

## بررسی کارایی فناوری بیورآکتور غشایی مستغرق در تصفیه فاضلاب شهری (مطالعه موردی: فاضلاب خام ورودی به تصفیه خانه فاضلاب کرج)

علی نقی زاده<sup>۱</sup>، الهام درخشانی<sup>۱\*</sup>

۱. گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، بیرجند، ایران  
\* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۵۶۱۸۱۴۵۴۴۱ - فکس: ۰۵۶۱۸۱۴۵۸۶۹ - ایمیل: el.derakhshani@yahoo.com

### چکیده

**زمینه و هدف:** بیورآکتورهای غشایی یکی از روش‌های نوین و پیشرفته تصفیه فاضلاب می‌باشند. بیورآکتورهای غشایی مستغرق که در آنها حوض ته نشینی ثانویه حذف شده و غشاهای مستقیماً در داخل تانک هوادهی قرار می‌گیرند، به علت مزایای متعدد، از جمله کیفیت خروجی بهتر و مطمئن‌تر در طی سال‌های اخیر توجه بیشتری را به خود معطوف داشته‌اند.

**روش کار:** در مطالعه حاضر، کارایی سیستم بیورآکتور غشایی مستغرق در مقیاس پایلوت در حذف نیاز اکسیژنی شیمیایی (میانگین COD فاضلاب ورودی  $230/6 \pm 18/8 \text{ mg/L}$ )، مواد معلق کل (میانگین TSS ورودی  $44/3 \pm 6/1 \text{ NTU}$ ) و کدورت بر حسب واحد کدورت نفلومتری (میانگین کدورت فاضلاب ورودی  $10/4/2 \pm 19/4 \text{ mg/L}$ ) از فاضلاب شهری وارده به تصفیه خانه فاضلاب کرج در فصل زمستان در زمان‌های ماند هیدرولیکی مختلف (۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ ساعت) مورد بررسی قرار گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج این مطالعه نشان داد که در زمان ماند هیدرولیکی تانک هوادهی معادل ۴ ساعت، میانگین غلظت‌های COD، TSS و کدورت خروجی به ترتیب برابر  $9/2 \text{ mg/L}$ ، کمتر از  $1 \text{ mg/L}$  و  $0/3 \text{ NTU}$ ، در زمان ماند هیدرولیکی ۶ ساعت، مقادیر فوق به ترتیب برابر  $7/3 \text{ mg/L}$ ، کمتر از  $1 \text{ mg/L}$  و  $0/28 \text{ NTU}$ ، در زمان ماند هیدرولیکی ۸ ساعت، این مقادیر به ترتیب برابر  $7 \text{ mg/L}$ ، کمتر از  $1 \text{ mg/L}$  و  $0/25 \text{ NTU}$ ، در زمان ماند هیدرولیکی ۱۰ ساعت، مقادیر فوق به ترتیب برابر  $6/2 \text{ mg/L}$ ، کمتر از  $1 \text{ mg/L}$  و  $0/17 \text{ NTU}$  و در زمان ماند هیدرولیکی ۱۲ ساعت، مقادیر فوق به ترتیب برابر  $4/3 \text{ mg/L}$ ، کمتر از  $1 \text{ mg/L}$  و  $0/16 \text{ NTU}$  بود.

**نتیجه‌گیری:** این تحقیق نشان داد که سیستم بیورآکتور غشایی مقادیر COD، TSS و کدورت را در تمام زمان‌های ماند هیدرولیکی مورد مطالعه در مقایسه با سیستم‌های متعارف تصفیه فاضلاب با درصدهای بالایی حذف نمود. بنابراین می‌توان از تکنولوژی SMBR در شرایط دمایی پایین برای تصفیه فاضلاب استفاده نمود.

**واژه‌های کلیدی:** تکنولوژی بیورآکتور غشایی، COD، فاضلاب شهری

دریافت: ۹۲/۱۲/۲۱ پذیرش: ۹۳/۸/۱۷

### مقدمه

رشد بی‌رویه جمعیت، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، پراکندگی غیریکنواخت منابع آب و خشکسالی‌های متناوب، بشر را وادار کرده است که به دنبال منابع جدید تامین آب باشد (۱). تخلیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی به آب‌های سطحی و

زیرزمینی از نظر زیست محیطی بسیار خطرناک می‌باشد (۲). از آنجایی که جداسازی فاز مایع- جامد در تصفیه بیولوژیکی فاضلاب نسبتاً مشکل است، استفاده از فرآیند بیورآکتور غشایی<sup>۱</sup> به طور گسترده در زمینه تصفیه پیشرفته فاضلاب و استفاده

