



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی

## بررسی تاثیر پودر کربن فعال (PAC) بر کارایی تصفیه شیرابه با راکتور ناپيوسته متوالی هوازی (ASBR)

سید علیرضا موسوی<sup>۱</sup>، ملوک پروانه<sup>۲\*</sup>

۱. دکترای مهندسی محیط زیست، استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران  
۲. (نویسنده مسئول): کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، عضو کمیته پژوهشی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

### اطلاعات مقاله:

### چکیده

زمینه و هدف: روش‌های متداول تصفیه شیرابه به دلیل بار آلودگی بالا و خصوصیات ویژه شیرابه، کارایی مناسبی ندارند. لذا در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های تلفیقی توسعه چشمگیری داشته است. هدف از این تحقیق بررسی تاثیر پودر کربن فعال (PAC) بر کارایی تصفیه شیرابه محل دفع پسماند کرمانشاه در یک راکتور ناپيوسته متوالی هوازی (ASBR) است.

روش بررسی: در این مطالعه از سه راکتور ستونی با حجم کل ۲۰۰۰ mL و حجم مفید ۶۰۰ mL در مقیاس آزمایشگاهی استفاده شد. در راکتورهای شماره ۲ و ۳ که از نظر شرایط محیطی و راهبری با راکتور شماره ۱ که فاقد پودر کربن بود و کاملاً یکسان بودند، به ترتیب مقادیر ۵ و ۱۰ PAC اضافه شد. تاثیر دوزهای مختلف PAC (۱۰، ۵، ۰) و زمان ماند های هیدرولیکی (۱۴۴، ۹۶، ۴۸ HRT) به منظور حذف اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) و نیتروژن آمونیاکی (NH<sub>3</sub>-N) شیرابه خروجی مورد مطالعه قرار گرفت و کارایی حذف با استفاده از آزمون آماری two-way ANOVA نرم افزار SPSS-۱۶ مورد مقایسه قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج حاصل از آزمون آماری نشان داد که بین راندمان حذف COD و NH<sub>3</sub>-N در HRTs و دوزهای مختلف PAC اختلاف معنی دار است (P-value=۰/۰۰۱). بیشترین راندمان حذف در HRT= ۱۴۴ h، برای COD و NH<sub>3</sub>-N در راکتور شماره ۱ به ترتیب ۴۲/۴۲±۵۰/۱۱ درصد و ۴۹/۸۵±۱۹/۸۵ درصد، راکتور شماره ۲، ۶۱/۶۷±۵۵/۶۷ درصد، ۸۹/۷۵±۲۵/۷۵ درصد و راکتور شماره ۳، ۹۹/۲۳±۵۸/۰۲ درصد، ۱۷/۴۸±۲۵/۴۸ درصد حاصل شد.

نتیجه‌گیری: می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که فرایند تلفیقی بیولوژیکی - کربن فعال در مقایسه با فرایند بیولوژیکی مجزا، توانایی افزایش کارایی حذف COD و NH<sub>3</sub>-N فاضلاب‌های قوی همچون شیرابه را دارد. اگرچه دستیابی به استانداردهای تصفیه با این روش نیز امکان‌پذیر نیست.

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۱۷

تاریخ ویرایش: ۹۵/۰۲/۰۸

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۲/۱۳

تاریخ انتشار: ۹۵/۰۶/۲۸

واژگان کلیدی: تصفیه شیرابه، فرایند ترکیبی، نیتروژن آمونیاکی، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، راکتور ناپيوسته متوالی هوازی

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

parvaneh.molok@yahoo.com

Please cite this article as: Mousavi SAR, Parvaneh M. Evaluating the effect of powdered activated carbon (PAC) on the efficiency of leachate treatment by aerobic sequencing batch reactor (ASBR). Iranian Journal of Health and Environment. 2016;9(2):197-210.

## مقدمه

افزایش جمعیت به همراه رشد صنایع و توسعه فناوری در چند دهه اخیر در بسیاری از کشورهای جهان منجر به تولید بی‌رویه پسماند شهری و صنعتی گردیده است (۱). پسماندها به عنوان یکی از عوامل بسیار موثر آلوده‌کننده آب‌های سطحی، زیرزمینی و خاک محسوب می‌گردند (۲).

امروزه با وجود استفاده از سوزاندن و کمپوست کردن به منظور کاهش پسماند، کلیه پسماندها قابلیت سوزاندن یا کمپوست کردن را ندارند، به عنوان مثال در عمل سوزاندن ۲۰-۱۰ درصد خاکستر تولید می‌گردد که نیاز به دفن دارد (۳). گزینه دفن به صورت بهداشتی در مناطقی که با کمبود زمین مواجه نیستند، به صورت مجزا و یا همراه با دیگر روش‌های مدیریت پسماند از جمله سوزاندن و کمپوست کردن به عنوان روشی موثر و ضروری مطرح است، به طوری که بالغ بر ۹۵ درصد پسماند جمع‌آوری شده کشورهای با وسعت کافی زمین، دفن می‌گردند (۴). طبق مطالعات سازمان بهداشت جهانی در بسیاری از کشورها از جمله فرانسه، کانادا، آمریکا، نروژ، انگلستان، اسپانیا و ایتالیا دفن بهداشتی بیشترین کاربرد را دارد (۵). دفن پسماند در کشورهای در حال توسعه نیز به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است، اما به دلیل مدیریت ضعیف، همواره امکان نشست شیرابه که از معضلات این روش است به عنوان یک تهدید برای محیط زیست مطرح بوده است (۶). این روش با وجود مزایای اقتصادی فراوان به دلیل تولید شیرابه از جنبه‌های بهداشتی و زیست محیطی حائز اهمیت است.

شیرابه فاضلابی قوی، بد بو و به رنگ قهوه‌ای مایل به تیره است که از تجزیه بخش آلی پسماندها در اثر فرایندهای فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی در ترکیب با آب باران تولید می‌گردد، خصوصیات آن بسته به حجم و نوع پسماند تولیدی، جمعیت میکروبی، درجه تثبیت، ساختار هیدرولوژیکی مکان دفن، شرایط اقلیمی و بهره‌برداری، سن و مراحل تجزیه متفاوت است (۷، ۸). به دلیل بار آلودگی بالای شیرابه در

صورت عدم جمع‌آوری و تصفیه به روش بهداشتی آلودگی خاک، آب‌های سطحی و زیرزمینی را به دنبال خواهد داشت (۹، ۱۰). محصور کردن و تصفیه شیرابه به عنوان چالشی علمی و فنی مطرح است که تاکنون راه‌حل‌های متداول ارائه شده توان بر طرف نمودن مخاطرات بهداشتی و زیست محیطی آن را نداشته‌اند. جهت جلوگیری از نشست شیرابه و دستیابی به استانداردهای تخلیه به منابع پذیرنده کاربرد روش‌های موثرتر تصفیه ضرورت دارد (۱۱).

