

ساخت و ارزیابی راکتور بافل دار بی هوازی جهت تصفیه شیرابه زباله شهرستان ساری

امین آروین^۱

مجید پیروی^{۲*}

majidpeyravi@nit.ac.ir

محسن جهانشاهی^۳

تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۱۴

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۲۹

چکیده

زمینه و هدف: شیرابه محل دفن زباله به علت تولید شیرابه، به عنوان یکی از منابع بالقوه آلودگی زمین و آبهای سطحی شناخته شده است. علاوه بر این شیرابه محل دفن زباله ممکن است از طریق خاک باعث آلودگی جریانها، نهرها و چاهها شود. از این رو هدف از این مطالعه ارزیابی عملکرد راکتور آزمایشگاهی ABR در غلظت‌های مختلف COD و زمان ماند هیدرولیکی برای حذف COD می‌باشد.

روش بررسی: در این پژوهش یک راکتور بافل دار بی هوازی برای تصفیه بیولوژیکی شیرابه زباله استفاده شد. راکتور بافل دار بی هوازی دارای طول ۶۰ سانتی متر، عرض ۱۰ سانتی متر و ارتفاع ۱۰ سانتی متر از جنس پلکسی گلاس با حجم موثر ۶ لیتر بود. راکتور بافل دار بی هوازی با لجن بی هوازی فاضلاب شهری از هاضم بی هوازی در واحد تصفیه فاضلاب در قائم شهر تلقیح شد. شیرابه محل دفن زباله مورد استفاده در این پژوهش از محل دفن زباله شهری کیاسر ساری جمع آوری گردید. آزمایش‌های مورد استفاده در این آزمایش شامل اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)، PH، مواد جامد معلق (SS) و قلیائیت بود.

یافته‌ها: راکتور بافل دار بی هوازی دارای کارایی مناسبی برای حذف COD شیرابه محل دفن زباله است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که این راکتور توانایی قابل قبولی در کنترل PH و جداسازی میکروارگانیسم‌های اسید ساز از سایر میکروارگانیسم‌ها دارد. از طرفی نتایج نشان می‌دهد که در این راکتور، قلیائیت به عنوان یک بافر در سطح مناسبی حفظ می‌شود و برای کنترل آن نیاز به اضافه کردن ماده شیمیایی نمی‌باشد، ضمن این که در این راکتور مواد جامد معلق نیز به میزان قابل ملاحظه‌ای حذف می‌شوند.

بحث و نتیجه گیری: نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که بیشترین راندمان حذف COD (۸۶٪) در زمان ماند هیدرولیکی ۲ روز بدست آمد جایکه غلظت COD از ۲۷۰۰ میلی گرم بر لیتر به ۳۸۰ میلی گرم بر لیتر کاهش یافت. علاوه بر این، عملکرد سیستم در زمان ماند کمتر کاهش می‌یابد. در غلظت ۲۷۰۰ میلی گرم بر لیتر در زمان ماند هیدرولیکی ۱۲ ساعت غلظت COD ۷۰٪ کاهش یافت.

واژه های کلیدی: تصفیه بیولوژیکی، راکتور بافل دار بی هوازی، شیرابه محل دفن زباله ساری، زمان ماند هیدرولیکی، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی

۱- دکتری بیوتکنولوژی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

۲- استادیار، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران * (مسوول مکاتبات)

۳- استاد، پژوهشگاه نانوبیوتکنولوژی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران

Fabrication and Evaluation of anaerobic baffle reactor for leachate treatment of Sari province

Amin Arvin¹

Majid Peyravi^{*2}

majidpeyravi@nit.ac.ir

Mohsen Jahanshahi³

Abstract

Background and Objective: Landfill leachate has been identified as a potential source of ground and surface waters contamination due to the generation of leachate. Further, landfill leachate may percolate through soils and cause the large pollution of streams, creeks and water. Hence, the aim of this study is to evaluate the performance of a laboratory-scale ABR in different COD concentrations and hydraulic retention time for COD removal.

Method: In this research, an anaerobic baffle reactor (ABR) was used for biological landfill leachate treatment. The ABR was 10 cm wide, 60 cm long, and 10 cm depth and was constructed from Perspex with an effective volume of 6 L. The ABR was seeded with anaerobically digested sewage sludge taken from an anaerobic digester of a wastewater treatment plant in Qaemshahr city. Landfill leachate used in this study was collected from a landfill leachate waste municipal site located in Kiasar, Sari. The experiments used in this study were chemical oxygen demand (COD), pH, suspended solids (SS) and alkalinity.

Findings: The anaerobic baffle reactor (ABR) has been have an appropriate performance for COD removal of landfill leachate. Also, the results showed that this reactor presented an acceptable capability of pH control and acidogenic microorganism separation from others. On the other hands, the results demonstrated that an alkalinity remained at the desirable level in the reactor and it is not necessary to add chemical materials to control it. Moreover, the suspended solids were significantly removed in this reactor.

Discussion and Conclusion: The obtained results indicated that the highest COD removal (86%) was achieved at the HRT of 2 days where the COD concentration of 2700 mg/L was reduced to 380 mg/L. Furthermore, the system performance at lower hydraulic retention time was decreased. At the COD concentration of 2700 mg/L, 70% decrement of the reactor efficiency was observed by decreasing hydraulic retention time to 12 hr.

Key words: Biological treatment, Anaerobic baffle reactor, Sari landfill leachate, Hydraulic retention time, Chemical oxygen demand.

