Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:31 IRST on Wednesday January 11th 2017

مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره نهم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۵، صفحات ۴۲۱ تا ۴۳۲

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

مقاله پژوهشی

# بررسی کارایی راکتورهای بافل‌دار بی‌هوازی با بسترمدیای ثابت و چرخان برای تصفیه فاضلاب شهری

محمد آقانژاد[۱]، غلامرضا موسوی[۲،*]

۱. دانشجوی دکترای مهندسی بهداشت محیط، گروه بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲. (نویسنده مسئول): دکترای مهندسی بهداشت محیط، گروه بهداشت محیط، دانشیاردانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

**اطلاعات مقاله:**

**تاریخ دریافت:** ۹۵/۰۲/۲۰
**تاریخ ویرایش:** ۹۵/۰۴/۲۸
**تاریخ پذیرش:** ۹۵/۰۵/۰۵
**تاریخ انتشار:** ۹۵/۰۹/۳۰

**واژگان کلیدی:** راکتور بافل‌دار بی‌هوازی، بستر ثابت، بستر چرخان، تصفیه فاضلاب شهری، شهر خوی

**پست الکترونیکی نویسنده مسئول:**
moussavi@modares.ac.ir

**چکیده**

***زمینه و هدف:*** *راکتور بافل‌دار بی‌هوازی با توجه به مزایایی مانند هزینه ساخت و راهبری کمتر نسبت به روش‌های هوازی تصفیه فاضلاب بویژه برای جوامع کوچک مورد توجه است. با وجود این، نیاز است این سامانه برای ارتقا و غلبه بر محدودیت‌هایش مطالعه گردد. هدف اصلی این تحقیق بررسی کارایی راکتورهای بافل‌دار بی‌هوازی با بستر مدیای ثابت (FABR) و چرخان (RABR) در مقیاس آزمایشگاهی و شرایط میدانی برای تصفیه فاضلاب شهری و تعیین عملکرد هرکدام با توجه به تامین استانداردهای دفع پساب است.*

***روش بررسی:*** *این مطالعه در تصفیه‌خانه فاضلاب شهر خوی انجام گردید. راکتور FABR به مدت ۲۶۷ روز با زمان ماند هیدرولیکی ۴۸-۱۸ h و راکتور RABR به مدت ۹۰ روز با چرخش بستر مدیای ۱۰-۵۰ rpm راهبری شد. تغذیه راکتورها به‌صورت درخط از کانال فاضلاب بود. از ورودی و خروجی سامانه‌ها نمونه‌برداری ترکیبی ۲۴ ساعته به تعداد ۲۲۴ بار انجام و پارامترهای COD, BOD, TSS, VSS, TKN, TP اندازه‌گیری گردید.*

***یافته‌ها:*** *راه‌اندازی راکتور ۱۰۷ روز طول کشید. خروجی راکتور FABR در زمان ماند ۴۸-۱۸ h به ترتیب حذف ۹۳-۸۰ درصد COD، ۲۱-۱۰ درصد TKN و ۳۰-۲۱ درصد فسفات بود و در همه شرایط به استاندارد خروجی TSS و با HRT بهینه ۳۶ h به استاندارد خروجی COD و BOD رسید. RABR در زمان ماند ۲۴ h و دور ۵۰ rpm به این استانداردها رسید ولی در هیچکدام از زمان های ماند نتوانست استاندارد خروجی مواد مغذی را تامین کند.*

***نتیجه‌گیری:*** *FABR سامانه مناسبی برای تصفیه فاضلاب شهری هست اما با توجه به حذف ناکافی مواد مغذی ضروری است، پساب خروجی آن با یک روش هوازی تصفیه تکمیلی گردد و یا با توجه به مفید بودن خروجی راکتور در آبیاری زمین‌هایی با خاک کشاورزی فقیر بصورت زیرسطحی مورد استفاده قرار گیرد.*

*Please cite this article as: Aqanaghad M, Moussavi G. Performance evaluation of fixed and rotating bed anaerobic baffled reactors for municipal waste-water treatment. Iranian Journal of Health and Environment. 2016;9(3):421-32.*

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:31 IRST on Wednesday January 11th 2017

**مقدمه**

روش‌هـای هـوازی تصفیـه فاضـلاب در حالت کلـی دارای محدودیت‌هایی چون هزینه سـاخت و راهبری بالاتر، راهبری دقیق و حسـاس‌تر، تولید لجن بیشتر که مشکلات و هزینه‌های بعـدی را دارد و عـدم کارایی کافـی در بار آلـی بیش از حد اسمی هستند، بنابراین استفاده از آنها حداقل در جوامع کوچک مناسـب و به‌صرفه نیسـت. روش‌هایی مانند لاگون نیز راندمان کافی بویژه در آب و هوای سـرد ندارند و در آب و هوای گرم هم دارای مشـکل رشد جلبک هسـتند. با توجه به این معایب، استفاده از روش‌های جدید که ضمن ارزانی و آسانی ساخت و بهره‌برداری بتوانند کارایـی لازم را تامین کنند راهکار جدید و مناسـبی است (۱). یکی از این راهکارها استفاده از راکتورهای بی‌هـوازی با سـرعت بـالا مانند راکتـور بافـل‌دار بی‌هوازی (ABR) اسـت. بدلیل مزایای زیاد و قابلیت‌های این راکتور از جمله بهبود سینتیک فرایند با توجه به جداسازی فازهای تجزیه بی‌هـوازی، بازیافت گاز متان، امکان ارتقای آن در افزایش توان تصفیـه از جهت حذف مواد آلـی و مغذی و رفع محدودیت‌ها کاربـرد آن مورد توجه قـرار گرفته اسـت (۲). از طرفی برای جایگزیـن کردن آن بجـای روش‌های پرهزینه کـه در جوامع کوچک و پراکنده مناسـب نیسـتند، اعمال اصلاحات و مطالعه ارتقای آن ضروری اسـت. یکی از اصلاحات این راکتور تلفیق آن با رشد چسبیده میکروبی یا استفاده از مدیای میکروبی ثابت و متحرک در داخل راکتور اسـت. توجیه استفاده از این سیستم بـرای تصفیه انـواع فاضلاب در مزایای خاص آن بارز اسـت، طوری‌که استفاده از آن برای تصفیه فاضلاب شهرهای کوچک، اکثر صنایع، تصفیه و پیش‌تصفیه فاضلاب شهری بویژه وقتی‌که منبع پذیرنده پسـاب مانند رودخانه وجود دارد و در ترکیب با روش هـوازی یا تصفیه طبیعی کامـلا موجه، معقول و به‌صرفه است. همچنین معمولا تصفیه بی‌هوازی فقط با گندزدایی نهایی استاندارد آبیاری کشاورزی را تامین می‌کند (۳).

