. 2011;45(6):2213-26
- 13-X.Zheng,R.Wu,Y.Chen,Effects of Zn On anoparticles on wastewater biological nitrogen and phosphorus removal,*Environ.Sci.Technol*.45(7)(2011)22
- 14-Mahvi A. Sequencing batch reactor: a promising technology in wastewater treatment. *Iran J Environ Health Sci Eng*. 2008;5(2):79-90
- 15-Song KG, Kang JC, Cho W, Kim SD, Ahn KH,Characteristics of simultaneous nitrogen and phosphorus removal in a pilot-scale sequencing anoxic anaerobic membrane bioreactor at various conditions *Desalination*. 2010;250(2):801- 4/
- 16-Schoumans OF, Chardon WJ, Bechmann ME, Gascuel-Odoux C, Hofman G, Kronvang B, et al. Mitigation options to reduce phosphorus losses from the agricultural sector and improve surface water quality: a review. *Sci Total Environ* 2014; 468-469: 1255-66
- 17-Li Y, Zou J, Zhang L, Sun J. Aerobic granular sludge for simultaneous accumulation of mineral phosphorus and removal of nitrogen via nitrite in wastewater. *Bioresour Technol* 2014; 154: 178-84
- 18-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: 404-12
- 19-Kundu P, Debsarkar A, Mukherjee S. Treatment of slaughter house wastewater in a sequencing batch reactor: Performance evaluation and biodegradation kinetics. *Biomed Res Int* 2013; 2013
- 20-Zeinaddine HR, Ebrahimi A, Alipour V, Rezaei L. Removal of nitrogen and phosphorous from wastewater of seafood market by intermittent cycle extended aeration system (ICEAS). *Journal of Health Sciences and Surveillance System* 2013; 1(2): 89-93
- 21-Guo H, Zhou J, Zhang S, Guo Z. Characteristics of nitrogen and phosphorus removal in a sequencing batch reactor. *J Environ Sci (China)* 2011; 23(Suppl): S110-S113
- 22-Rezaee A, Jorfi S, Cheshmeh Soltani R. Comparison of the efficiency of moving- and fixed-bed bioreactors for treatment of high-strength synthetic wastewater. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly* 2012; 25(4): 455-2 .