1- PhD of Biotechnology, Department of Chemical engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran

2- Assistant Professor, Faculty of Chemical Engineering, Babol University of Technology , Babol, Iran
*(Corresponding Author)

3- Full professor, Nanobiotech. Research Lab., Faculty of Chemical Engineering, Babol University of Technology, Babol, Iran

مقدمه

در طول چند دهه گذشته، رشد نمایی جمعیت، تغییرات عادات زندگی مردم، رشد صنایع و شهرنشینی باعث افزایش روز افزون مواد جامد شده است. به طوری که میزان مواد زائد جامد شهری در سراسر جهان از ۱/۳ میلیارد تن در روز در سال ۱۹۹۴ به ۱/۷ میلیارد تن در روز در سال ۲۰۰۸ رسید (۱ و ۲). از جمله چالش‌های پیش رو در روش دفن کردن زباله، تولید شیرابه در زباله محل دفن به علت نفوذ آب باران، واکنش‌های بیوشیمیایی، شیمیایی و فیزیکی و رطوبت ذاتی زباله است (۳). شیرابه زباله

با آلوده کردن آب‌های سطحی و زیرزمینی و خاک از جمله آلاینده‌های محیط زیست به شمار می‌آیند (۴). شیرابه زباله کمپلکسی غنی از فلزات سنگین، مواد معدنی، مواد آلی، آمونیاک و مواد سمی است. خصوصیات شیرابه محل دفن زباله به سن، تراکم و ترکیب زباله و آب و هوا محل دفن بستگی دارد (۵). شیرابه محل دفن زباله بر اساس سن زباله به سه دسته تقسیم شده اند که ویژگی هر کدام از این آن‌ها در جدول ۱ آمده است (۶).

جدول ۱- ویژگی و ترکیب شیرابه محل دفن زباله براساس سن (۶)

Table 1. Characteristics and composition of landfill leachate based on the leachate age (6)

ویژگی	جوان	میانسال	پیر
سن (سال)	۵ >	۵ تا ۱۰	۱۰ <
pH	۶/۵ >	۶/۵ تا ۷	۷/۵ <
COD(mg/L)	>۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰-۴۰۰۰	<۴۰۰۰
BOD/COD	۱- ۰/۵	۰/۵- ۰/۱	<۰/۱
آمونیاک (mg/L)	<۴۰۰	نداریم	>۴۰۰
فلزات سنگین (mg/L)	کم - متوسط	کم	کم
قابلیت تجزیه بیولوژیکی	بالا	متوسط	کم

تنوع در کمیت و کیفیت شیرابه محل دفن زباله منجر به پیچیدگی تصفیه شیرابه شده است (۷). از جمله روش‌های تصفیه شیرابه محل دفن زباله، می‌توان به روش‌های تصفیه بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی اشاره کرد (۸). از جمله روش‌های فیزیکی مورد استفاده می‌توان به شناورسازی، تراکم و تعلیق، هوادهی، اکسیداسیون شیمیایی و به کارگیری فرایندهای غشایی اشاره کرد (۹). روش‌های تصفیه فیزیکی و شیمیایی بیشتر به عنوان کمک تصفیه و در ترکیب با سایر روش‌ها برای حذف کدورت و مواد معلق و رنگ‌ها به کار گرفته می‌شود. (۱۰). از جمله مزیت‌های روش تصفیه بیولوژیکی هوازی، می‌توان به حساسیت دمایی کم، نیاز به قلیائیت پایین و کارایی حذف بالا اشاره کرد. از جمله مشکلات تصفیه هوازی می‌توان به

هزینه بالای عملیاتی و بهره وری، نیاز به مواد مغذی زیاد، نیاز به انرژی زیاد، بوی نامطبوع و میزان لجن تولیدی زیاد اشاره کرد. روش تصفیه بیولوژیکی بی‌هوازی به علت هزینه عملیاتی کمتر، تولید بیوگاز، تولید لجن کمتر و توانایی بیشتر در حذف پاتوژن‌ها در دهه‌های گذشته، بیشتر مورد توجه قرار گرفته است (۱۱ و ۱۲).

بهره‌گیری صحیح از فناوری بی‌هوازی در تصفیه، در نتیجه به کارگیری راکتورهای قوی بی‌هوازی بیولوژیکی حاصل می‌شود. یکی از راکتورهای نسبتاً جدید در فرایند تصفیه بی‌هوازی، راکتورهای بافل دار^۱ (ABR) است. این راکتور توسط مک‌کارتی و همکارانش در دانشگاه استنفورد به طور گسترده برای تصفیه

1- Anaerobic Baffle Reactor (ABR)

فاضلاب مورد استفاده قرار گرفت (۱۳). راکتور ABR از چند محفظه به هم چسبیده شده تشکیل شده است و هر اتاقک شامل دو بخش جریان رو به پایین و بالا است. رفتار مجموعه این راکتور را می‌توان با راکتور پلاگ مقایسه کرد. (۱۴ و ۱۵).

این راکتور در مقایسه با سایر راکتورها دارای فضای مرده کمتر و زمان ماند سلولی بالا می‌باشد که شوک بار آلی را به خوبی تحمل می‌کند (۱۱). مزایای این راکتور در جدول (۲) ارایه شده است (۱۶).

جدول ۲ - مزایای راکتور بافل دار بی هوازی (۱۶)

Table 2. The advantages of anaerobic baffle reactor (16)

عملکرد	توده زیستی	ساخت راکتور
زمان ماند هیدرولیکی پایین	لجن تولیدی پایین	طراحی ساده
پایدار نسبت به شوک هیدرولیکی	زمان ماند بالای مواد جامد	اجزا ثابت
ثبات در برابر بار آلی زیاد	عدم نیاز به نگهدارنده	بدون اختلاط مکانیکی
هزینه عملیاتی کم	عدم نیاز به جداسازی جامد و گاز	هزینه پایین ساخت

در ادامه برخی از پژوهش‌های انجام گرفته در مورد تصفیه بی‌هوازی شیرابه محل دفن زباله آورده شده است: Bouallagui و همکاران از راکتور بی‌هوازی بستر ثابت به منظور تصفیه شیرابه در محل دفن و کاهش سولفات آن استفاده کردند. در این مطالعه راندمان حذف COD و کاهش غلظت سولفات به ترتیب برابر ۸۷٪ و ۹۱٪ بود (۱۷).