<sup>۱</sup> Membrane Bioreactors: MBR

هیدرولیکی و سلولی از اهمیت زیادی برخوردارند، به طور کلی زمان‌های هیدرولیکی کوتاه باعث کاهش اندازه تأسیسات و هزینه راهبری و نگهداری می‌شود. نابلاک<sup>۴</sup> و همکاران رابطه بین زمان ماند سلولی (SRT)<sup>۵</sup> و نرخ رشد ویژه میکروارگانسیم‌ها را در مقیاس پایلوت و مقیاس کامل برای تصفیه فاضلاب نفتی بررسی کردند (۱۱). تروو<sup>۶</sup> و همکاران به این نتیجه رسیدند که میزان تولید لجن در سیستم MBR بسیار کمتر از فرآیندهای لجن فعال است (۱۲). نقی زاده و همکاران نیز کارایی فرآیند تصفیه را در سیستم MBR در زمان‌های ماند سلولی مختلف مورد بررسی قرار دادند (۱۳). سیستم بیورآکتور غشایی در مطالعات مختلف برای تصفیه فاضلاب‌هایی با COD<sup>۷</sup> بین ۱۰۰ تا ۴۰۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و زمان‌های ماند هیدرولیکی بین ۴ ساعت تا چند روز نیز مورد استفاده قرار گرفته است (۱۵، ۱۴). فلاح و همکاران نیز اثر زمان ماند هیدرولیکی را بر کارایی سیستم MBR مورد مطالعه قرار دادند (۱۶).

با توجه به اینکه اکثر سیستم‌های بیورآکتور غشایی مورد مطالعه با استفاده از فاضلاب سنتتیک و در شرایط ثابت آزمایشگاهی مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند، در این مطالعه تلاش گردید تا این سیستم در شرایط واقعی و با استفاده از فاضلاب خام ورودی به تصفیه خانه فاضلاب کرج، در فصل زمستان که اکثر سیستم‌های تصفیه فاضلاب در این فصل از کارایی پایینی برخوردارند، مورد آزمایش قرار گیرد. در این مطالعه عملکرد سیستم بیورآکتور غشایی در زمان‌های ماند هیدرولیکی مختلف (HRTs)<sup>۸</sup> در حذف COD، TSS و کدورت از فاضلاب خام مورد بررسی قرار گرفت.

مجدد از پساب مورد توجه قرار گرفته است (۳). همچنین این فناوری با توجه به نیاز بالقوه به دستیابی به پساب‌هایی با حداکثر کیفیت، جهت تطابق با استانداردهای سخت‌گیرانه پساب خروجی در تصفیه فاضلاب شهری و صنعتی از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار شده است. فناوری بیورآکتور غشایی به طور گسترده به عنوان سیستمی که هم از فرآیند بیولوژیکی و هم فیلتراسیون غشایی جهت تصفیه فاضلاب استفاده می‌کند، تعریف می‌شود. این سیستم‌ها توانایی بالایی در حذف آلاینده‌های آلی و غیرآلی و مواد بیولوژیکی دارند (۵، ۴). سیستم بیورآکتور غشایی مشتمل بر دو سیستم برای تصفیه فاضلاب می‌باشد؛ یکی فرآیند لجن فعال برای حذف آلاینده‌های قابل تجزیه بیولوژیکی و دیگری سیستم فیلتراسیون غشایی برای جداسازی فاز جامد-مایع، که در حقیقت این فرآیند در سیستم‌های متداول در تانک ته‌نشینی ثانویه انجام می‌شود (۷، ۶). سیستم‌های متداول تصفیه بیولوژیکی فاضلاب از یک تانک هوادهی، زلال‌ساز ثانویه و در صورت امکان از فیلتراسیون برای تصفیه ثالثیه استفاده می‌کنند. سیستم MBR از غشاهای میکروفیلتراسیون و اولترافیلتراسیون برای نگهداری کامل مواد جامد در داخل تانک هوادهی استفاده می‌کند که این عمل باعث افزایش غلظت مواد جامد مایع مخلوط (MLSS)<sup>۱</sup> و همچنین مواد میکروبی در داخل بیورآکتور می‌شود (۸). مزایای سیستم بیورآکتور غشایی در مقایسه با سیستم‌های متداول تصفیه فاضلاب عبارتند از: ۱- کیفیت بی‌نظیر پساب خروجی؛ ۲- تأسیسات فشرده و متراکم و در نتیجه اشغال فضای فیزیکی کمتر؛ ۳- حذف مشکلات مربوط به تانک ته‌نشینی از جمله بالکنینگ<sup>۲</sup> و رایزینگ<sup>۳</sup> (۱۰، ۹). در راهبری و عملکرد سیستم MBR، زمان ماند