در سال‌های اخیر بویژه در مناطق شهری به منظور تصفیه و کاهش بار آلودگی شیرابه ترکیبی از روش‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی به کار گرفته شده است (۱۲-۱۴). فرایندهای تصفیه بیولوژیکی شیرابه هوازی، بی‌هوازی و آنوکسیک بوده که معمولاً به صورت ترکیبی قابل کاربرد است (۷، ۹، ۱۰، ۱۳، ۱۵). اکثر روش‌های تصفیه فاضلاب جهت تصفیه شیرابه قابل کاربرد اند، اما انتخاب مناسب‌ترین روش به دلیل کمیت و کیفیت بسیار متنوع شیرابه نیاز به ارزیابی دقیق اولویت‌ها از جنبه فنی و فرایندی دارد (۱۶). ماهیت آلی اکثر آلاینده‌های موجود در ترکیب شیرابه و بار بالای مواد کربنه منجر به کاربرد فرایندهای زیستی گردیده است (۱۷). تحقیقات حاکی از آن است که فرایندهای بیولوژیکی به دلیل پایین بودن هزینه‌های راه‌اندازی و مقرون به صرفه بودن روشی موثر جهت تصفیه شیرابه تازه با نسبت بالای  $BOD_5/COD$  هستند (۱۸). از این رو لازم است سیستم‌های تصفیه شیرابه‌ای طراحی گردند که کارایی موثرتری در حذف آلاینده‌ها دارند (۱۹). فرایندهای بیولوژیکی هوازی با رشد معلق از قبیل لاگون‌های هوازی، لجن فعال متداول و راکتورهای ناپیوسته متوالی (Sequencing Batch Reactor) SBR به طور گسترده‌ای جهت تصفیه مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (۲۰). از میان این فرایندها SBR به دلیل انعطاف‌پذیری بالا در عملکرد، مقرون به صرفه بودن، راندمان بالا، قابلیت ترکیب با فازهای هوازی و بی‌هوازی، عمل ته نشینی مطلوب، کاهش هزینه سرمایه‌گذاری با حذف واحدهای زلال ساز و دیگر تجهیزات

حذف آلاینده‌های شیرابه، سبب افزایش اکسیژن محلول و کاهش میزان هوای مورد نیاز داخل راکتور می‌گردد (۳۱). Ying و همکاران دریافتند که استفاده از PAC در ترکیب با راکتور SBR به طور قابل توجهی میزان تصفیه پذیری شیرابه را افزایش داد و هزینه‌های تصفیه سیستم ترکیبی در مقایسه با کربن فعال گرانولی (GAC) و یا دیگر روش‌های بیولوژیکی ترکیبی بسیار پایین‌تر بود (۳۲). در مطالعه دیگری که توسط Aziz و همکاران روی تصفیه پذیری شیرابه صورت پذیرفته است، به این نتیجه دست یافتند که سیستم تلفیقی PAC-SBR در مقایسه با سیستم SBR مجزا علاوه بر راندمان بالای حذف آلاینده‌های نیتروژن آمونیاکی (NH<sub>3</sub>-N)، COD، رنگ و TDS شاخص حجمی لجن (SVI) را نیز افزایش داد (۳۳، ۳۴). Wei و همکاران دو سیستم SBR (R<sub>1</sub> و R<sub>2</sub>) را به منظور گرانول‌سازی هوازی میکروبی شیرابه مورد مطالعه قرار دادند. حضور PAC با دوز ۱ g/L در راکتور R<sub>1</sub> سبب افزایش فعالیت گرانول‌ها، بهبود قابلیت ته نشینی، افزایش رشد پروتئین خارج سلولی، افزایش پایداری و مقاومت در برابر بارگذاری آلی بالا گردید، اما در راکتور R<sub>2</sub> که بدون کاربرد PAC بود، گرانول‌ها با وجود سرعت رشد بالا و قطر بزرگتر دارای ساختار سست، کرکی و شکننده‌ای بودند (۳۵).

به دلیل مقدار زیاد COD، نیتروژن و آمونیوم، نسبت بالای BOD<sub>5</sub>/COD و غلظت زیاد یون‌های فلزات سنگین در شیرابه تولیدی محل تلنبار پسماند شهر کرمانشاه که در مطالعه Mousavi و همکاران در سال ۲۰۱۴ به آن اشاره شده است (۳۶) دستیابی به استانداردهای تخلیه و راندمان بالای تصفیه از طریق یک روش امکان‌پذیر نیست (۱۲). با توجه به استفاده موفق از فرایند تلفیقی SBR و PAC در دیگر مطالعات، این پژوهش با هدف بررسی تاثیر پودر کربن فعال بر تصفیه پذیری شیرابه محل تلنبار پسماند شهر کرمانشاه در راکتور ناپیوسته متوالی هوازی (ASBR) در حذف COD و نیتروژن آمونیاکی انجام شد.

و عدم وجود اتصال کوتاه حائز اهمیت است (۲۱). اما این نوع راکتور (SBR) داری محدودیت‌هایی است که لزوم تلفیق آن با دیگر روش‌ها در مطالعات مختلف مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است. فرایند جذب سطحی به عنوان روشی اساسی در تصفیه آب و فاضلاب که توانایی تجمع ترکیبات موجود در محلول بر روی یک سطح را دارد در دهه‌های اخیر مورد توجه ویژه بوده است (۲۲، ۲۳). از میان جاذب‌ها کربن فعال به دلیل نسبت سطح به جرم بسیار بالا، قابل کنترل بودن ساختار منافذ، مقاومت در برابر حرارت، واکنش پذیری پایین با اسید و باز، قابلیت حذف آلاینده‌های آلی و معدنی توسعه چشمگیری داشته است (۲۳). این جاذب به دلیل دارا بودن خواص سطحی و بافتی، خاصیت آگریزی و غیر قطبی به عنوان بستری مناسب جهت اتصال میکروارگانیسم‌ها و حفاظت در برابر شوک‌های ناشی از مواد سمی و بازدارنده و حذف ترکیبات آلی قابل تجزیه محسوب می‌گردد (۲۴)، که در مطالعات مختلف به شکل گرانول و یا پودر مورد استفاده قرار گرفته است. کربن فعال به شکل پودری (Powdered Activated Carbon) PAC به دلیل افزایش راندمان فرایندهای بیولوژیکی در حذف ترکیبات آلی مقاوم و ترکیبات معدنی از قبیل نیتروژن، سولفید، فلزات سنگین و تسهیل نیتریفیکاسیون (۲۲)، جلوگیری از اثرات منفی ناشی از ترکیبات بازدارنده بر فعالیت میکروارگانیسم‌های اتوتروفیک و هتروتروفیک، احیای مجدد، تجزیه پذیری ترکیبات آلی مقاوم، افزایش قابلیت جذب به عنوان بیوفیلم، افزایش قابلیت ته نشینی و آگیری لجن (۲۵)، افزایش مساحت سطح جهت اتصال باکتری‌های با رشد چسبیده (۲۶)، قابلیت جذب مواد آلی با وزن مولکولی پایین (۲۷، ۲۸)، کاهش تولید لجن و افزایش مقاومت در برابر مواد سمی حائز اهمیت است (۲۹، ۳۰). Aziz و همکاران PAC را در راکتور SBR به منظور تصفیه شیرابه مکان دفن مورد بررسی قرار دادند، بررسی‌ها نشان داد که PAC به عنوان جاذب علاوه بر افزایش راندمان

## مواد و روش‌ها

### مشخصات شیرابه

در این تحقیق به منظور تامین شیرابه برای تغذیه راکتورها، محل تلنبار پسماند کرمانشاه واقع در جاده سرفیروز آباد (سراب قنبر) انتخاب و از پایین دست محل، نمونه شیرابه برداشت گردید، برداشت نمونه از شیرابه محل تلنبار در فصل بهار انجام شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده در ظروف ۱۰ لیتری به آزمایشگاه منتقل و به منظور جلوگیری از فعالیت باکتری‌ها در دمای کمتر از  $4^{\circ}\text{C}$  نگهداری گردیدند (۳۷).