هم‌چنین TIMUR و همکاران در مقیاس آزمایشگاهی از راکتور بی‌هوازی SBR برای تصفیه شیرابه زباله استفاده کردند. نتایج حاصل از آزمایش حاکی از حذف ۸۴٪ از COD بود (۱۸). Bohdziewicz و همکاران از راکتور غشایی بی‌هوازی به منظور بهینه‌سازی پارامترهای فرایندی تصفیه شیرابه زباله بهره بردند. در این پژوهش مقدار HRT بین ۱ تا ۷ روز، میزان بارگذاری آلی بین ۰/۷ تا ۴/۹ kg COD/mf و بهترین راندمان حذف COD برابر ۹۰٪ در HRT برابر ۲ روز و میزان بارگذاری ۲/۵ kg COD/mf بود (۱۹). Kennedy و همکاران از راکتور بی‌هوازی UASB برای تصفیه شیرابه استفاده کردند. در این کار میزان حذف COD در HRT های برابر با ۱۲ و ۱۸ و ۲۴ ساعت در غلظت‌های مختلف خوراک بین ۷۱٪ تا ۹۴٪ بود (۲۰). هم‌چنین کریمی و همکاران با استفاده از هاضم بی‌هوازی دو مرحله‌ای در مدت زمان ماند هیدرولیکی ۱۵ روز و در دمای ۳۱ درجه سانتی‌گراد در

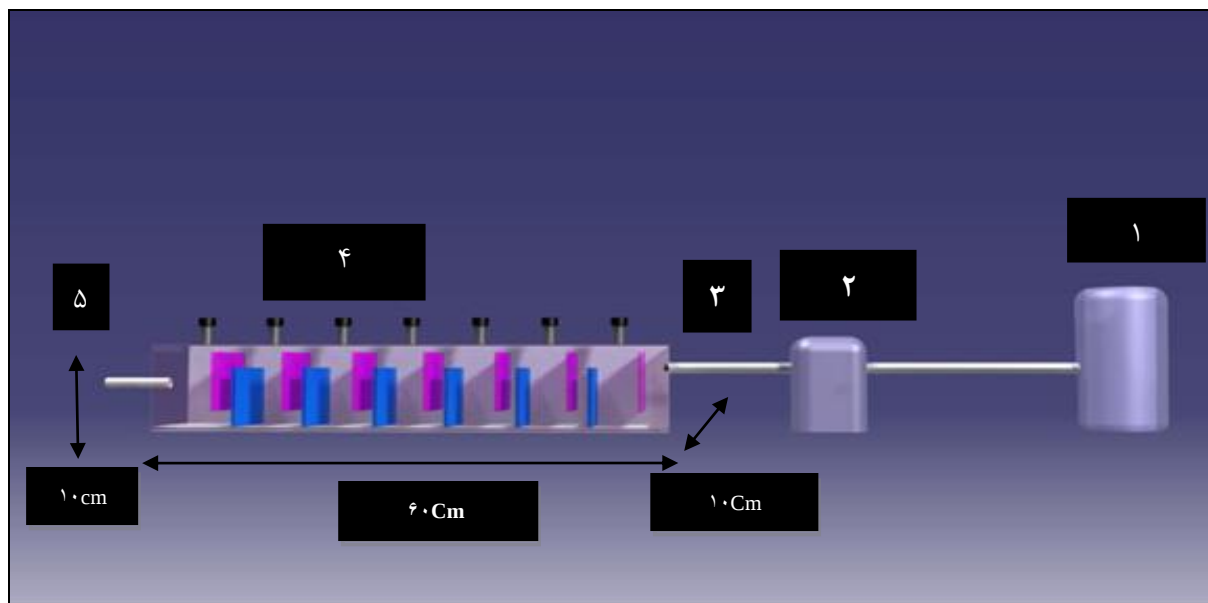
بارگذاری آلی ۲/۲ g/L.day به راندمان حذف COD بیش از ۹۳٪ دست یافتند (۲۱). اوپسی و همکاران با استفاده از راکتور UASB در شرایط پیوسته در بارگذاری آلی برابر با ۲۲/۶ kg COD/mf.day و در زمان ماند هیدرولیکی ۶۰ ساعت به میزان حذف COD برابر با ۶۳/۵٪ دست یافتند (۲۲).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که تاکنون از راکتور بی‌هوازی بافل‌دار برای تصفیه شیرابه محل دفن زباله تثبیت شده استفاده نشده است. در این تحقیق راکتور بافل‌دار بی‌هوازی برای تصفیه بیولوژیکی شیرابه محل دفن زباله ساخته شده و پارامترهای طراحی نظیر زمان ماند هیدرولیکی بر روی عملکرد راکتور بررسی می‌گردد.

مواد و روش‌ها

۱- راکتور ABR

راکتور ABR از جنس پلکسی گلاس (ضخامت دیواره خارجی و صفحات داخلی ۵ میلی متر) به طول و عرض و ارتفاع ۱۰، ۱۰، ۶۰ سانتی‌متر ساخته شد (شکل (۱)). راکتور شامل هفت محفظه به حجم ۶ لیتر بود که هر محفظه یک بخش بالا رو و یک بخش پایین رو به نسبت عرضی ۲:۱ داشت. در بخش فوقانی راکتور ۷ شیر به منظور نمونه برداری تعبیه شده بود.



شکل ۱- نمایی از راکتور بافل دار بی هوازی ساخته شده جهت تصفیه شیرابه زباله کیاسر ساری

۱. مخزن ۵ لیتری ۲. پمپ پرستالتیک ۳. ورودی راکتور ۴. شیر نمونه گیری ۵. خروجی راکتور

Figure 1. A schematic of the fabricated anaerobic baffle reactor for Kiasar, Sari landfill leachate treatment.