در سـال ۲۰۱۵، ABR بـا حجم $m^3$ ۱ در مقیـاس پایلوت با دمای فاضلاب $^0C$ ۱۲-۲۳ بمدت ۲ سال برای تصفیه فاضلاب شـهری بـا COD mg/L ۱۹۰±۷۶۰ راهبری شـد. راندمان حـذف COD ۴۳ درصـد و TSS ۸۳ درصد بود و ABR را روش مناسـبی برای تصفیه اولیه فاضلاب شـهری در آب و هوای سرد معرفی شد (۴). در سال ۲۰۱۵، ABR برای تصفیه فاضلاب بهداشـتی بصورت در خط در مقیاس پایلوت با زمان ماند هیدرولیکی (HRT) ۲۲ h بکار رفت. حذف COD ۵۸ - ۷۲ درصد و حذف کلی‌فرم‌ها حدود ۹۰ درصد بود. نتایج نشان داد هرچقدر زمان ماند بیشتر باشد کیفیت پساب خروجی بهتر خواهـد بود و ABR روش مناسـبی برای تصفیه فاضلاب در جوامع کم‌درآمد اسـت. با وجود عدم تامین استاندارد خروجی بهداشـتی، استفاده از پسـاب خروجی این راکتور برای آبیاری کشاورزی قابل قبول بود (۵).

با توجه به پژوهش‌ها تایید شـده است که ترکیب فرایند رشد چسبیده (بیوفیلم) با روش‌های مختلف تصفیه فاضلاب کارایی کلـی را افزایش داده و از مشـکلات بیومـس معلق جلوگیری می‌کند. علاوه بر این بیوفیلم ممکن است برخی ضعف‌ها مانند حذف ناکافی مواد مغذی و شسـته شـدن بیومس را تقویت و اصلاح بکند (۶). با توجه به بررسـی سـوابق پژوهشی مطالعه مشـابهی برای ارتقای ABR انجام نشده بود و برای توسعه و کاربردی کردن این سـامانه که قابلیت اصلاح و ارتقای بالایی دارد، تحقیـق حاضر ضروری بـود. لذا هـدف از این مطالعه بررسـی کارایی سامانه راکتور بافل‌دار بی‌هوازی با مدیای ثابت fixed bed anaerobic baffled reactor (FABR) و راکتور بافـل‌دار بی‌هوازی با بسـتر مدیای چرخـان rotating bed anaerobic baffled reactor (RABR) در مقیاس آزمایشگاهی با شرایط میدانی برای تصفیه فاضلاب شـهری، مقایسـه آنها با همدیگر و تعیین عملکرد هر کدام در رسیدن به استانداردهای ملی دفع پساب بود.

**مواد و روش‌ها**

**۱- راه‌اندازی و راهبری راکتورها**

راکتـور آزمایشـی با مشـخصات آمده در جـدول ۱ از ورق

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:31 IRST on Wednesday January 11th 2017

پلکسی‌گلس طراحی و ساخته شد و بعد از آزمون آب‌بندی و اندازه‌گیری حجم مؤثر بوسیله جابجایی آب در تصفیه‌خانه فاضلاب خوی در کنار پارشال فلوم و داخل اتاقکی که به همین منظور ساخته شده بود، نصب گردید. راکتور شامل ۵ بخش (۴ بخش برابر و یک بخش ابتدایی بزرگ‌تر (۱/۵ برابر بقیه بخش‌ها)) بود که بعنوان مخزن ته‌نشینی اولیه عمل می‌کرد و دارای ۳ ورودی و ۳ خروجی برای توزیع برابر جریان بود. مدیای میکروبی با مشخصات آمده در جدول ۱ در بخش ۳ و ۴سامانه FABR بکار رفت. توده مدیا روی صفحه مشبک پلاستیکی قرار گرفت (تا توزیع جریان به مدیا یکنواخت باشد) و با بذر لجن بطور یکنواخت آغشته گردید. برای رشد و تکثیر بهتر متان‌سازها و تشکیل فلاک‌های میکروبی مقاوم به شسته شدن، راکتور با HRT بالا یعنی ۴۸ h، برابر بارآلی ۰/۲۸ kg COD/$m^3$.d راه‌اندازی شد. این مرحله مصادف با فصول تابستان و پاییز بود. اساس انتخاب گستره HRT برای سامانه FABR تامین استاندارد خروجی COD و BOD پساب بود، لذا راکتور به ترتیب در HRT ۴۸، ۳۶، ۲۴ و ۱۸ h بمدت ۱۷۵ روز در فصول پاییز، زمستان و بهار بطور پیوسته راهبری شد و کارایی آن در رسیدن به استاندارد دفع پساب با HRT بهینه مشخص گردید. بعد از اتمام کار راکتور بخش ۳ و ۴ آن با برداشت بافل میانی یکی شد و سامانه تبدیل به راکتور RABR شد. در بخش‌های یکی شده راکتور ظرف استوانه‌ای به قطر ۲۴ cm و بلندی ۲۴ cm از جنس توری استیل و حاوی همان مدیای استفاده شده در راکتور قبلی نصب گردید. این ظرف روی شفت سوار شده بود و بوسیله الکتروموتور با دور قابل تنظیم ۱۰۰-۰ rpm می‌چرخید. این سامانه با HRT ۲۴ h بمدت ۹۰ روز راهبری شد تا تاثیر چرخش بستر مدیا با دور ۶۰-۱۰ rpm در افزایش کارایی کلی آن ارزیابی گردد. معیار رسیدن سیستم به حالت پایدار در هر مرحله ثابت ماندن تقریبی راندمان حذف COD طی یک هفته بود. بعد از آن انتقال به مرحله بعدی انجام شد.

**جدول ۱- ابعاد راکتور و مشخصات مدیا**

| ابعاد | اندازه |
|---|---|
| طول | ۶۰cm |
| عرض | ۲۴ |
| بلندی | ۳۰ |
| نسبت بالارو به پایین‌رو | ۳:۱ |
| حجم کلی | ۴۸/۶L |
| حجم مفید | ۳۷L |
| نوع مدیا | HDPE-۲H |
| سطح ویژه مدیا | ۵۳۵$m^2/m^3$ |
| حجم مدیا | ۸/۳L |

**۲- مشخصات بذر لجن و فاضلاب ورودی**

مقدار ۱۱ L لجن دفعی تغلیظ شده از تصفیه‌خانه فاضلاب شهر سلماس به عنوان بذر لجن تهیه گردید. ۳۰ درصد حجم مؤثر راکتور از این لجن به‌علاوه فضولات گاوی فیلتر شده به اندازه ۱/۵ L پر و مخلوط گردید. بدلیل اینکه لجن بی‌هوازی در دسترس نبود این فضولات برای غنی‌سازی لجن از نظر باکتری‌های متان‌ساز استفاده شد. غلظت TSS و VSS این لجن به ترتیب ۸/۶ و ۴/۴ g/L و pH آن ۷/۵ بود. راکتور، با فاضلاب آشغال‌گیری و دانه‌گیری شده در بخش ورودی و از عمق ۳۰ سانتی‌متری کانال فاضلاب بصورت در خط تغذیه گردید. طبق اندازه‌گیری با دستگاه اکسیژن‌متر $O_2$ محلول در ورودی سامانه تقریبا صفر بود. با توجه به HRT دبی ورودی بوسیله یک دستگاه پمپ پریستالتیک تنظیم و با حجم‌سنجی دقیق کالیبره گردید. شلنگ مسیر تغذیه هرروز ۳ نوبت تمیز گردید. مشخصات فاضلاب مورد تغذیه سامانه بصورت میانگین در جدول ۲ آمده است.