### آماده سازی کربن فعال پودری (PAC)

کربن فعال پودری با استفاده از روش حرارتی - شیمیایی مطابق با روش به کار گرفته شده توسط Mahvi و همکاران در سال ۲۰۱۰ از ضایعات برگ درخت انگور شهر کرمانشاه تهیه گردید. ابتدا برگ‌های پودر شده در دمای  $600^{\circ}\text{C}$  کوره الکتریکی تبدیل به زغال گردیدند، به منظور فعال‌سازی شیمیایی، زغال بدست آمده توسط اسید فسفریک ۰/۱ درصد شستشو گردید، سپس چندین بار با آب مقطر آبکشی و در دمای  $103^{\circ}\text{C}$  فور به مدت ۱ h خشک گردید (۳۸).

جهت بررسی کارایی کربن فعال به راکتورهای شماره ۲ و ۳ که از نظر شرایط محیطی و راهبری با راکتور شماره ۱ که فاقد پودر کربن بود و کاملاً یکسان بودند، به ترتیب مقادیر  $5\text{ g/L}$  و  $10\text{ g/L}$  PAC اضافه شد. بعد از هر سیکل (۷۲ h، ۴۸، ۲۴) نمونه‌برداری انجام و براساس اهداف پیش‌بینی شده تاثیر متغیرهای مورد مطالعه شامل میزان PAC و HRT مورد بررسی قرار گرفت.

### مراحل راه‌اندازی و بهره‌برداری راکتور

در مطالعه حاضر سه راکتور به حجم کل  $2000\text{ mL}$  و حجم مفید  $600\text{ mL}$  در مقیاس آزمایشگاهی (Bench Scale) بکار گرفته شد. اکسیژن محلول (DO) درون راکتورها توسط یک پمپ هوا (مدل AC9904) متصل به سه عدد سنگ

آکواریموم که در کف راکتورها قرار گرفته بود، تامین گردید، به طوری که غلظت اکسیژن محلول همواره بیش از  $2/5\text{ mg/L}$  حفظ گردید. راکتورها در شرایط کار اصلی با سه سیکل مختلف کاری (۲۴، ۴۸ و ۷۲) مورد استفاده قرار گرفتند، هر سیکل شامل مدت زمان فاز تغذیه  $1\text{ min}$ ، واکنش یا هوادهی (۲۳ h، ۴۷ و ۷۱)، ته نشینی (۵۵ min)، تخلیه (۱ min) و  $3\text{ min}$  زمان فاز تاخیری بود. در انتهای مرحله ته نشینی  $50\%$  درصد از محتوای هر راکتور تخلیه و سپس راکتورها با شیرابه جدید تغذیه گردیدند. راکتورها فاقد همزن بودند و عملیات اختلاط از طریق هوادهی از کف انجام گرفت.

در ابتدا به منظور عیب‌یابی و تثبیت شرایط هیدرولیکی راکتورها به مدت ۳ روز با آب مقطر راه‌اندازی گردیدند در مرحله بعدی انجام عملیات سازگاری لجن فعال تهیه شده از خط لجن فعال برگشتی تصفیه خانه فاضلاب شهرک صنعتی فرامان کرمانشاه مدنظر قرار گرفت در این مرحله لجن تهیه شده پس از چندین بار شستشو با آب مقطر از نظر تعیین غلظت اولیه جامدات معلق مایع مخلوط (MLSS) و جامدات معلق فرار مایع مخلوط (MLVSS) مورد بررسی قرار گرفت، سپس در هر سه راکتور مقدار  $4\text{ g/L}$  لجن اضافه گردید، به منظور سازگاری میکروارگانیسم‌ها از یک تصفیه‌خانه با بار آلی پایین بر طبق روش علمی و مطابق با مطالعات گذشته اقدام به انجام عملیات خوگیری گردید، به طوری که در ابتدا فاضلاب ورودی به راکتورها بین  $50\%$  تا  $100\%$  برابر رقیق شد که حاوی غلظت پایینی از COD در محدوده فاضلاب تصفیه خانه شهرک صنعتی فرامان بود، سپس به صورت تدریجی درصد شیرابه افزوده تا به  $100\%$  درصد رسید. در این مرحله راکتورها بر روی سیکل  $24\text{ h}$  تنظیم و بعد از اتمام هر سیکل از پساب خروجی به منظور بررسی درصد حذف COD نمونه‌برداری صورت گرفت. با افزایش غلظت MLSS و همچنین به تثبیت رسیدن کاهش COD در دوره سازگاری که  $40\%$  روز ادامه یافت، مرحله اصلی مطالعه که شامل بررسی اثر دو متغیر اصلی (HRT و PAC) بود، به روش بررسی تک متغیره

شدند. به منظور کنترل بار جامدات، MLSS، MLVSS و به منظور کنترل فرایند pH و دما (T) در طی هر سیکل مورد سنجش قرار گرفت. در جدول ۱ مشخصات فنی و بهره‌برداری راکتورها ارائه شده است.

در ۹ تیمار صورت گرفت. در ابتدا راکتورها تخلیه و مجدداً MLSS در محدوده ۴۰۰۰ mg/L برای هر سه راکتور تنظیم گردید. سپس با ثابت نگه داشتن سیکل راکتور در ۴۸، ۲۴ h و ۷۲ تأثیر مقادیر مختلف PAC مورد بررسی قرار گرفت، در تمامی مراحل راکتورها با SRT تقریباً ۳۰ روز راهبری

جدول ۱- شرایط فنی و بهره‌برداری راکتورهای (۱، ۲، ۳) (R)

پارامتر	مقدار
جنس راکتور	شیشه‌ای
قطر (cm)	۹/۵
ارتفاع (cm)	۳۷/۵
حجم کل (mL)	۲۰۰۰
زمان ماند لجن (SRT) (day)	۳۰
زمان ماند هیدرولیکی (HRT) (h)	۴۸، ۹۶، ۱۴۴
شاخص حجمی لجن (SVI) (mL/g)	۷۰
pH	۶/۵-۷/۵±۰/۳
جامدات معلق مایع مخلوط (MLSS) (mg/L)	۴۰۰۰
جامدات معلق فرار مایع مخلوط (MLVSS) (mg/L)	۳۰۰۰
اکسیژن محلول (DO) (mg/L)	>۲/۵

حاصل از کارایی حذف COD و  $\text{NH}_3\text{-N}$  پس‌اب خروجی با استفاده از آزمون آماری two-way ANOVA نرم افزار آماری SPSS-۱۶ مورد مقایسه قرار گرفت و از نرم افزار Exce-۲۰۰۷ به منظور ترسیم نمودارها استفاده گردید.