(1) 5 L feed tank, (2) peristaltic pump, (3) influent, (4) sampling ports, and (5) effluent

راکتور در حمام آب و تنظیم دمای آن با سه المنت حرارتی (مدل MH-71R، کشور ایران) در دمای ۳۵ درجه تنظیم گردید. شیرابه زباله از محل دفن زباله در کیاسر ساری تهیه شد. شیرابه از مخزن ۵ لیتری توسط یک عدد پمپ پرستالتیک (مدل BT100-2J، کشور چین) با حداکثر دبی ۵ میلی لیتر بر دقیقه به داخل راکتور پمپ می شد. ویژگی های شیرابه محل دفن زباله در جدول ۳ آورده شده است.

لجن بی هوازی مورد نیاز از تصفیه خانه فاضلاب شهری شهرک یثرب قائم شهر تهیه شد. میزان COD طبق روش شرح داده شده در کتاب آنالیز آب و فاضلاب با استفاده از اسپکتروفتومتر UV/Vis (مدل ۶۳۰۵، کشور انگلستان) اندازه گیری گردید (۲۳). قلیائیت نیز از طریق تیتراسیون با اسید سولفوریک ۱ نرمال تا رسیدن به نقطه پایانی اندازه گیری شد. PH نمونه با دستگاه PH متر (مدل 744، کشور سوئیس) اندازه گیری شد. برای کار در دمای مزوفیلیک، دمای راکتور از طریق قرار دادن

جدول ۳- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی شیرابه محل دفن زباله

Table 3. Physicochemical properties of landfill leachate

ردیف	پارامتر	مقدار
۱	COD	۲۶۰۰-۲۷۰۰ (mg/L)
۲	BOD	۹۱۰ (mg/L)
۳	pH	۸-۸/۳
۴	TKN	۳۳۰۰ (mg/L)
۵	NO ^۳ -N	۶۴۰ (mg/L)
۶	NH ^۴ -N	۴۵۰ (mg/L)

۱۴۵۰ (mg/L)	NH ^۴ -N	۷
۲۳۰۰ (mg/L)	TP	۸
۷/۸ (ppm)	TDS	۹
۲۵۰۰-۲۷۰۰ (mg/L)	SS	۱۰
۱۵/۵ (ms/m)	هدایت پذیری	۱۱
۷۲۰۰-۷۵۰۰ (mg CaCO ^۳ /L)	قلیائیت	۱۲

۲- آزمایش

نخست برای خوگرفتن باکتری ها و جلوگیری از مرگ آن ها در اثر شوک هیدرولیکی و تغییرات بار آلی، راکتور به مدت ۲۴ روز با زمان ماند هیدرولیکی برابر با ۲ روز و شیرابه ورودی با غلظت ۸۴۰ میلی گرم در لیتر COD به طور ناپیوسته شروع به کار کرد. پس از رسیدن به شرایط پایدار و خوگرفتن باکتری ها مرحله پیوسته شروع شد. در این مرحله از خوراک با بار آلی متفاوت در زمان های ماند مختلف استفاده شد و میزان COD، قلیائیت و PH در ورودی و خروجی و محفظه های راکتور اندازه گیری گردید.

نتایج و بحث

۱- راندمان حذف COD با کاهش زمان ماند هیدرولیکی

پس از رسیدن راکتور به شرایط پایدار، دوره راه اندازی به پایان رسید. راکتور به صورت پیوسته شروع به فعالیت کرد. در این دوره از شیرابه زباله در زمان های ماند هیدرولیکی مختلف،

به منظور ارزیابی عملکرد راکتور استفاده شد. برای جلوگیری از شوک وارده ناشی از افزایش آلودگی شیرابه زباله و خوگرفتن باکتری ها، ابتدا از زمان های ماند طولانی تر استفاده شد. در آغاز، شیرابه زباله با غلظت ۲۷۰۰ میلی گرم در لیتر COD در زمان ماند ۸ روز وارد راکتور شد که میزان غلظت پساب در خروجی راکتور برابر با ۱۰۸۰ میلی گرم در لیتر COD بود که راندمان حذفی برابر با ۶۰ درصد داشت. در ادامه با کاهش زمان ماند هیدرولیکی و متناسب با آن افزایش بارگذاری آلی راندمان حذف COD افزایش یافت، به طوری که بالاترین میزان حذف COD برای شیرابه زباله، در زمان ماند ۲ روز به دست آمد که در آن غلظت شیرابه زباله از ۲۷۰۰ میلی گرم بر لیتر COD به ۳۸۰ میلی گرم بر لیتر COD رسید که راندمانی برابر با ۸۶ درصد داشت. راندمان حذف COD برای زمان های ماند هیدرولیکی مختلف در جدول (۴) و شکل (۲) آمده است.

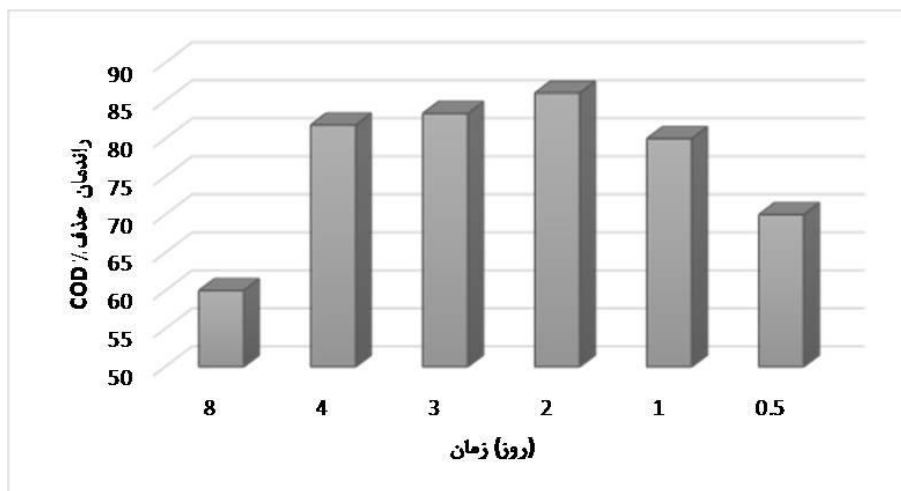
جدول ۴ - مقدار COD در ورودی و خروجی راکتور ABR

Table 4. Influent and effluent COD of ABR reactor

زمان ماند هیدرولیکی (روز)	میانگین غلظت COD ورودی (mg/L)	میانگین غلظت COD خروجی (mg/L)
۸	۲۷۰۰	۱۰۸۰
۴	۲۷۰۰	۴۹۰
۳	۲۷۰۰	۴۵۰
۲	۲۷۰۰	۳۸۰
۱	۲۷۰۰	۵۴۰
۰/۵	۲۷۰۰	۸۱۰

ماند کوتاه‌تر به دلیل تماس کمتر بین سوبسترا و میکروارگانیسم‌ها بود (۲۵ و ۲۶). از سوی دیگر با افزایش غلظت COD شیرابه محل دفن زباله در چهار مرحله، بازده حذف COD به علت افزایش سرعت واکنش ناشی از افزایش انتقال جرم، افزایش یافت (۲۴).

نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که در هر مرحله با کاهش زمان ماند هیدرولیکی از ۹۶ به ۴۸ ساعت، میزان بازده حذف COD افزایش یافت. دلیل این امر، وجود مقادیر بیشتر و مناسب سوبسترا برای رشد و تولید مثل میکروارگانیسم‌ها بود (۲۴). با کاهش زمان ماند از ۴۸ ساعت به ۲۴ و از ۲۴ به ۱۲ ساعت، بازده حذف COD کاهش یافت. دلیل این امر شوک ناشی از افزایش بارگذاری آلی و کاهش انتقال جرم در زمان‌های



شکل ۲ - میزان حذف COD در زمان ماند هیدرولیکی مختلف

Figure 2. COD removal versus different hydraulic retention time

۲- تغییرات PH

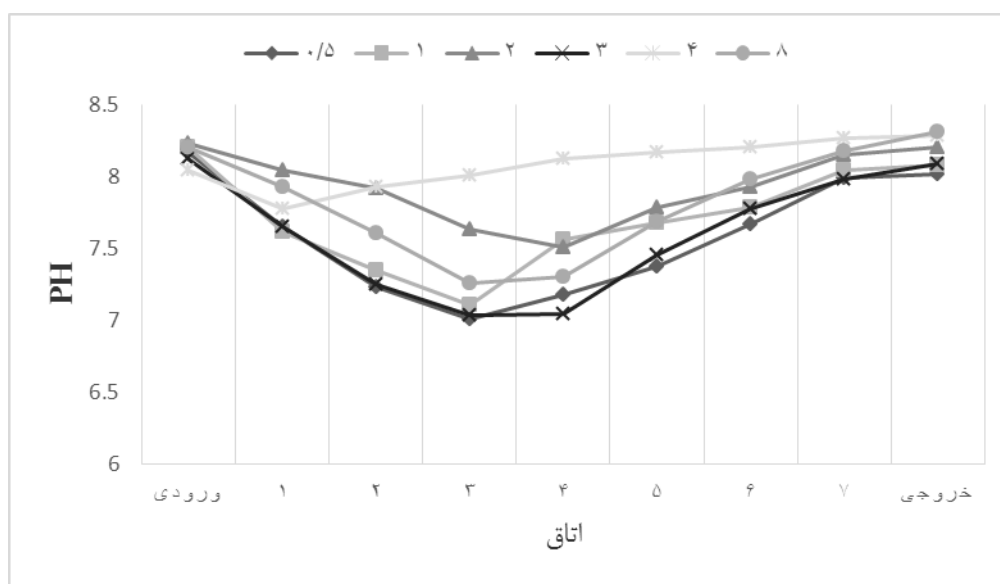
اسیدهای چرب فرار از مولکول‌های ساده، میزان PH کاهش پیدا کرد و در ادامه در اتاق‌های آخر با مصرف اسیدهای چرب فرار به علت فعالیت باکتری‌های متان‌ساز میزان PH افزایش پیدا کرد. تغییرات PH در طول راکتور ABR در بارگذاری‌های مختلف در جدول (۵) و شکل (۳) ارائه شده است.

میزان PH ورودی به راکتور بین ۸ تا ۸/۳ بود که این میزان در خروجی راکتور بین ۸ تا ۸/۴ تغییر پیدا کرد. در محفظه اول با فعالیت باکتری‌های هیدرولیز کننده و تجزیه مولکول‌های بزرگ به کوچک، PH به میزان کمی کاهش یافت. در محفظه دوم و سوم به علت فعالیت باکتری‌های اسید ساز و تولید

جدول ۵- تغییرات PH در طول راکتور ABR در بارگذاری های مختلف

Table 5. pH changes versus the length of ABR reactor in different loadings

زمان ماند هیدرولیکی (day)	ورودی	محفظه ۱	محفظه ۲	محفظه ۳	محفظه ۴	محفظه ۵	محفظه ۶	محفظه ۷	خروجی
۸	۸/۲۱	۷/۹۳	۷/۶۱	۷/۲۶	۷/۳۱	۷/۶۹	۷/۹۸	۸/۱۸	۸/۳۱
۴	۸/۰۵	۷/۷۸	۷/۹۳	۸/۰۱	۸/۱۳	۸/۱۷	۸/۲۱	۸/۲۷	۸/۲۹
۳	۸/۱۳	۷/۶۵	۷/۲۵	۷/۰۴	۷/۰۵	۷/۴۶	۷/۷۸	۷/۹۸	۸/۰۹
۲	۸/۲۳	۸/۰۵	۷/۹۲	۷/۶۴	۷/۵۱	۷/۷۹	۷/۹۳	۸/۱۵	۸/۲۱
۱	۸/۲۱	۷/۶۲	۷/۳۵	۷/۱۱	۷/۵۶	۷/۶۸	۷/۷۹	۸/۰۵	۸/۰۸
۰/۵	۸/۱۷	۷/۶۵	۷/۲۳	۷/۰۱	۷/۱۸	۷/۳۸	۷/۶۷	۷/۹۹	۸/۰۲