<sup>4</sup> Knoblock

<sup>5</sup> Solids Retention Time: SRT

<sup>6</sup> Trouve

<sup>7</sup> Chemical Oxygen Demand: COD

<sup>8</sup> Hydraulic Retention Times: HRTs

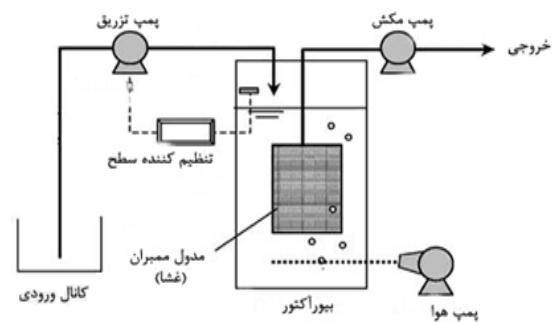
<sup>1</sup> Mixed Liquor Suspended Solids: MLSS

<sup>2</sup> Bulking

<sup>3</sup> Rising

## روش کار

در این مطالعه برای بررسی کارایی سیستم MBR در زمان‌های ماند هیدرولیکی مختلف از مقیاس پیلوت استفاده شد. پیلوت مورد استفاده در این تحقیق شامل یک تانک هوادهی اختلاط کامل بود که غشای هالوفایبر در داخل آن قرار داشت. شماتیک پیلوت سیستم بیورآکتور غشایی مورد استفاده در این تحقیق در شکل ۱ نشان داده شده است. ابعاد (طول×عرض×ارتفاع) تانک به ترتیب ۵۰×۲۵×۶۰ سانتیمتر بود که حجم مؤثر تانک هوادهی ۸ لیتر بود. غشای مورد استفاده از جنس پلی پروپیلن با قطر منافذ ۰/۱ میکرون و سطح فیلتراسیون ۴ متر مربع ساخته شده بود.



شکل ۱. شماتیک پیلوت سیستم بیورآکتور غشایی

کلرید فریک، سولفات منگنز و کلرید کلسیم با نسبت‌های معین استفاده گردید (۱۳). مشخصات مواد شیمیایی مورد استفاده برای ساخت فاضلاب سنتتیک و مقادیر آنها به منظور راه‌اندازی رآکتور در جدول ۱ نشان داده شده است. پس از رسیدن غلظت MLSS به حد ۱۵-۱۳ گرم در لیتر، پیلوت به قسمت ورودی فاضلاب به تصفیه‌خانه فاضلاب کرج منتقل گردید. فاضلاب خام توسط یک پمپ تزریق از کانال فاضلاب به داخل تانک هوادهی پیلوت پمپ می‌شد. هوادهی توسط دیفیوژرهای تعبیه شده در قسمت تحتانی غشا صورت می‌گرفت. هوادهی هم نقش تأمین اکسیژن، اختلاط و جلوگیری از گرفتگی غشا را به عهده داشت. در واقع حباب‌های درشت هوا در هنگام بالارفتن، باعث زدودن مواد انباشته شده در سطح غشا می‌شدند.

یک پمپ مکش که توسط یک زمان‌سنج، هر ۱۰ دقیقه یکبار بمدت چهار دقیقه خاموش می‌شد، پساب را از داخل غشا مکش می‌نمود. در موقع خاموشی پمپ مکش، هوادهی برای رفع مواد جمع شده بر سطح غشا انجام می‌شد و بنابراین در طول مدت آزمایش گرفتگی منافذ غشا اتفاق نیفتاد. برای نگهداری سطح ثابت فاضلاب در تانک هوادهی از یک تنظیم‌کننده سطح<sup>۱</sup> استفاده گردید. با استفاده از این تنظیم‌کننده سطح، در مواقعی که سطح فاضلاب در رآکتور هوادهی از سطح معینی بالاتر می‌رفت، پمپ ورودی خاموش می‌شد و برعکس وقتی سطح فاضلاب پایین‌تر می‌رفت، پمپ مکش در خروجی خاموش می‌گردید. زمان‌های ماند هیدرولیکی مختلف با تنظیم دبی پمپ‌های تغذیه و مکش مورد آزمایش قرار گرفتند. آنالیزها در پنج زمان ماند هیدرولیکی ۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ ساعت انجام گرفت. در هر زمان ماند هیدرولیکی، پس از رسیدن سیستم به حالت پایداری، به مدت هشت روز در حالت پایداری نمونه‌برداری گردید. در هر زمان ماند مقادیر

جدول ۱. مواد شیمیایی مورد استفاده برای تهیه فاضلاب سنتتیک

نام ماده شیمیایی	فرمول	واحد	مقدار
گلوکز	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	گرم	۴۰
فسفات‌هیدروژن پتاسیم	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	گرم	۵/۳۳
سولفات آمونیوم	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	گرم	۱۹/۷۸
سولفات منیزیم	MgSO <sub>4</sub>	گرم	۱/۳۶
کلرید کلسیم	CaCl <sub>2</sub>	گرم	۰/۱۳۶
کلرید آهن	FeCl <sub>3</sub>	گرم	۰/۰۰۶۶
سولفات منگنز	MgSO <sub>4</sub>	گرم	۰/۰۶۷
بی‌کربنات سدیم	NaHCO <sub>3</sub>	گرم	۱۹/۸۵