جهت تعیین غلظت نیترژن آمونیاکی ( $\text{NH}_3\text{-N}$ )، فسفر کل (TP) و فسفات محلول بر حسب فسفر ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) از روش‌های مبتنی بر دستگاه اسپکتروفتومتری مدل DR5000 محصول شرکت (Hach, Jenway) استفاده شد. پارامترهای اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) به روش تیترومتری هضم برگشتی بسته با شماره (۴۵۲۲۰)،  $\text{NH}_3\text{-N}$ ، به روش نسلیزاسیون ( $\text{NH}_3\text{-N}$ )،  $\text{PO}_4\text{-P}$ ، TP، DO،  $\text{BOD}_5$ ،  $(\text{NH}_3\text{-N})_{4500}$ ، قلیائیت

### نمونه‌برداری و روش‌های آنالیز

به منظور بررسی کارایی راکتور در تصفیه شیرابه و مطالعه تأثیر متغیرهای اصلی (HRT و PAC) بر کارایی سیستم در انتهای هر سیکل در مرحله تخلیه پس‌اب برای انجام آزمایشات مورد نظر نمونه برداشت گردید و به منظور کاهش خطای انسانی و سیستمی هر نمونه برای پارامتر مورد نظر ۳ بار مورد آزمایش و سنجش قرار گرفت. نتایج با اختلاف کمتر از ۵ درصد جهت آنالیز آماری انتخاب شدند. با توجه به تعداد متغیرها تعداد ۹ مرحله در این مطالعه اجرا گردید که از شروع هر مرحله تا رسیدن به شرایط پایدار و ۵ تکرار برای شرایط پایدار از پس‌اب نمونه برداشت گردید. بعد از ثبت داده‌ها، نتایج

بررسی تاثیر پودر کربن فعال بر عملکرد راکتور ۱ (بدون پودر کربن فعال) NPAC و راکتورهای ۲ و ۳ به ترتیب با مقادیر  $PAC = 5, 10 \text{ g/L}$  در  $HRT = 48, 96, 144 \text{ h}$  در حذف COD مطابق با نمودار ۲ انجام گرفت. نمودار ۳ اثر زمان ماندهای هیدرولیکی و غلظت‌های پودر کربن فعال یاد شده بر کارایی راکتورها در حذف  $NH_3-N$  را نشان می‌دهد. تجزیه و تحلیل نتایج آزمایش‌ها توسط آزمون آماری two-way ANOVA نشان داد که بین راندمان حذف COD و  $NH_3-N$  در HRTs و دوزهای مختلف پودر کربن فعال اختلاف معنی‌دار بود ( $P\text{-value} = 0/001$ ). یعنی تغییرات HRT و PAC باعث تغییر کارایی حذف COD و  $NH_3-N$  گردید، به طوری که متغیر HRT ( $P\text{-value} = 0/009$ ) در مقایسه با متغیر PAC ( $P\text{-value} = 0/187$ ) تاثیر چشمگیرتری بر راندمان حذف COD داشت. براساس نتایج حاصله بین راندمان حذف  $NH_3-N$  و متغیر HRT با ( $P\text{-value} = 0/003$ ) و دوزاژ PAC ( $P\text{-value} = 0/001$ )، تفاوت معنی‌داری وجود داشت. به عبارت دیگر با افزایش زمان ماند و دوز پودر کربن کارایی راکتورها افزایش داشته است، هرچند این روند افزایشی بیشتر تحت تاثیر HRT بوده است.

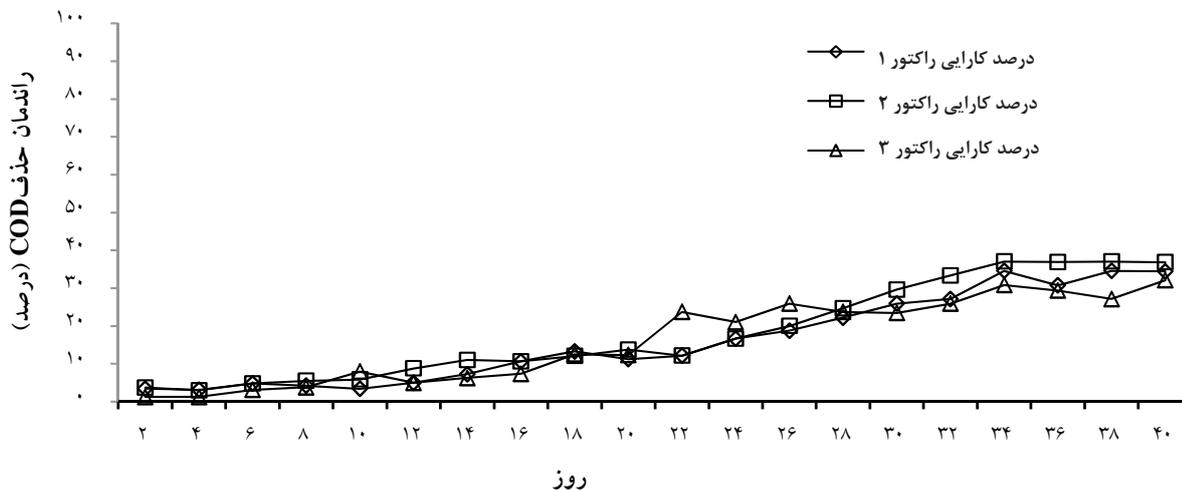
(Alkalinity)، MLVSS، MLSS، pH و درجه حرارت (T) به ترتیب توسط BOD متر ( $B5210$ )، یدومتری (OB-) ( $4500$ )، روش پر سولفات ( $p-4500$ )، کلرید استانو ( $p-4500$ )، تیتراسیون ( $B2320$ )، صاف سازی نمونه از طریق کاغذ صافی  $0/45 \mu\text{m}$  و خشک سازی به مدت ۱ h در دمای  $103^\circ\text{C}$  فور الکتریکی ( $D2540$ )، کوره‌گذاری در دمای  $550^\circ\text{C}$  به مدت ۱ h ( $E2540$ )، روش الکترومتریکی (pH متر) ( $HB4500$ ) و ترمومتر ( $B2550$ ) اندازه‌گیری شدند. انجام آزمایشات براساس دستورالعمل کتاب روش‌های استاندارد آب و فاضلاب (Standard methods) صورت گرفت (۳۷).