برای تعیین تقریبی بخش زنده بیومس در پایان پژوهش بعد از برداشت محتوی روی RABR و تخلیه کامل سوپرناتانت،

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:31 IRST on Wednesday January 11th 2017

لجـن همـه بخش‌ها به هم زده شـد و از هریـک از بخش‌ها نمونه‌بـرداری شـد و غلظت آن اندازه‌گیری گردید. بیشـترین غلظـت VSS/L g ۳۳/۹ در بخـش اول بود و بقیه بخش‌ها غلظت تقریبا یکسـان VSS/L g ۲۶/۶ داشـتند. همچنین از مدیای داخل RABR نیز نمونه‌برداری شد و جرم لجن روی مدیا $mg\ VSS/cm^2$ ۱/۱۸ اندازه‌گیری گردید.

**جدول ۲- مشخصات فاضلاب شهری وارده به پایلوت در طول تحقیق**

| پارامتر | واحد | مقدار |
|---|---|---|
| BOD | mg/L | ۳۶۱ |
| COD | mg/L | ۵۷۵ |
| SCOD | mg/L | ۲۷۷ |
| TSS | mg/L | ۲۵۸ |
| VSS | mg/L | ۱۵۲ |
| TP-$PO_4$ | mg/L | ۲۲/۶ |
| pH | | ۷/۵۵ |
| TKN-N | mg/L | ۶۹/۵ |
| $NO_3$-N | mg/L | ۲/۶ |
| Alkalinity | mg/L | ۵۱۳ |
| $SO_4$ | mg/L | ۷۵/۳ |
| Temperature | °C | ۲۵-۱۷ |

**۳- نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌ها**

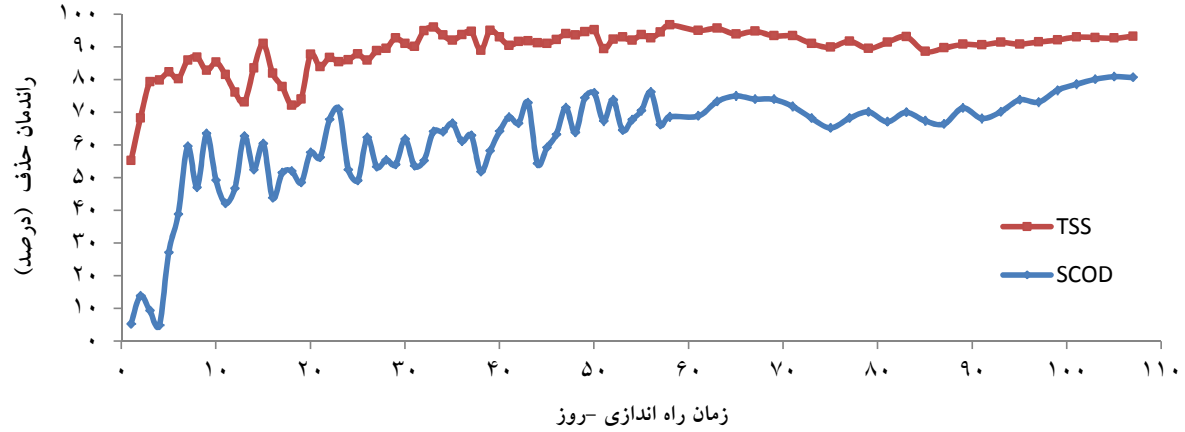
نمونه‌هـا به تعـداد ۴۴۸ عدد و بصورت یـک روز در میان از ورودی و خروجـی پایلوت و ۳ روز متوالی در پایان هر دوره از تغییرات HRT از همه بخش‌های راکتورها برداشـته شـد. به دلیل نوسـان کیفی و لحظـه‌ای فاضلاب ورودی و خروجی سامانه، نمونه‌برداری به‌صورت مرکب ۲۴ ساعته انجام گردید. آنالیـز نمونه‌هـای خروجی بـرای تعیین کارایی کلی سـامانه و نمونه‌هـای خروجـی هر بخش بـرای تعییـن عملکرد هر یک از بخش‌هـای راکتور بود. پارامترهـای $TP(PO_4)$, pH, SCOD, COD, (TCOD) BOD, TSS, TKN, $SO_4$, $NO_3$ و قلیائیـت به روش‌های اسـتاندارد متـد (۷) به ترتیب با روش رفلکس بسـته، pH متر، WTW، هضم پرسـولفات و رنگ‌سـنجی کلریـد قلع، دسـتگاه BOD متر اکسـی‌تاپ، دسـتگاه هضم، تقطیر ماکروکجدال HACH برای تبدیل ازت آلی به آمونیوم و سـپس روش رنگ‌سـنجی نسلر، وزن‌سنجی، کدورت‌سنجی، روش بروسین و تیتراسیون اندازه‌گیری گردید. برای خواندن غلظت پارامترهای $NO_3$, COD, $PO_4$, $NH_4$, $SO_4$ از دستگاه اسـپکترفتومتر HACH. DR ۵۰۰۰ استفاده گردیـد. بدلیل غلظت متغیر پارامترهـای خروجی، نمودارها و نتایج براساس داده‌های شرایط پایدار هر مرحله رسم شده‌اند و نتایج براساس آنها تحلیل شده است. بدلیل ماهیت کار و واقعی بودن فاضلاب و معیار رسـیدن به استانداردهای تخلیه پساب نیاز به آنالیز و مقایسـه آماری تخصصی داده‌ها نبود و داده‌ها با نرم افزار اکسل ۲۰۱۳ مورد سنجش قرار گرفت.

## یافته‌ها

**۱- راه‌اندازی سامانه و رسیدن به شرایط پایدار**

تغییرات مشـخص دوره راه‌اندازی بـا اندازه‌گیری پارامترهای SCOD, TSS, pH و قلیائیت در ورودی و خروجی راکتور پایش گردید. در اوایل این دوره پسـاب خروجی راکتور بدلیل شسته شدن ذرات معلق سبک و بیومس غیرزنده لجن کدر بود، طوریکه غلظت TSS و SCOD خروجی دارای نوسـان زیاد بود. تغییرات pH ورودی و خروجی راکتور در گسـتره ۷/۷-۷/۲ و ۷/۳-۸ بـود. بدلیل بالابودن قلیائیت فاضلاب ورودی و افزایـش ۱۱ درصـدی آن در خروجـی، pH خروجی برابر یا بالاتر از ورودی بود. با توجه به نمودار ۱ بعد از گذشـت ۱۰۳ روز غلظت SCOD خروجی به مقدار تقریبا ثابت mg/L ۶۸ و کارایـی حـذف ۸۸ درصـد و کارایی حـذف TSS نیز به مقدارتقریبـا ثابت ۹۳ درصد رسـید. این دوره مدت ۱۰۷ روز طول کشید.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:31 IRST on Wednesday January 11th 2017