شکل ۳- تغییرات PH در طول راکتور ABR

Figure 3. pH changes with the length of ABR reactor

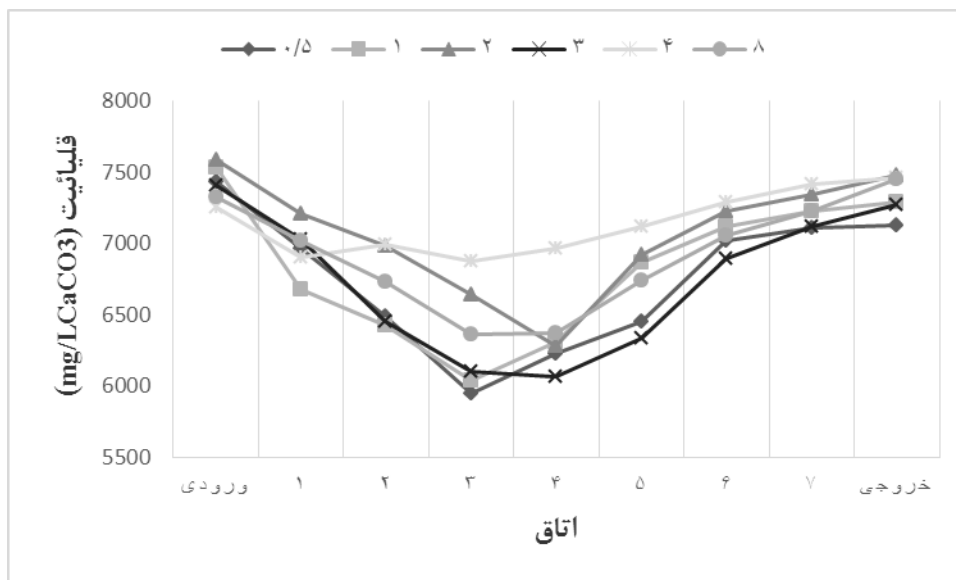
۳- قلیائیت

مقدار قلیائیت شیرابه ورودی به سیستم بین ۷۲۰۰ تا ۷۵۰۰ میلی گرم بر لیتر کربنات بود. در طول مطالعه مطابق شکل (۴) مشاهده شد که با کاهش زمان ماند هیدرولیکی به زمان های کمتر، میزان قلیائیت در خروجی راکتور کاهش پیدا کرد که این کاهش با کاهش میزان بازده حذف COD در ارتباط است. در زمان ماند هیدرولیکی ۸ روز، میزان قلیائیت خروجی از سیستم کاهش پیدا کرد. در زمان ماند هیدرولیکی ۴ روز بار قلیائیت کاهش پیدا کرد. در زمان های ماند هیدرولیکی به مرور

از جمله پارامترهای عملیاتی مهم در فرآیندهای بی‌هوازی قلیائیت است. به منظور کنترل PH باید مقادیر کافی قلیائیت وجود داشته باشد (۲۷). در واقع قلیائیت مانند بافر عمل کرده و مانع تغییرات سریع PH در طول عملکرد سیستم می‌شود. مقادیر بالای قلیائیت باعث بهبود فرایند تثبیت در هاضم می‌شود. کاهش بیش از حد قلیائیت و در پساب خروجی هاضم‌های بی‌هوازی نشانگر بروز مشکل و عملکرد نامناسب این سیستم‌ها است (۲۸).

کربن دی اکسید و تشکیل NH_4-HCO_3 و افزایش ظرفیت بافری و قلیائیت می باشد.

مقدار قلیائیت افزایش یافت. به نظر می رسد علت این افزایش در خروجی راکتور کاهش غلظت اسید چرب فرار و افزایش PH و نیز به علت ایجاد آمونیاک و ترکیب آن با گاز



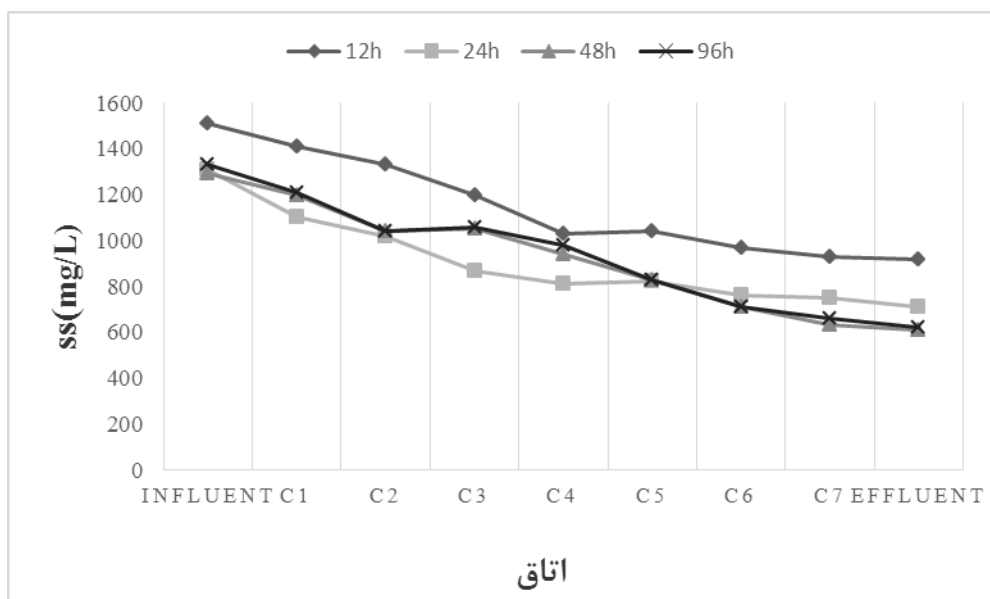
شکل ۴- تغییرات قلیائیت در طول راکتور ABR

Figure 4. Alkalinity changes with the length of ABR reactor

۴- مواد جامد معلق (SS)

واحدهای تصفیه می باشد. نمودار (۵) میزان تغییرات مواد جامد معلق را در طول مدت راهبری در راکتور نشان می دهند.