### یافته‌ها

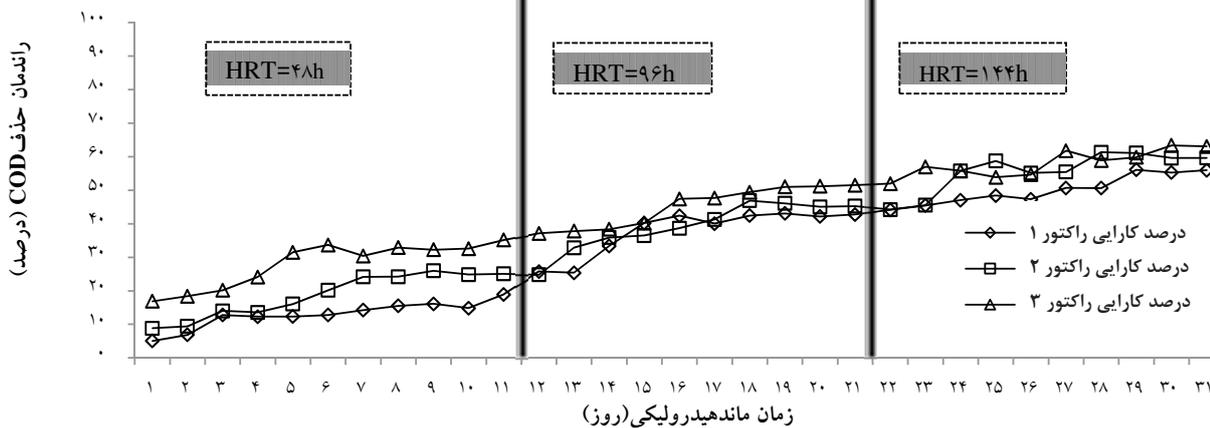
جهت انجام تحقیق ابتدا طی یک بررسی مقدماتی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شیرابه خام از طریق بررسی پارامترهای دما، pH،  $BOD_5$ ، COD،  $NH_3-N$ ، TP،  $PO_4-P$  و قلیائیت تعیین گردید که نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است. درصد کارایی راکتورها طی دوره ۴۰ روز سازگاری باکتری‌ها با زمان ماند هیدرولیکی ۴۸ h در حذف COD در نمودار ۱ نشان داده شده است.

جدول ۲- خصوصیات فیزیکوشیمیایی شیرابه خام

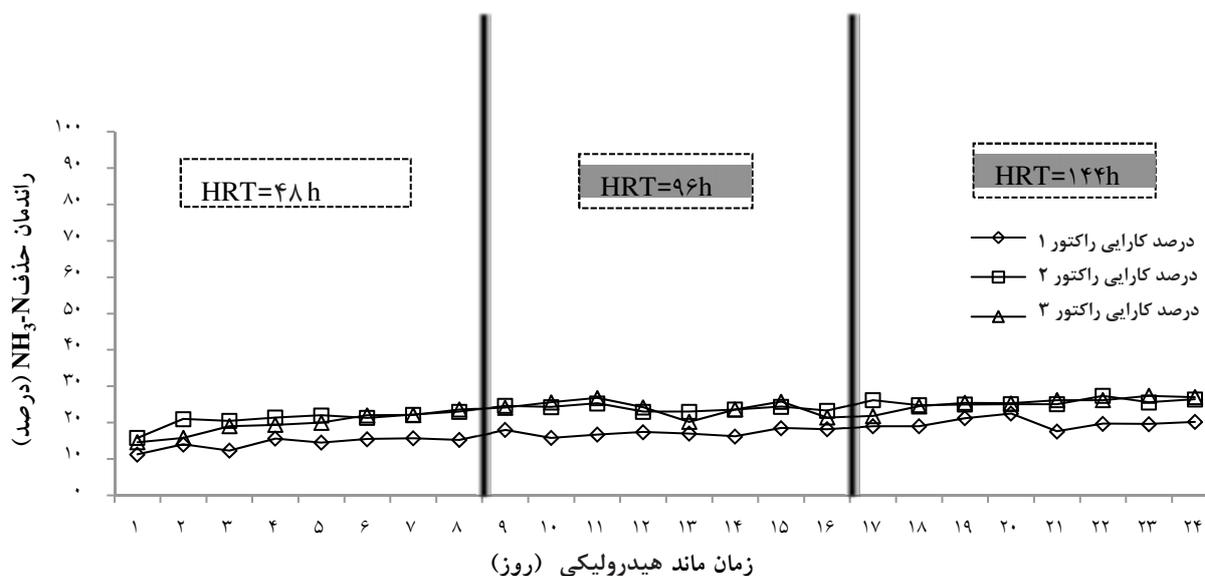
پارامتر	مقدار
دما ( $^\circ\text{C}$ )	۱۵/۳-۲۷
pH	۶/۵-۷/۵ $\pm 0/3$
COD (mg/L)	۶۵۶۰۰ $\pm 16800$
$BOD_5$ (mg/L)	۳۸۰۰۰
$NH_3-N$ (mg/L)	۸۷۲
$PO_4-P$ (mg/L)	۱۲۳/۵
PT (mg/L)	۱۲۵/۸
قلیائیت (بر حسب $\text{mg/L CaCO}_3$ )	۲۹۰۰



نمودار ۱- کارایی راکتورهای SBR در حذف COD طی مرحله سازگاری باکتری‌ها



نمودار ۲- تاثیر زمان ماندهای هیدرولیکی و غلظت‌های مختلف پودر کربن فعال در حذف COD



نمودار ۳- تاثیر زمان ماندهای هیدرولیکی و غلظت‌های مختلف پودر کربن فعال در حذف نیتروژن آمونیاکی

## بحث

در شیرابه محل تلنبار شهر کرمانشاه به علت ترکیب مواد مصرفی پسماند که اکثر آن مواد غذایی، میوه و سبزیجات است، درصد قابل توجهی از ترکیبات آلی را ترکیبات قابل تجزیه بیولوژیکی تشکیل می‌دهد، به طوری که نسبت  $BOD_5/COD$  بیش از ۰/۵ بود که نشان‌دهنده قابلیت تجزیه پذیری بالای شیرابه است. مطابق نتایج ذکر شده در جدول ۲؛ غلظت COD و  $NH_3-N$  شیرابه مورد مطالعه بسیار بالا بود، لذا تخلیه آن بدون تصفیه به محیط می‌تواند معضلات بهداشتی و زیست محیطی را رقم زند. مقایسه نتایج حاصل از خصوصیات شیرابه خام در مطالعه حاضر با دیگر مطالعات (۳۹،۳۶) این نکته را تایید می‌نماید که شیرابه محل تلنبار کرمانشاه دارای غلظت بسیار بالایی از بار آلی است.

در مرحله سازگار نمودن لجن فعال با شیرابه که در یک دوره ۴۰ روز انجام گرفت، شیرابه رقیق شده در سیکل ۲۴ h مورد استفاده قرار گرفت. این دوره که به صورت پلکانی و با افزایش

تدریجی شیرابه تا رسیدن به ۱۰۰ درصد شیرابه خام انجام گرفت، نشان داد که SBR به تنهایی توانایی تصفیه مناسب و کامل شیرابه را ندارد. در پایان دوره زمانی که کارایی راکتورها به صورت تقریباً ثابت رسیده بود. درصد حذف COD مطابق نمودار ۱ برای هر سه راکتور به ترتیب برابر  $16/18 \pm 11/5$ ،  $18/17 \pm 12/6$  و  $16/21 \pm 11/02$  درصد گزارش گردید. لذا مطالعه با هدف بررسی کارایی راکتورها در حضور کربن فعال وارد مرحله اصلی گردید.