نمودار ۱- عملکرد راکتور **FABR** در دوره راه‌اندازی

## ۲- کارایی سامانه‌ها در حذف TSS

نمودارهای ۲ و ۳ کارایی حذف TSS را در شرایط پایدار هر دو سامانه نشان می‌دهد. در سامانه FABR کاهش زمان ماند کارایی حذف TSS را کاهش داد اما بازده تغییرات معنادار و قابل توجهی در طول پژوهش نداشت و در هر دوره از تغییرات HRT با رسیدن سامانه به کارایی پایدار تقریبا ثابت ماند. در این سامانه در شرایط پایدار در HRT ۴۸، ۳۶، ۲۴، ۱۸ h به ترتیب برابر با ۱۵، ۱۸، ۲۰، ۲۴ mg/L بود. بیشترین حذف آن در زمان ماند ۴۸ h و به مقدار ۹۴/۶ درصد بود. در سامانه RABR این بازده در شرایط پایدار با افزایش جزئی از مقدار ۹۳/۱ در دور ۱۰ به ۹۴/۲ درصد در دور ۵۰ رسید. غلظت TSS خروجی در دورهای ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ به ترتیب ۱۹، ۱۸، ۱۷، ۱۶ و ۱۶ mg/L بود. در اوایل دور ۱۰ بدلیل تلاطم ناشی از چرخش بستر مدیا خروج TSS بیشتر بود اما بتدریج کاهش یافت و تقریبا ثابت گردید.

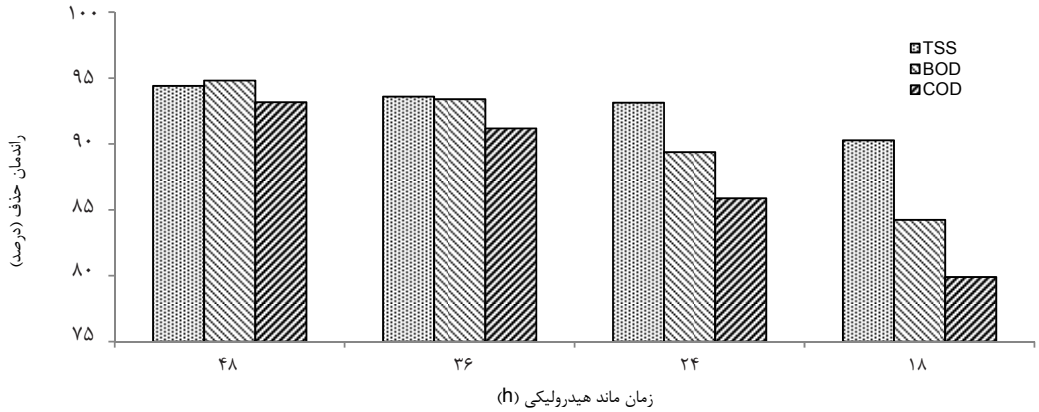
## ۳- کارایی راکتورها در حذف COD و BOD

هر ۴ مرحله HRT تا رسیدن به بازده ثابت و حداکثری حذف COD انجام شد و ادامه یافت. راکتور ۶۳ روز در زمان ماند ۴۸ h، ۵۵ روز در ۳۶ h، ۴۰ روز در ۲۴ h و ۱۷ روز در ۱۸ h راهبری شد و پس از نوسانات زیاد به عملکرد بهینه و تقریبا ثابت در هر دوره رسید. نمودار ۲ تغییرات حذف COD و BOD را نسبت به HRT نشان می‌دهد. کارایی حذف این پارامترها نسبت به کاهش HRT روند نزولی داشت، طوری که حذف COD در عملکرد پایدار سامانه FABR که در پایان دوره‌ها روی داد در زمان ماند ۴۸، ۳۶، ۲۴ و ۱۸ h به ترتیب ۹۳، ۹۱، ۸۶ و ۸۰ درصد رسید. راکتور فقط در زمان ماند ۴۸ و ۳۶ h توانست به استاندارد خروجی COD و BOD برسد که ۳۶ h زمان ماند بهینه بود. در RABR این مقدار در دورهای ۱۰ تا ۳۰ rpm تقریبا ثابت و برابر ۸۷ درصد، در دور ۴۰ rpm، ۸۹ درصد و در دور ۵۰ rpm به ۹۰ درصد رسید و سامانه در دور ۵۰ rpm با غلظت خروجی COD ۵۶mg/L و BOD ۲۶ mg/L به استاندارد خروجی دست یافت. نمودار ۳ کارایی RABR را نشان می‌دهد.

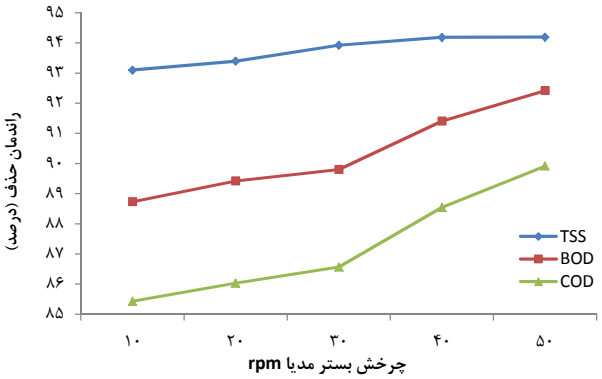
## ۴- عملکرد طولی یا بخشی راکتور FABR

در پایان هر دوره از تغییرات HRT بمدت ۳ روز متوالی عملکرد همه بخش‌های راکتور FABR با نمونه‌برداری از شیر برداشت آنها و انجام آزمایش‌های روتین ارزیابی گردید تا نقش هر یک از بخش‌ها در کارایی کلی راکتور تعیین گردد. با توجه به نمودار ۴ عمده حذف بارآلی در بخش‌های اول تا سوم انجام شد، طوریکه کارایی حذف تجمعی COD تا بخش ۳ در زمان ماند ۳۶، ۴۸ و ۲۴ h به ترتیب ۸۶/۴، ۸۴ و ۸۰ درصد بود. با کاهش زمان ماند سهم سایر بخش‌ها به‌تدریج افزایش یافت،

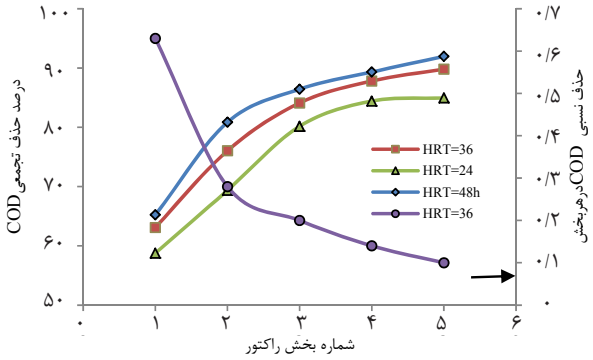
Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:31 IRST on Wednesday January 11th 2017




**نمودار ۲- کارایی FABR در حذف COD, BOD, TSS در شرایط پایدار پایانی هر دوره**




**نمودار ۳- کارایی RABR در حذف COD, BOD, TSS در شرایط پایدار پایانی هر دور**




**نمودار ۴- عملکرد طولی راکتور FABR در عملکرد پایدار هر HRT**

طوری‌که سهم دو بخش دارای مدیا روی هم در حذف COD ۵/۶، ۸ و ۱۰/۹ درصد بصورت تجمعی به ترتیب در HRT ۴۸، ۳۶ و ۲۴ h بود، یعنی با کاهش HRT نقش بخش دارای مدیا هم بیشتر شد. در HRT بهینه ۳۶ h حذف جزئی و مستقل COD در بخش اول ۰/۶۳، در بخش دوم ۰/۲۸، در بخش سوم و چهارم (دارای مدیا) ۰/۲ و ۰/۱۴ و بخش پنجم ۰/۱ بود. بازده بالا در بخش اول مربوط به حذف ۵۳ درصدی TSS است که بخش زیادی از آنرا COD ذره‌ای تشکیل می‌دهد. کارایی حذف تجمعی COD نیز در همین HRT از بخش اول تا پنجم به ترتیب ۶۳، ۷۶، ۸۴، ۸۸ و ۸۹/۸ درصد بود.