اندازه گیری کل مواد جامد معلق در آزمایش های آب های آلوده بی نهایت با ارزش است. مواد جامد معلق یکی از پارامترهای به کار رفته در ارزیابی قدرت فاضلاب های خانگی و تعیین بازدهی



شکل ۵- تغییرات مواد جامد معلق در طول راکتور ABR

Figure 5. Suspended solid changes with the length of ABR reactor

نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد مقدار مواد جامد معلق در طول راکتور کاهش یافته، به طوری که میزان کاهش مواد معلق جامد در ۵ اتاق اول بیشتر از دو اتاق آخر می‌باشد که دلیل این امر می‌تواند ناشی از فعالیت باکتری‌های هیدرولیز کننده و تبدیل پلیمرهای نامحلول به مونومرهای محلول باشد. همچنین با افزایش زمان ماند هیدرولیکی در هر کدام از مراحل مقدار

مواد جامد معلق در خروجی کمتر می‌شود که دلیل آن ناشی از افزایش زمان تماس بین توده زیستی و سوبسترا می‌باشد (۲۹). به منظور مقایسه، تحقیقات مشابه انجام گرفته در مورد تصفیه شیرابه محل دفن زباله با استفاده از راکتورهای مختلف در جدول (۶) ارائه شده است.

جدول ۶- مقایسه نتایج به دست آمده با پژوهش‌های گذشته

Table 6. A comparison between the obtained results and previous researches

مرجع	نوع راکتور	زمان ماند هیدرولیکی (ساعت)	میزان COD (گرم بر لیتر)	بیشترین راندمان حذف (درصد)
۱۷	راکتور بی‌هوازی بستر ثابت	۱۲۰	۴۳	۹۱
۱۸	SBR	۲۴۰-۳۶	۳/۸-۱۵/۹	۸۴
۱۹	راکتور غشایی بی‌هوازی	۴۸	۲/۸-۵	۹۰
۲۰	UASB	۱۲-۲۴	۳/۲۱-۹/۱۹	۹۱
۲۱	هاضم بی‌هوازی دو مرحله‌ای	۳۶۰	۴۸/۵-۶۲/۱	۹۳
۲۲	UASB	۶۰	۲۰	۶۳/۵

با مقایسه نتایج آزمایش با نتایج سایر پژوهش‌ها مشخص می‌شود که راکتور بافل‌دار بی‌هوازی دارای کارایی مناسبی به منظور حذف COD شیرابه محل دفن زباله است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که این راکتور توانایی قابل قبولی در کنترل PH و جداسازی میکروارگانیسم‌های اسید ساز از سایر میکروارگانیسم‌ها دارد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که در این راکتور، قلیائیت به عنوان یک بافر در سطح مناسبی حفظ می‌شود و برای کنترل آن نیاز به اضافه کردن ماده شیمیایی نمی‌باشد. ضمن این‌که در این راکتور مواد جامد معلق نیز به میزان قابل ملاحظه‌ای حذف می‌شوند. همچنین نتایج به دست آمده حاکی از آن است که این راکتور قابلیت خوبی در حذف COD در کمتر از ۴ گرم بر لیتر دارد.

نتیجه گیری

۱- راکتور ABR عملکرد خوبی در تصفیه بیولوژیکی بی‌هوازی شیرابه محل دفن زباله و حذف COD از خود نشان داد. با کاهش زمان ماند هیدرولیکی از ۸ روز به ۴ روز و از ۴ روز به ۳ روز و از ۳ روز به ۲ روز، راندمان حذف COD راکتور افزایش یافت. علت این امر، افزایش بار آلی هیدرولیکی و افزایش سطح تماس بین سوبسترا و میکروارگانیسم‌ها بود (۲۴). سپس با کاهش زمان ماند هیدرولیکی به ۱ روز و ۱۲ ساعت، راندمان حذف COD کاهش پیدا کرد. علت این امر، ناشی از شوک وارد شده به باکتری‌ها در اثر افزایش بار آلی می‌باشد. با وجود این، در این مطالعه در تمام بارگذاری‌ها، راندمان حذف COD بیش از ۵۵ درصد بود.

3. Qasim, S.R., Walter, C., Sanitary Landfill Leachate. Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, Pennsylvania. 1994
4. O. Aktas, F. Cecen, Addition of activated carbon to batch activated sludge reactors in the treatment of landfill leachate and domestic wastewater, J. Chem Technol. Biotechnol. 76 (2001) 793–802.
5. S. Baig, I. Coulomb, P. Courant, P. Liechti, Treatment of landfill leachates: Lapeyrouse and Satrod case studies, Ozone Sci. Eng. 21 (1999) 1–22
6. K.Y. Foo, B.H. Hameed, An overview of landfill leachate treatment via activated carbon adsorption process, J. Hazard. Mater. 171 (2009) 54–60.
7. T.V. Nooten, L. Diels, L. Bastiaens, Design of a multifunctional permeable reactive barrier for the treatment of landfill leachate contamination: laboratory column evaluation, Environ. Sci. Technol. 42 (2008) 8890–8895.
8. Jolanta Bohdziewicz, Ewa Neczajb, Anna Kwarciakb, Landfill leachate treatment by means of anaerobic membrane bioreactor, Desalination (2008) 559–565.
9. S. Renou, J. G. Givaudan, S. Poulain, F. Dirassouyan, P. Moulin, Landfill leachate treatment: Review and opportunity, Journal of Hazardous Materials 150 (2008) 468–493
10. J.M. Lema, R. Mendez, R. Blazquez, Characteristics of landfill leachates and alternatives for their treatment: a review, Water Air Soil Pollut. 40 (1988) 223–250.