بررسی کارایی راکتورها در حضور و عدم حضور کربن در HRTs مختلف مطابق با نمودار ۲ نشان داد که متغیر HRT بر راندمان حذف COD فرایند موثر است، به طوری که راکتور شماره ۲ با مقدار  $5 \text{ g/L}$  پودر کربن در HRTs متفاوت  $48 \text{ h}$ ،  $96$  و  $144$  به ترتیب  $38/04 \pm 7/97$ ،  $18/13 \pm 6/57$  و  $55/67 \pm 6/1$  درصد کاهش در COD ورودی را نشان داد. با افزایش دوز کربن در راکتور شماره ۳ به میزان  $3 \text{ g/L}$  در  $10$  HRTs یاد شده راندمان حذف COD به ترتیب

در نهایت غلظت COD خروجی به  $34900 \text{ mg/L}$  کاهش یافت که کاهش در میزان راندمان حذف راکتور یاد شده در مقایسه با راکتورهای شماره ۲ و ۳ بیانگر تاثیر PAC بر کارایی حذف است. Spagni و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهشی تصفیه پذیری شیرابه مکان دفن قدیمی را با استفاده از SBR مورد بررسی قرار دادند، به دلیل قابلیت تجزیه پذیری پایین شیرابه راندمان حذف COD در محدوده ۴۰-۳۰ درصد بود (۲۱). نتایج مطالعه Tsilogeorgis و همکاران (۲۰۰۸) بر روی تصفیه شیرابه قدیمی با استفاده از راکتور ناپیوسته متوالی غشایی (MSBR) نشان داد که راندمان حذف COD در محدوده ۴۰ تا ۶۰ درصد بود (۴۴). Kargi و همکار (۲۰۰۳) سیستم بیولوژیکی هوازی با تغذیه ناپیوسته را به منظور شیرابه پیش تصفیه شده به کار بردند و به این نتیجه رسیدند که بعد از گذشت  $30 \text{ h}$  با غلظت COD ورودی  $7000 \text{ mg/L}$  و میزان جریان  $0.21 \text{ L/h}$  راندمان حذف COD به ۷۶ درصد رسید (۴۵).

بررسی کارایی راکتورها در حذف نیتروژن آمونیاکی نشان داد این پارامتر نیز تحت تاثیر هر دو متغیر (HRT و دوز کربن) است. نتایج مطابق با نمودار ۳ نشان می دهد که در راکتور شماره ۱ با  $144 \text{ h}$ ،  $48.96$ ،  $HRT=48.96$  به ترتیب  $14/26 \pm 1/6$ ،  $17/2 \pm 0/9$  و  $19/85 \pm 1/49$  درصد کاهش در نیتروژن آمونیاکی رخ داده است. اما افزودن کربن به راکتور ۲ و ۳ با شرایط مشابه راهبری راکتور ۱ نشان داد که کارایی حذف نیتروژن آمونیاکی افزایش چشمگیری نداشت. به طوری که بازده حذف راکتور شماره ۲ به  $20/9 \pm 2/2$ ،  $23/9 \pm 0/83$  و  $25/7 \pm 0/89$  درصد و در راکتور شماره ۳ بازده حذف به ترتیب  $19/5 \pm 3/1$ ،  $23/9 \pm 2/2$  و  $25/48 \pm 1/7$  درصد بود، در مجموع با افزایش HRT و در حضور PAC راندمان حذف سیر صعودی داشته است. اما این افزایش تاثیر قابل ملاحظه ای بر کارایی حذف نیتروژن آمونیاکی در مقایسه با حالت بدون پودر کربن نداشته است که دلیل کاهش را می توان غلظت بسیار بالای بار آلی شیرابه دانست. Kargi و همکار (۲۰۰۳) در بررسی اثر افزایش پودر

روندی صعودی نشان داد و نتایج مورد تایید دیگر محققین نیز است؛ نتایج مطالعه Aziz و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که فرایند تلفیقی PAC-SBR در مقایسه با NPAC-SBR (بدون کاربرد پودر کربن فعال) تاثیر قابل ملاحظه ای در حذف آلاینده ها دارد، به طوری که در شرایط بهینه سرعت هوادهی  $1 \text{ L/min}$  و زمان تماس  $5/5 \text{ h}$  و مقدار  $PAC=10 \text{ g/L}$  راندمان حذف COD (غلظت COD اولیه  $1655 \text{ mg/L}$ )  $64/1$  درصد بدست آمد (۴۰). در حالی که در مطالعه حاضر با مقدار مشابه PAC و غلظت اولیه بسیار بالای COD نسبت به پژوهش یاد شده راندمان حذف COD راکتور شماره ۳ به  $61/99$  درصد رسید. Jorfi و همکاران (۲۰۰۹) تصفیه پذیری شیرابه را توسط راکتور تغذیه ناپیوسته در حضور PAC برابر با  $2 \text{ g/L}$  بررسی کردند، نتایج نشان داد که در هنگام کاربرد PAC، غلظت COD از مقدار اولیه  $169 \text{ mg/L}$  به  $3900 \text{ mg/L}$  و در هنگام عدم کاربرد PAC، غلظت به  $622 \text{ mg/L}$  کاهش یافت (۴۱). Bin و همکاران (۲۰۰۵) تاثیر دو متغیر PAC و زمان ماند لجن بر تصفیه پذیری شیرابه با استفاده از سیستم ترکیبی PAC-SBR را مورد بررسی قرار دادند و راندمان حذف COD،  $BOD_5$  و  $NH_3-N$  به ترتیب  $88/4$ ،  $93/4$  و  $76/9$  درصد بدست آمد (۴۲). Yan-ping و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی تصفیه پذیری شیرابه با استفاده از ترکیب راکتور SBR و PAC به راندمان حذف COD  $81/6$  درصد دست یافتند (۴۳). در مجموع مقایسه راندمان حذف راکتور شماره ۲ و ۳ نشان داد که به دنبال افزایش دوز PAC تفاوت قابل ملاحظه ای در راندمان حذف COD مشاهده نشد. بنابراین بالا بودن میزان COD شیرابه ورودی از عوامل محدود کننده فعالیت میکروارگانیسم ها و در نتیجه کارایی سیستم بیولوژیکی است.

در راکتور شماره ۱ که فاقد پودر کربن فعال بود در زمان ماندهای هیدرولیکی فوق الذکر بازده حذف COD به ترتیب  $12/29 \pm 3/62$ ،  $36/07 \pm 8/76$  و  $50/11 \pm 4/42$  درصد بود و

پودر کربن در حذف متغیرهای وابسته (COD و نیتروژن آمونیاکی) بیشتر از راکتور SBR بود و روند افزایشی بیشتر تحت تاثیر زمان ماند هیدرولیکی بوده است به طوری که زمان ماند هیدرولیکی ۱۴۴ h و میزان پودر کربن فعال ۱۰ g/L به عنوان موثرترین مقدار از این متغیرها در عملکرد راکتور زیستی شناخته شدند.

### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از طرح تحقیقاتی با "عنوان بررسی تاثیر پودر کربن فعال بر کارایی تصفیه شیرابه مکان دفن پسماند شهر کرمانشاه در راکتور ناپیوسته متوالی ستونی هوازی" مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی کرمانشاه در سال ۱۳۹۳ با کد ۹۳۳۴۹ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی کرمانشاه اجرا شده است. نویسندگان این مقاله بر خود لازم می دانند که از مسئول محترم آزمایشگاه‌های تحقیقاتی پیشرفته و کارکنان محترم آزمایشگاه شیمی به دلیل همکاری‌های لازم در انجام این پژوهش سپاسگزاری نمایند.