### ۵- کارایی راکتورها در حذف TKN و فسفر کل ($PO_4$)

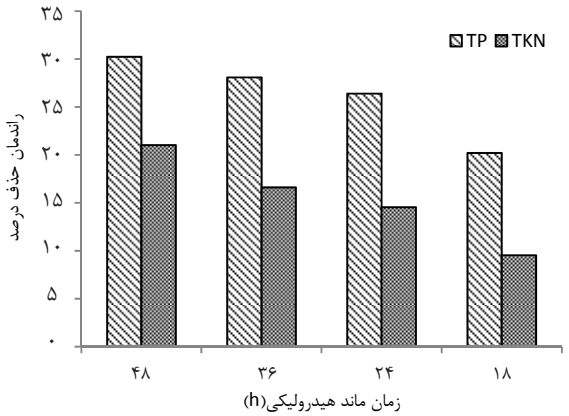
نمودار ۵ کارایی حذف TKN و TP را نسبت به HRT نشان می‌دهد. با وجود نوسان غلظت خروجی ازت و فسفر در هر دو راکتور در عملکرد پایدار سامانه FABR کارایی حذف TKN در HRT ۴۸، ۳۶، ۲۴ و ۱۸ h به ترتیب ۲۱، ۱۶/۶، ۱۴/۹ و ۹/۳ درصد و فسفر به ترتیب ۲۹/۹، ۲۸/۱، ۲۶/۶ و ۲۱ درصد بود. غلظت خروجی TKN و فسفر در HRT بهینه ۳۶ h برابر ۶۱/۲ mg/L و ۱۵/۹ بود. کارایی حذف این مواد در سامانه RABR مطابق با افزایش حذف COD افزایش داشت، طوریکه حذف TKN و فسفر کل از ۱۰/۷ و ۲۵/۴ درصد در دور ۱۰ rpm به ۱۶/۸ و ۲۸/۸ درصد و به غلظت خروجی ۵۲ و ۱۵/۹ mg/L در دور بهینه ۵۰ rpm رسید که نمودارهای ۶ و ۷ آن را نشان می‌دهد.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:31 IRST on Wednesday January 11th 2017

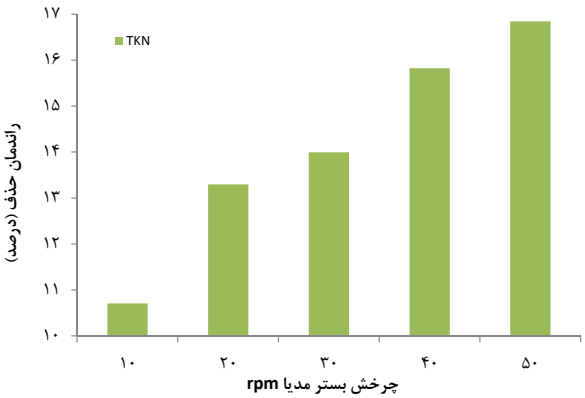
## بحث

در مقایسه با تحقیقات مشابه، بسته به نوع فاضلاب، شرایط آب و هوایی، کیفیت لجن اولیه و دمای فاضلاب که زمان راه‌اندازی را از ۵۷ تا ۱۲۸روز گزارش کرده‌اند (۱، ۸)، زمان نسبتا طولانی راه‌اندازی در این پژوهش ناشی از تغییرات کیفی ساعتی و روزانه فاضلاب ورودی و همچنین خوگرفتن لجن هوازی با شرایط بی‌هوازی و افت جزئی فصلی دمای فاضلاب بود. علاوه‌براین فاضلاب رقیق مانند نوع بهداشتی ذاتا نیروی انتقال جرم پایین بین سوبسترا و بیومس ایجاد می‌کند و باعث القای رشد و تکثیر باکتری‌های کند رشد مانند متانوسئتا در مرحله متان‌سازی که تعیین‌کننده‌ترین مرحله تصفیه بی‌هوازی است، می‌شود (۹). نمودار ۲ نشان می‌دهد که راندمان حذف TSS دارای کمترین شدت همبستگی ($R^2$=۰/۸۵) به HRT هست، یعنی با رسیدن به بیشترین بازده (بازده ثابت) مستقل از غلظت ورودی بوده و در همه زمان‌های ماند تغییرات معناداری نداشت. مکانیسم اصلی حذف TSS در این سامانه‌ها به‌دام افتادن آن در بستر لجن یا پتوی لجن شناور در هر بخش از راکتور هست (۱۰). علت خروج جزئی TSS هم تولید بیوگاز و بالا آمدن این مواد به همراه آن و شسته شدن بیومس در بخش آخر به دلیل فقر غذایی بیومس بود که نسبت ۵۸ درصدی VSS/TSS در خروجی راکتورها گواه علت آخر است. البته با توجه به ساختار سامانه نقش بخش آخر در زلال‌سازی نهایی پساب خروجی مهم‌تر است و می‌توان تامین استاندارد خروجی TSS را در همه زمان‌های ماند بویژه در h ۱۸ به نقش فیلتری مدیا نسبت داد.

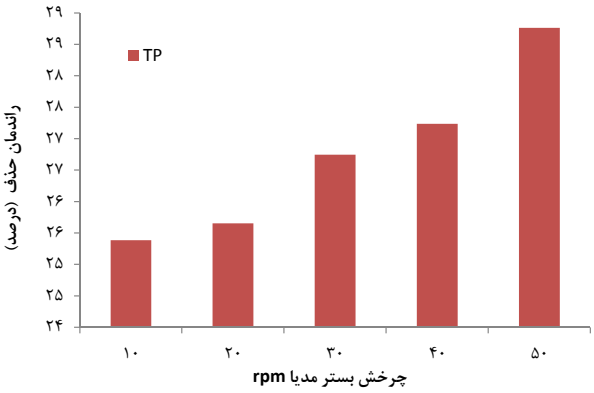
کارایی راکتورها تا رسیدن تدریجی به بازده تقریبا ثابت از نظر همه پارامترها نوسان داشت. محققین در سال ۱۹۸۲ هم حذف نامنظم مواد آلی را در فاضلاب بهداشتی در زمان ماند بالا در راکتور بافل‌دار بی‌هوازی گزارش کرده‌اند (۱۰). با توجه به نمودار ۲ کارایی حذف COD, BOD نسبت به کاهش HRT روند نزولی دارد و شدت همبستگی آنها به HRT