- ۲- مقدار PH در خروجی راکتور بین ۸ تا ۸/۴ در بارگذاری های مختلف متغیر بود. به طور کلی در دو محفظه اول به علت فعالیت باکتری های اسید ساز کاهش PH اتفاق افتاد که کمترین میزان آن برابر با ۷/۲۳ بود.
- ۳- با کاهش زمان ماند هیدرولیکی، میزان قلیائیت در طول راکتور افزایش پیدا کرد. دلیل آن را می توان با کاهش مقدار اسید چرب فرار در طول راکتور و نیز شکست مولکول های نیتروژن دار مانند پروتیین ها و آمینواسیدها و در نتیجه تولید آمونیاک توجیه کرد. با ترکیب آمونیاک و در اکسیدکربن مقدار قلیائیت افزایش یافت و خاصیت بافری در برابر کاهش PH به وجود آمد.
- ۴- در غلظت ثابت شیرابه محل دفن زباله، با افزایش تعداد اتاق راکتور میزان مواد جامد معلق کاهش یافت. همچنین با افزایش زمان ماند هیدرولیکی در هر کدام از مراحل مقدار مواد جامد معلق در خروجی کمتر بود که دلیل آن ناشی از افزایش زمان تماس بین توده زیستی و سوبسترا می باشد.

قدردانی

به این وسیله از اداره آب و فاضلاب شهر قائم شهر و متصدی تصفیه خانه شهرک یثرب قائم شهر به خاطر همکاری بی شائبه ایشان کمال تشکر و سپاسگزاری به عمل می آید.

منابع

1. K.Y. Foo, B.H. Hameed, An overview of landfill leachate treatment via activated carbon adsorption process, Journal of Hazardous Materials (2009) 54–60
2. S. Renou, J.G. Givaudan, S. Poulain, F. Dirassouyan, P. Moulin, Landfill leachate treatment: review and opportunity, J. Hazard. Mater. 150 (2008) 468–493

- landfill leachate, s0043-1354(99)00048-2.
19. Jolanta Bohdziewicz, Ewa Neczajb, Anna Kwarciakb, 2008, Landfill leachate treatment by means of anaerobic membrane bioreactor, *Desalination* 559–565.
 20. K. J. KENNEDY and E. M. LENTZ, treatment of landfill leachate using sequencing batch and continuous flow upflow anaerobic sludge blanket (uasb) reactors, S0043-1354(00)00114-7.
 ۲۱. کریمی جشنی ایوب و همکاران، بررسی تصفیه پذیری شیرابه محل دفن زباله های شیراز به روش هضم بی هوازی دو مرحله ای، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، ۱۳۸۷
 ۲۲. اویسی داود و همکاران، کارایی راکتور بی هوازی UASB در تصفیه شیرابه محل دفن زباله کهریزک تهران، نهمین همایش ملی بهداشت محیط، ۱۳۸۵
 23. APHA, AWWA, WEF. (1992). *Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater*, 18th Ed Washington DC., USA.
 24. Thanwised, Phatlapha, Wanpen Wirojanagud, and Alissara Reungsang. "Effect of hydraulic retention time on hydrogen production and chemical oxygen demand removal from tapioca wastewater using anaerobic mixed cultures in anaerobic baffled reactor (ABR)." *international journal of hydrogen energy* 37, no. 20 (2012): 15503-15510.
 25. Ji, G. D., T. H. Sun, J. R. Ni, and J. J. Tong. "Anaerobic baffled reactor (ABR) for treating heavy oil produced water with high concentrations of salt and poor nutrient." *Bioresource*
 11. R.H. Kettunen, T.H. Hoilijoki and J.A. Rintala, Anaerobic and sequential anaerobic-aerobic treatments of municipal landfill leachate at low temperature *Bioresours. Technol.*, 58 (1996) 31–40.
 12. R. He, D.S. Shen and C.R. Fang, Study on the characteristics of the bioreactor-landfill system. *Acta Scientiae Circumstrantiae*, 21 (6) (2001) 753–757.
 13. Jianlong Wang, Yongheng Huang, Xuan Zhao, Performance and characteristics of an anaerobic baffled reactor, 93 (2004) 205–208 *Bioresource Technology*,
 14. Barber WP, Stuckey D. The use of the anaerobic baffled reactor (ABR) for wastewater treatment: A review. *Water Res.* 1999;33(7):1559-78
 15. Plumb J, Bell J, Stuckey DC. Microbial populations associated with treatment of an industrial dye effluent in an anaerobic baffled reactor. *Appl Environ Microbiol* 2001; 67(7):3226–35.
 16. William P. Barber M And David C. Stuckey M, The Use Of The Anaerobic Baffled Reactor (ABR) For Wastewater Treatment: A Review., *Pergamon*, 1354(98)00371-6
 17. Olfa Ben Dhia Thabet, Hassib Bouallagui, Jean-luc Cayol Bernard Ollivier, Marie Laure Fardeau, Moktar Hamdi, *Anaerobic degradation of landfill leachate using an upflow anaerobic fixed-bed reactor with microbial sulfate reduction*, *Journal of Hazardous Materials* 167 (2009) 1133–1140.
 18. H. Timur1m and i. Oè zturk, anaerobic sequencing batch reactor treatment of

28. S.Y. Bodkhe, A modified anaerobic baffled reactor for municipal wastewater treatment, *Journal of Environmental Management*.2009. Volume (90): P. 2488–2493.
29. Zhu, Ge-Fu, Jian-Zheng Li, Peng Wu, Hui-Zheng Jin, and Zheng Wang. "The performance and phase separated characteristics of an anaerobic baffled reactor treating soybean protein processing wastewater." *Bioresource Technology* 99, no. 17 (2008): 8027-8033.
- Technology 100, no. 3 (2009): 1108-1114.
26. Chen, Chin-Chao, Hong-Pin Chen, Jou-Hsien Wu, and Chiu-Yue Lin. "Fermentative hydrogen production at high sulfate concentration." *International Journal of Hydrogen Energy* 33, no. 5 (2008): 1573-1578.
27. Ren, N.Q., Zhao, D., Chen, X.L., Li, J.Z. Mechanism and controlling strategy of the production and accumulation of propionic acid for anaerobic wastewater treatment. *Sci China*, 2002, 319–32.