### منابع

- 1- Lin SH, Chang CC. Treatment of landfill leachate by combined electro-Fenton oxidation and sequencing batch reactor method. *Water Research*. 2000;34(17):4243-49.
- 2- Xu ZY, Zeng GM, Yang ZH, Xiao Y, Cao M, Sun HS, et al. Biological treatment of landfill leachate with the integration of partial nitrification, anaerobic ammonium oxidation and heterotrophic denitrification. *Bioresource Technology*. 2010;101(1):79-86.
- 3- Li Hs, Zhou SQ, Sun YB, Feng P. Advanced treatment of landfill leachate by a new combination process in a full-scale plant. *Journal of Hazardous Materials*. 2009;172(1):408-15.
- 4- Guo JS, Abbas AA, Chen YP, Liu ZP, Fang F, Chen P, et al. Treatment of landfill leachate using a combined stripping, Fenton, SBR, and coagulation process.

کربن فعال بر تصفیه شیرابه پیش تصفیه شده در یک راکتور با تغذیه ناپیوسته در حضور ۲ g/L پودر کربن فعال به راندمان حذف  $\text{NH}_4\text{-N}$  برابر با ۲۶ درصد دست یافتند (۴۶) که راندمان حذف مطالعه یاد شده کمتر از حداکثر راندمان بدست آمده در پژوهش حاضر با غلظت بالای نیتروژن آمونیاکی و بدون عمل پیش تصفیه بوده است. Uygun و همکار (۲۰۰۴) حذف بیولوژیکی نوترینت از شیرابه پیش تصفیه شده در یک راکتور SBR را تحت شرایط بی‌هوازی/آنوکسیک/هوازی با غلظت  $\text{PAC}=1 \text{ g/L}$  و زمان سیکل ۲۱ h بررسی نمودند و به راندمان حذف  $\text{NH}_4\text{-N}$ ، ۴۴ درصد دست یافتند (۴۷).

### نتیجه گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که فرایند تلفیقی بیولوژیکی - کربن فعال در مقایسه با فرایند بیولوژیکی مجزا که در مطالعات گذشته و مطالعه حاضر به کار گرفته شده است، توانایی کاهش آلاینده‌های شیرابه را دارد، هرچند به دلیل عدم حذف موثر مواد آلی دستیابی به استانداردهای تصفیه با این روش نیز امکان‌پذیر نیست. بررسی تاثیر متغیرها نشان داد که کارایی راکتور PAC-SBR با افزایش زمان ماند و میزان

*Journal of Hazardous Materials*. 2010;178(1):699-705.

- 5- Renou S, Givaudan JG, Poulain S, Dirassouyan F, Moulin P. Landfill leachate treatment: review and opportunity. *Journal of Hazardous Materials*. 2008;150(3):468-93.
- 6- Mangimbulude JC, van Breukelen BM, Krave AS, van Straalen NM, Roling WFM. Seasonal dynamics in leachate hydrochemistry and natural attenuation in surface run-off water from a tropical landfill. *Waste Management*. 2009;29(2):829-38.
- 7- Yang Z, Zhou S. The biological treatment of landfill leachate using a simultaneous aerobic and anaerobic (SAA) bio-reactor system. *Chemosphere*. 2008;72(11):1751-56.

- 8- Lina W, Chengyao P, Zhang S, Yongzhen P. Nitrogen removal via nitrite from municipal landfill leachate. *Journal of Environmental Sciences*. 2009;21(11):1480-85.
- 9- Pivato A, Gaspari L. Acute toxicity test of leachates from traditional and sustainable landfills using luminescent bacteria. *Waste Management*. 2006;26(10):1148-55.
- 10- Kulikowska D, Klimiuk E, Drzewicki A. BOD5 and COD removal and sludge production in SBR working with or without anoxic phase. *Bioresource Technology*. 2007;98(7):1426-32.
- 11- Frascari D, Bronzini F, Giordano G, Tedioli G, Nocentini M. Long-term characterization, lagoon treatment and migration potential of landfill leachate: a case study in an active Italian landfill. *Chemosphere*. 2004;54(3):335-43.
- 12- Park S, Choi KS, Joe KS, Kim WH, Kim HS. Variations of landfill leachate's properties in conjunction with the treatment process. *Environmental Technology*. 2001;22(6):639-45.
- 13- Rodrigues FSF, Bila DM, Campos JC, Sant'Anna Jr GL. Sequential treatment of an old- landfill leachate. *International Journal of Environment and Waste Management*. 2009;4(3):445-56.
- 14- Lema JM, Mendez R, Blazquez R. Characteristics of landfill leachates and alternatives for their treatment: a review. *Water, Air, and Soil Pollution*. 1988;40(3-4):223-50.
- 15- Im Jh, Woo Hj, Choi Mw, Han Kb, Kim Cw. Simultaneous organic and nitrogen removal from municipal landfill leachate using an anaerobic-aerobic system. *Water Research*. 2001;35(10):2403-10.
- 16- Qasim SR, Chiang W. *Sanitary Landfill Leachate: Generation, Control and Treatment*. USA: CRC Press; 1994.
- 17- Kurniawan TA, Chan GYS, Lo WH, Babel S. Physico-chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals. *Chemical Engineering Journal*. 2006;118(1):83-98.
- 18- Calli B, Mertoglu B, Inanc, B. Landfill leachate management in Istanbul: applications and alternatives. *Chemosphere*. 2005;59(6):819-29.
- 19- Hasar H, Unsal SA, Ipek U, Karatas S, Cinar O, Yaman C, et al. Stripping/flocculation/membrane bioreactor/reverse osmosis treatment of municipal landfill leachate. *Journal of Hazardous Materials*. 2009;171(1):309-17.
- 20- Gawande NA, Reinhart DR, Yeh GT. Modeling microbiological and chemical processes in municipal solid waste bioreactor, part I: Development of a three-phase numerical model BIOKEMOD-3P. *Waste Management*. 2010;30(2):202-10.
- 21- Spagni A, Marsili-Libelli S, Lavagnolo MC. Optimisation of sanitary landfill leachate treatment in a sequencing batch reactor. *Water Science and Technology*. 2008; 58(2): 337-43.
- 22- Kang SJ, Englert CJ, Astfalk TJ, Young MA. Treatment of leachate from a hazardous waste landfill. of 44th Industrial Waste Conference Proceedings; 1990; Indiana. Michigan: Lewis Publishers; 1990.
- 23- Tchobanoglous G, Burton FL, Stensel HD. *Wastewater Engineering: Collection and Pumping of Wastewater*. 4th ed. New York: McGraw-Hill; 2003.
- 24- Satyawali Y, Balakrishnan M. Wastewater treatment in molasses-based alcohol distilleries for COD and color removal: a review. *Journal of Environmental Management*. 2008;86(3):481-97.
- 25- Munz G, Gori R, Mori G, Lubello C. Powdered activated carbon and membrane bioreactors (MBRPAC) for tannery wastewater treatment: long term effect on biological and filtration process performances. *Desalination*. 2007;207(1):349-60.
- 26- Sublette KL, Snider EH, Sylvester ND. A review of the mechanism of powdered activated carbon enhancement of activated sludge treatment. *Water Research*. 1982;16(7):1075-82.
- 27- Kim JS, Lee CH, Chun HD. Comparison of ultrafiltration characteristics between activated sludge and BAC sludge. *Water Research*. 1998;32(11):3443-51.
- 28- Thuy QTT, Visvanathan C. Removal of inhibitory phenolic compounds by biological activated carbon coupled membrane bioreactor. *Water and Wastewater Management for Sustainable Development of*