**نمودار ۵- کارایی راکتورFABR در حذف TKNو TPدر شرایط پایدار هرHRT**




**نمودار ۶- کارایی RABR در حذف TKN در شرایط پایدار هر دور**




**نمودار ۷- کارایی RABR در حذف TP در شرایط پایدار هر دور**

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:31 IRST on Wednesday January 11th 2017

یکسان و برابر ۰/۹۵ اســت. دلیل کاهش کارایی سامانه نسبت بــه کاهش HRT را این‌گونه می‌تــوان تحلیل کرد که: ۱) مدل سینتیکی حاکم بر رشد چســبیده و بستر لجن بیوفیلمی است، و در فرایندهای بیوفیلمی مرحله محدودکننده کارایی سیســتم، معمولا کاهش نرخ انتقال سوبســترا بــه بیوفیلم بوده و کارایی تصفیــه عمدتا بســتگی به زمــان ماند هیدرولیکــی و گرادیان غلظت سوبســترا دارد (۱۱)، بنابراین بــا کاهش زمان تماس و گرادیان غلظت در طول ســامانه میزان برخورد و نفوذ سوبسترا در بیوفیلــم کاهش می‌یابد. ۲) کاهش زمان ماند باعث افزایش فضای مرده هیدرولیکی و به‌تبع آن فضای مرده زیســتی بعنوان بخش غیرفعال بیومس می‌شود. ۳) با توجه به کندی متابولیسم باکتری‌های متان‌ســاز کاهش زمان ماند تعادل دینامیک فعالیت آنها را با باکتری‌های اسیدســاز از نظر مصرف پیوسته اسیدهای آلی که در مرحله اسیدسازی تولید شده، بهم می‌زند (۱۲). ۴) با کاهش HRT به دلیل محدودیت سوبسترا بویژه در بخش‌های پایانی ســامانه عمده مواد آلی برای کســب انرژی بکار رفته و سنتز ســلولی کاهش می‌یابد (۱۳). با توجه به تحقیقات مشابه قبلــی که با راکتور بافل‌دار بی‌هوازی روی فاضلاب شــهری یا بهداشــتی کار کرده‌اند (۱۰، ۱۳، ۱۴) راندمان حذف COD در این تحقیق نســبت به برخی از آنهــا که به کارایی حذف ۶۸ تا ۷۹ درصدی COD رســیده بودند، بیشــتر بود که علت آن را بــه HRT بالا، راه‌اندازی بلندمدت و موفق، غلظت بالای لجن و نهایتا کاربرد مدیا در بخش مناســب ســامانه می‌توان نسبت داد. مدیا باکتری‌های هم‌زیســت را کنار هم نگه داشته و سطح تماس بیومس با سوبســترا را افزایش می‌دهد و توزیع سوبسترا و بیومس را در کل محیط یکنواخت می‌کند و لذا میزان حذف مــواد آلی تا حــد قابل‌توجهی نســبت به لجن معلــق افزایش می‌یابد (۱۵). در مجموع ســرعت خطــی فاضلاب در راکتور، ارتفاع لجن، مشــخصات لجن اولیه و نوع آن، توزیع گونه‌های میکروبــی و هیدرولیک جریان و نحــوه راه‌اندازی بر عملکرد راکتور مؤثــر بوده و در مقادیر بهینه آنها میزان حذف مواد آلی تا حــد قابل‌توجهی افزایش می‌یابــد (۱۶). به‌طور میانگین ۸۵ درصد COD خروجی را SCOD تشکیل می‌داد که مهمترین علت آن حذف بالای TSS است. SCOD خروجی می‌تواند ناشــی از عدم تجزیه و یا حذف برخــی ترکیبات آلی محلول مقاوم مانند لیگنین، تانین، سورفاکتانت و اسیدهای هیومیک و محصولات متابولیکی میکروبی باشــد. رابطه زیر موازنه جرمی COD را در یک سامانه بی‌هوازی نشان می‌دهد (۱۷). مکانیسم حذف مواد آلی در این ســامانه‌ها حــذف تقریبا کامل COD ذره‌ای در بســتر لجن، مصرف بخشــی از COD برای احیای سولفات و نیترات و تبدیل بخش دیگر به متان بوده است.

$$TCOD_{in} = TCOD_{out} (COD_{particle.out}+COD_{soluble\ out}+ COD_{CH4.g}+COD_{CH4.aq}+COD_{biomass}+COD_{SO4})$$

بــا توجه به نمــودار ۳ کارایــی RABR فقــط در دور ۴۰ و ۵۰ rpm نســبت به FABR با زمــان ماند ۲۴ h افزایش قابل توجه داشــت و راکتور توانست در دور ۵۰ rpm به استاندارد خروجی COD و BOD برســد. افزایــش ۴، ۳ و۲ درصدی کارایی حذف COD، فسفر و ازت نسبت به راکتور قبلی ناشی از اختلاط فاضلاب، چرخش بستر مدیا و انبساط مدیا، کاهش ضخامت لایه مرزی (لایه انتشــاری سوبســترا به بیومس) و در نتیجه افزایش انتقال جرم به بیومس و دفع سریعتر متابولیت‌های سمی میکروبی از محیط است (۱۸). Moussavi و همکاران نیز در دور ۲۰ rpm با ســامانه سیکلی با بستر مدیای چرخان موفق به افزایش ۲۰ درصدی حذف COD نســبت به بســتر ثابت در فاضلاب ســنتتیک شــده بودند. مهمترین تاثیر تحرک مدیــا یا ایجاد اختلاط در لجن افزایش میزان و ســرعت انتقال جرم به بیومس است (۱۹).

حضــور $O_2$، $NO_3$ و $SO_4$ در فاضــلاب شــهری می‌توانــد فراینــد تصفیه بی‌هــوازی را به تاخیر انداخته یــا کارایی آن را کاهش دهد، چرا که این مواد پتانســیل اکسیداســیون فاضلاب را بالا نگــه می‌دارند، بنابراین باکتری‌های متان‌ســاز نیازمندند تا شــرایط احیایی با حذف این مواد توســط سایر باکتری‌ها در بخش‌های نخســت ســامانه رخ دهد و با کاهش تدریجی این پتانسیل در طول راکتور شرایط متان‌سازی فراهم شود. از طرفی

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:31 IRST on Wednesday January 11th 2017

با وجود سولفات باکتری‌های احیاکننده سولفات به‌عنوان رقیب باکتری‌های متان‌زا عمل کرده و بخشی از استات را که خوراک اصلی باکتری‌های متان‌زاست، مصرف می‌کنند (۲۰). براین اساس غلظت سولفات و نیترات در طول تحقیق پایش گردید که به‌طور میانگین سولفات ۶۵/۷ درصد در FABR حذف شد و بیشترین حذف یعنی ۷۵ درصد در زمان ماند h ۴۸ بود. نیترات نیز بطور میانگین ۳۹/۳ درصد حذف شد که مجددا بیشترین حذف در h ۴۸ بود. روند حذف سولفات و نیترات در طول راکتورها نزولی بود و حذف آنها عمدتا در بخش‌های دوم و سوم روی داد. غلظت سولفات و نیترات خروجی ۲۹/۶ و ۱/۵۹ mg/L بطور میانگین در طول تحقیق بود یعنی اینکه باکتری‌های بی‌هوازی اختیاری که از سولفات و نیترات به‌عنوان الکترون‌گیرنده استفاده می‌کنند در همه بخش‌ها وجود دارند و امکان جدایی مکانی و زمانی کامل فاز متان‌زایی از اسیدزایی در فاضلاب شهری وجود ندارد. با مقایسه روند حذف COD در نمودار ۴ این نکته تایید می‌شود که راهبری این نوع راکتور در زمان‌های ماند بالا مانند h ۲۴ و بالاتر تا حد زیادی مستقل از خاصیت بافل‌بندی آن است و به دلیل اینکه جدایی فاز اسید و متان‌سازی به‌طور کامل اتفاق نمی‌افتد، در بخش‌های اولیه بیشتر مواد آلی و حتی مواد مغذی حذف شده و کارآمدی سامانه تفاوت چندانی در طول خود نمی‌کند، لذا عملا سامانه از تمام توانایی خود استفاده نمی‌کند، و بایستی بافل‌بندی و طراحی آن با توجه به نوع کاربریش بهینه گردد (۴). اگر این سامانه برای تصفیه متمرکز فاضلاب شهری بکار رود بایستی بنابر HRT مناسب هر فاز تصفیه بی‌هوازی یعنی با اندازه متناسب بخش‌ها طراحی گردد. مثلا بخش‌های آخر آن به دلیل کندی متابولیسم باکتری‌های متان‌ساز بزرگ‌تر از بقیه باشد و سامانه با تعداد بافل‌های بیشتر اما HRT پایین‌تر کار کند.

در شرایط بی‌هوازی سه مسیر برای حذف ازت وجود دارد، فرارسازی آمونیاک، احیای نیترات و سنتز سلولی. در pH زیر ۸ در راکتور کمتر از ۵ درصد ازت آمونیاکی به فرم آمونیاک است و بقیه به فرم یون آمونیوم است لذا سهم فرارسازی در حد ۲ درصد بوده و از آن سنتز سلولی بیشترین مقدار است. با توجه به حذف ازت بیشتر از مورد نیاز سنتز سلولی، ممکن است مکانیسم‌های دیگر حذف چون اکسیداسیون بی‌هوازی آمونیوم (آناماکس) نیز روی داده باشد (۲۱). جذب سطحی و متابولیسم سلولی هم دو راه عمده برای حذف فسفر است (۲۲). با توجه به نمودار ۵ کارایی حذف ازت و فسفر با زمان ماند رابطه مستقیم دارد و شدت همبستگی آنها به ترتیب ۰/۹۷ و ۰/۹ است که نشان می‌دهد تاثیر کاهش زمان ماند بر حذف ازت مؤثرتر از فسفر بوده است. حذف بیشتر فسفر نسبت به ازت منطبق با نتایج مطالعه Dongshen است، که به حذف ۱۹ و ۳۰ درصدی ازت و فسفر در راکتور بافل‌دار بی‌هوازی رسیده بود (۱۱) نسبت N/P در ورودی ۹/۲ و در خروجی برابر ۳/۵ بود که نشان می‌دهد فسفر به نسبت بیشتر مصرف شده است که می‌توان دلیل آن را حذف اضافی فسفر بصورت جذب سطحی لخته‌ها و ترسیب آن به شکل فسفات کلسیم، منیزیم و یا ترکیبات آلی دانست (۲۳). ضعف این سامانه همانند برخی روش‌های رایج تصفیه فاضلاب (۲۴)، عدم تامین استاندارد خروجی مواد مغذی و نیاز به تصفیه تکمیلی در فاضلاب شهری است، به همین خاطر این سامانه در جوامع کوچک و یا مناطقی که زمین کافی برای تصفیه طبیعی دارند مناسب است. با وجود این می‌توان این سامانه را با فرایندهای تلفیقی کم هزینه مانند انعقاد الکتریکی تا حد تصفیه هوازی ارتقا داد (۲۵). از کاستی این پژوهش نیز می‌توان به بررسی عملکرد سامانه و پایداری آن در دبی‌های متغیر که عملا در تصفیه فاضلاب شهری وجود دارد، اشاره کرد. همچنین با پایش پتانسیل اکسیداسیون و احیا و میزان متان تولیدی می‌توان کنترل بیشتری بر فرایند داشت که در این تحقیق بدلیل نبود امکانات میسر نشد.

## نتیجه‌گیری

با توجه به عملکرد FABR در رسیدن به استاندارد خروجی COD, BOD و TSS در HRT h ۳۶ و مزیت آن در

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:31 IRST on Wednesday January 11th 2017

نداشـــتن بخش متحرک و انرژی‌بر، این ســـامانه گزینه بهتری نســـبت به RABR برای تصفیه فاضلاب شهری است. البته می‌توانـــد کارایـــی آن با ایجـــاد تغییرات طراحـــی و راهبری مطالعـــه ارتقـــا یابد. با توجه بـــه حذف ناکافـــی مواد مغذی ضروری اســـت پســـاب خروجی این نـــوع راکتورها با یک روش هوازی یا طبیعی مانند وتلند تصفیه تکمیلی گردد و یا بـــا توجه به مفید بودن خروجی راکتور در آبیاری زمین‌هایی با خاک کشـــاورزی فقیر بصورت زیرســـطحی مورد استفاده قرار گیرد.

## تشکر و قدردانی

ایـــن پژوهـــش حاصـــل بخشـــی از پایان‌نامه مقطـــع دکترای مهندســـی بهداشت محیط در دانشـــگاه تربیت مدرس با عنوان "بررســـی کارایی راکتورهای بافل‌دار بی‌هوازی با بســـترمدیای ثابت و چرخان برای تصفیه فاضلاب شهری" است که در سال ۹۳-۹۴ اجرا شده است. نویسندگان این مقاله از حمایت دانشگاه تربیت مدرس و نیز شرکت آب و فاضلاب آذربایجان غربی و مســـئولان تصفیه‌خانه فاضلاب خوی در فراهم آوردن امکانات لازم جهت انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می‌نمایند.