- Chemical Industries. 2006;53(11):89-97.
- 29- Lesage N, Sperandio M, Cabassud C. Study of a hybrid process: Adsorption on activated carbon/membrane bioreactor for the treatment of an industrial wastewater. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. 2008;47(3):303-307.
- 30- Mohan SV, Rao NC, Prasad KK, Madhavi BT, Sharma PN. Treatment of complex chemical wastewater in a sequencing batch reactor (SBR) with an aerobic suspended growth configuration Process. *Process Biochemistry*. 2005;40(5):1501-508.
- 31- Aziz SQ, Aziz HA, Yusoff MS. Landfill leachate treatment using pac supplemented SBR technique-influence of input air. 2nd International Conference on Environmental and Agriculture Engineering. 2012;37:9-14.
- 32- Ying Wc, Bonk RR, Sojka SA. Treatment of a landfill leachate in powdered activated carbon enhanced sequencing batch bioreactors. *Environmental Progress and Sustainable Energy*. 1987;6(1):1-8.
- 33- Aziz SQ, Aziz HA, Yusoff MS, Bashir MJK. Landfill leachate treatment using powdered activated carbon augmented sequencing batch reactor (SBR) process: Optimization by response surface methodology. *Journal of Hazardous Materials*. 2011;189:404-13.
- 34- Aziz SQ, Aziz HA, Mojiri A, Bashir MJK, Abu Amr S. Landfill Leachate Treatment Using Sequencing Batch Reactor (SBR) Process: Limitation of Operational Parameters and Performance. *International Journal of Scientific Research in Knowledge*. 2013;1(3):34-43.
- 35- Wei Y, Ji M, Li G, Qin F. Notice of retraction powdered activated carbon (PAC) addition for enhancement of aerobically grown microbial granules treating landfill leachate. *Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT)*, 2010 International Conference. 1: 805 - 808.
- 36- Mousavi SA, Almasi A, Kamari Z, Abdali F, Yosefi Z. Application of the central composite design and response surface methodology for the treatment of Kermanshah landfill leachate by a sequencing batch reactor. *Desalination and Water Treatment*. 2015;56(3): 622-28.
- 37- APHA, AWWA, WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st ed. Washington DC: American Public Health Association; 2005.
- 38- Mahvi AH, Heibati B. Removal efficiency of azo dyes from textile effluent using activated carbon made from walnut wood and determination of isotherms of Acid Red 18. *Journal of Health and Hygiene*. 2010;1(3):7-15 (in Persian).
- 39- Foo KY, Hameed BH. An overview of landfill leachate treatment via activated carbon adsorption process. *Journal of Hazardous Materials*. 2009;171(1):54-60.
- 40- Aziz SQ, Aziz HA, Yusoff MS, Bashir MJK. Landfill leachate treatment using powdered activated carbon augmented sequencing batch reactor (SBR) process: Optimization by response surface methodology. *Journal of Hazardous Materials*. 2011;189(1):404-13.
- 41- Jorfi S, Jaafarzadeh haghhighifard N, Rezaei Kalantary R, Hashempur Y. Leachate treatment by batch decant activated sludge process and powdered activated carbon addition. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2009;2(1):16-27 (in Persian).
- 42- Jiang B, WU H-t, LV X-w. Powdered Activated Carbon-SBR for Treatment of Refuse Landfill Leachate. *China Water and Wastewater*. 2005;21(6):50.
- 43- Yan-Ping L, Xiu-jin L, Yuan C, Yan L. Comparative Study on PAC-SBR and SBR Treating Landfill Leachate. *Environmental Science & Technology*. 2008;7:030.
- 44- Tsiologorgis J, Zouboulis A, Samaras P, Zamboulis D. Application of a membrane sequencing batch reactor for landfill leachate treatment. *Desalination*. 2008; 221(1): 483-493.
- 45- Kargi F, Pamukoglu MY. Aerobic biological treatment of pre-treated landfill leachate by fed-batch operation. *Enzyme and Microbial Technology*. 2003;33(5):588-95.
- 46- Kargi F, Pamukoglu MY. Adsorbent supplemented

biological treatment of pre-treated landfill leachate by fed-batch operation. *Bioresource Technology*. 2004;94(3):285-91.

47- Uygur A, Kargı F. Biological nutrient removal from pre-treated landfill leachate in a sequencing batch reactor. *Journal of Environmental Management*. 2004;71(1):9-14.



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



## Evaluating the Effect of Powdered Activated Carbon (PAC) on the Efficiency of Leachate Treatment by Aerobic Sequencing Batch Reactor (ASBR)

SAR Mousavi<sup>1</sup>, M Parvaneh<sup>2,\*</sup>

1. PhD Environmental Engineering, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

2. MSc Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Member of the Research Committee, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

### ARTICLE INFORMATION:

**Received:** 6 February 2016

**Revised:** 27 April 2016

**Accepted:** 2 May 2016

**Published:** 18 September 2016

### ABSTRACT

**Background and Objectives:** Conventional methods of leachate treatment are inefficient due to high pollution loads and characteristics of the leachate. In recent years, an integrated method has been developed considerably. The aim of this research was to evaluate the effect of powdered activated carbon on the treatment of landfill leachate of Kermanshah City by a columnar aerobic sequencing batch reactor.

**Materials and Methods:** This study was carried out in three reactors having a total volume of 2000 mL and each having an effective volume of 600 mL in the bench scale. To the reactors 2 and 3 that were similar from environmental conditions and operation point of view with reactor 1 (with no carbon powder), 5 and 10 g/L of PAC were added, respectively. The effects of different doses of PAC (0, 5, 10 g/L) and hydraulic detention times (HRT = 48, 96, 144 h) were investigated in order to remove the Chemical Oxygen Demand (COD) and ammonia nitrogen (NH<sub>3</sub>-N) from the leachate. The efficiency was investigated using two-way ANOVA test in SPSS software (Ver. 16).

**Results:** The results of two-way ANOVA showed that there was a significant difference (P-value=0.001) between the removal efficiency of COD and NH<sub>3</sub>-N at different HRTs with different doses of PAC. The highest removal efficiency achieved at HRT=144 h for COD and NH<sub>3</sub>-N was in Reactor 1 were 50.11 ± 4.42 and 19.85 ± 1.49%; in reactor 2: 55.67 ± 1.6 and 25.7 ± 0.89%; and in reactor 3: 58.02 ± 3.99 and 25.48 ± 1.7%, respectively.

**Conclusion:** It can be concluded that the combination of biological - activated carbon compared with the biological process, can remove COD and NH<sub>3</sub>-N of strong sewages such as landfill leachate, although achieving standard treatments using this method is not possible.

**Key words:** Leachate treatment, Integrated process, Ammonia nitrogen, Chemical oxygen demand, Aerobic sequencing batch reactor

### \*Corresponding Author:

*parvaneh.molok@yahoo.com;*

*Tel: 09184703228*

Please cite this article as: Mousavi SAR, Parvaneh M. Evaluating the effect of powdered activated carbon (PAC) on the efficiency of leachate treatment by aerobic sequencing batch reactor (ASBR). *Iranian Journal of Health and Environment*. 2016;9(2):197-210.