## منابع

1. Reynaud N, Buckley C. The anaerobic baffled reactor (ABR) treating communal wastewater under mesophilic conditions: a review. Water Science and Technology. 2016;73(3):463-78.
2. Zhu G, Zou R, Jha AK, Huang X, Liu L, Liu C. Recent developments and future perspectives of anaerobic baffled bioreactor for wastewater treatment and energy recovery. Critical Reviews in Environmental Science and Technology. 2015;45(12):1243-76.
3. Ji G, Sun T, Ni J, Tong J. Anaerobic baffled reactor (ABR) for treating heavy oil produced water with high concentrations of salt and poor nutrient. Bioresource Technology. 2009;100(3):1108-14.
4. Hahn MJ, Figueroa LA. Pilot scale application of anaerobic baffled reactor for biologically enhanced primary treatment of raw municipal wastewater. Water Research. 2015;87:494-502.
5. Foresti E, Zaiat M, Vallero M. Anaerobic processes as the core technology for sustainable domestic wastewater treatment: Consolidated applications, new trends, perspectives, and challenges. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology. 2006;5(1):3-19.
6. Safoniuk M. Wastewater engineering: Treatment and reuse. Chemical Engineering. 2004;111(7):10-12.
7. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st ed. Washington DC: American Public Health Association; 2005.
8. Sarathai Y, Koottatep T, Morel A. Hydraulic characteristics of an anaerobic baffled reactor as onsite wastewater treatment system. Journal of Environmental Sciences. 2010;22(9):1319-26.
9. Elyasi S, Amani T, Dastyar W. A Comprehensive Evaluation of Parameters Affecting Treating High-Strength Compost Leachate in Anaerobic Baffled Reactor Followed by Electrocoagulation-Flotation Process. Water, Air and Soil Pollution. 2015;226(4):1-14.
10. Bodkhe S. A modified anaerobic baffled reactor for municipal wastewater treatment. Journal of Environmental Management. 2009;90(8):2488-93.
11. Ødegaard H. Innovations in wastewater treatment:–the moving bed biofilm process. Water Science and Technology. 2006;53(9):17-33.
12. Ghaniyari-Benis S, Martín A, Borja R. Kinetic modelling and performance prediction of a hybrid anaerobic baffled reactor treating synthetic wastewater at mesophilic temperature. Process Biochemistry. 2010;45(10):1616-23.
13. Feng H, Hu L, Mahmood Q, Qiu C, Fang C, Shen D. Anaerobic domestic wastewater treatment with bamboo carrier anaerobic baffled reactor. International Biodeterioration & Biodegradation. 2008;62(3):232-38.
14. Foxon K, Pillay S, Lalbahadur T, Rodda N, Holder F, Buckley C. The anaerobic baffled reactor (ABR):

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:31 IRST on Wednesday January 11th 2017

an appropriate technology for on-site sanitation. Water SA. 2007;30(5):44-50.
15. Del Pozo R, Diez V. Organic matter removal in combined anaerobic–aerobic fixed-film bioreactors. Water Research. 2003;37(15):3561-68.
16. Wang J, Huang Y, Zhao X. Performance and characteristics of an anaerobic baffled reactor. Bioresource Technology. 2004;93(2):205-208.
17. Nachaiyasit S, Stuckey DC. The effect of shock loads on the performance of an anaerobic baffled reactor (ABR). 2. Step and transient hydraulic shocks at constant feed strength. Water Research. 1997;31(11):2747-54.
18. Aghapour AA, Moussavi G, Yaghmaeian K. Investigating the performance of a novel cyclic rotating-bed biological reactor compared with a sequencing continuous-inflow reactor for biodegradation of catechol in wastewater. Bioresource Technology. 2013;138:369-72.
19. Aghapour AA, Moussavi G, Yaghmaeian K. Degradation and COD removal of catechol in wastewater using the catalytic ozonation process combined with the cyclic rotating-bed biological reactor. Journal of Environmental Management. 2015;157:262-66.
20. Bayrakdar A, Sahinkaya E, Gungor M, Uyanik S, Atasoy AD. Performance of sulfidogenic anaerobic baffled reactor (ABR) treating acidic and zinc-containing wastewater. Bioresource Technology. 2009;100(19):4354-60.
21. Hajsardar M, Borghei SM, Hassani AH, Takdastan A. Optimization of nitrogen removal from synthetic wastewater by eliminating nitrification step of a fixed-film bed reactor. Iranian Journal of Health and Environment. 2016;9(1):69-80 (in Persian).
22. Lu J, Gavala HN, Skiadas IV, Mladenovska Z, Ahring BK. Improving anaerobic sewage sludge digestion by implementation of a hyper-thermophilic prehydrolysis step. Journal of Environmental Management. 2008;88(4):881-89.
23. Wu P, Ji X, Song X, Shen Y. Nutrient removal performance and microbial community analysis of a combined ABR–MBR (CAMBR) process. Chemical Engineering Journal. 2013;232:273-79.
24. Azhdarpoor Esfanabadi A, Mohammadi P, Dehghani M. Evaluation of modified anoxic/aerobic sequencing batch reactor (SBR) performance for the removal of organic matter and nitrogen from wastewater. Iranian Journal of Health and Environment. 2015;7(4):531-40.
25. Gholikandi GB, Jamshidi S, Hazrati H. Optimization of anaerobic baffled reactor (ABR) using artificial neural network in municipal wastewater treatment. Environmental Engineering and Management Journal. 2014;13(1):95-104.

Downloaded from ijhe.tums.ac.ir at 9:31 IRST on Wednesday January 11th 2017

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

Original Article

# Performance Evaluation of Fixed and Rotating Bed Anaerobic Baffled Reactors for Municipal Wastewater Treatment

M Aqanaghad[1], G Moussavi[2,*]

1. Ph.D Student, Department of Environmental Health, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2. Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

**ARTICLE INFORMATIONS:**

**Received:** 9 May 2016
**Revised:** 18 July 2016
**Accepted:** 26 July 2016
**Published:** 20 December 2016

**Key words:** Anaerobic baffled reactor, Fixed bed, Rotating bed, Municipal wastewater treatment, *Khoy* City

***Corresponding Author:**
*moussavi@modares.ac.ir*

**ABSTRACT**

**Background and Objective**: Being low cost of building and operation, anaerobic baffled reactor is considered superior to aerobic methods of wastewater treatment, especially for small communities. However, it needs to be studded for upgrade and overcome of its limitations. The purpose of this study was to evaluate the performance of FABR and RABR reactors for the municipal wastewater treatment at laboratory scale and in field conditions to determine their optimum conditions in reaching effluent discharge standards.

**Materials and Methods**: This study was conducted in Khoy wastewater treatment plant. FABR was operated for 267 days with hydraulic retention time of 18-48 h and RABR was operated for 90 days with media bad rotation of 10-50 rpm. The reactors were fed in line from the wastewater canal. Using composite sampling, 224 samples were taken from the inflow and outflow of the reactors and each sample was analyzed for parameters of COD, BOD, TSS, VSS, TKN, and TP.

**Results:** The reactor startup took about 107 days. FABR removal efficiency was 93-80, 21-10, and 30-21% for COD, TKN, and $PO_4$ respectively at HRT of 48-18 h. FABR reached effluent disposal standard of TSS, COD, and BOD in all conditions and optimum HRT of 36 h. RABR reached to these standards at HRT 24 h and 50 rpm. However, none of them could meet the nutrient effluent standards.

**Conclusion**: FABR is an appropriate system for municipal wastewater treatment but for reaching N and P effluent standard, it should be combined with aerobic post-treatment. Moreover, in order to reuse the reactor's nutrient-rich effluent for irrigation; it can be reused as subsurface irrigation.

*Please cite this article as: Aqanaghad M, Moussavi G. Performance evaluation of fixed and rotating bed anaerobic baffled reactors for municipal wastewater treatment. Iranian Journal of Health and Environment. 2016;9(3):421-32.*