جهت راه‌اندازی رآکتور، تانک هوادهی با حجم کافی از لجن فعال خط برگشت لجن پر می‌گردید. برای رسانیدن غلظت MLSS به ۱۵-۱۳ گرم در لیتر، از مواد مغذی مثل گلوکز، سولفات آمونیوم، فسفات هیدروژن پتاسیم، سولفات منیزیم، بی‌کربنات سدیم،

<sup>۱</sup> Level Sensor

TSS و کدورت آزمایش گردید و نتایج زیر حاصل شد:

میزان حذف COD با توجه به اینکه این مطالعه در فصل زمستان انجام گرفت و اینکه دمای پایین بر فعالیت میکروارگانیسم‌ها تأثیر منفی می‌گذارد، در کل مراحل مطالعه بیشتر از ۹۶ درصد بود. متوسط راندمان COD در کل مراحل آزمایش در جدول ۳ و شکل ۲ ارائه شده است.

در جدول ۴ و شکل ۳ میزان حذف مواد معلق توسط سیستم بیورآکتور غشایی نشان داده شده است. میزان حذف TSS و همچنین غلظت TSS خروجی با تغییرات زمان ماند هیدرولیکی تغییرات چندانی نشان نداد. با توجه به شکل ۳ و جدول ۴ به علت اینکه سیستم MBR برای حذف جامدات از غشاهای میکروفیلتراسیون استفاده می‌کند، کارایی حذف TSS در کل شرایط بهره‌برداری سیستم بیشتر از ۹۹ درصد بود و همچنین غلظت TSS خروجی در هیچ یک از مراحل آزمایش از ۱/۱ mg/L تجاوز نکرد.

کدورت فاضلاب ورودی به سیستم MBR و همچنین کدورت پساب خروجی از این سیستم در طول مدت مطالعه، توسط دستگاه کدورت‌سنج اندازه‌گیری گردید. نتایج حاصله در جدول ۵ و شکل ۴ نشان داده شده است، بر طبق این داده‌ها، کدورت پساب خروجی از سیستم MBR در کل مراحل آزمایش کمتر از ۰/۳ NTU<sup>۴</sup> بوده و میزان حذف کدورت در تمام شرایط بهره‌برداری پیلوت بیشتر از ۹۹/۳ درصد بود.

COD، TSS<sup>۱</sup> و کدورت در ورودی و خروجی پابلوت اندازه‌گیری شد. متوسط مقادیری که در این تحقیق ارائه شده‌اند شامل میانگین هندسی داده‌های جمع‌آوری شده در روزهای مختلف نمونه‌برداری است. نتایج با استفاده از نرم افزار اکسل تجزیه و تحلیل گردید. مقادیر COD و TSS در زمان‌های ماند هیدرولیکی مختلف طبق کتاب روش‌های استاندارد تعیین گردید (۱۷). همچنین میزان کدورت با استفاده از دستگاه کدورت‌سنج<sup>۲</sup> اندازه‌گیری شد. شرایط راهبری پابلوت MBR در شرایط مختلف آزمایش در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. شرایط راهبری پابلوت سیستم MBR

مراحل آزمایش	HRT ۱۲ ساعت	HRT ۱۰ ساعت	HRT ۸ ساعت	HRT ۶ ساعت	HRT ۴ ساعت
Q (Lit/h)	۴	۴/۸	۶	۸	۱۲
SRT (d)	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
pH	۷/۱۱	۷/۱۲	۷/۲	۷/۱۷	۷/۲۵
DO (mg/L)	۳	۲/۹۴	۳/۰۷	۲/۹۹	۳/۰۲
MLSS(g/L)	۱۳-۱۵	۱۳-۱۵	۱۳-۱۵	۱۳-۱۵	۱۳-۱۵

### یافته‌ها

این مطالعه به منظور بررسی کارایی سیستم MBR در حذف COD، TSS و کدورت فاضلاب خام ورودی به تصفیه‌خانه فاضلاب کرج انجام شد. کلیه نتایج این مطالعه در مقیاس پابلوت با استفاده از فاضلاب خام شهری و در شرایط پایداری حاصل گردید. در تمام مراحل آزمایش، pH رآکتور هوادهی در محدوده ۶/۸-۷/۱ قرار داشت. زمان ماند سلولی در تمام مراحل آزمایش طبق دستورالعمل WEF<sup>۳</sup> و همچنین مطالعات قبلی در محدوده ۲۰ روز ثابت شد (۱۳). در هر پنج زمان ماند هیدرولیکی توانایی سیستم در حذف COD،

<sup>۱</sup> Total Suspended Solids: TSS

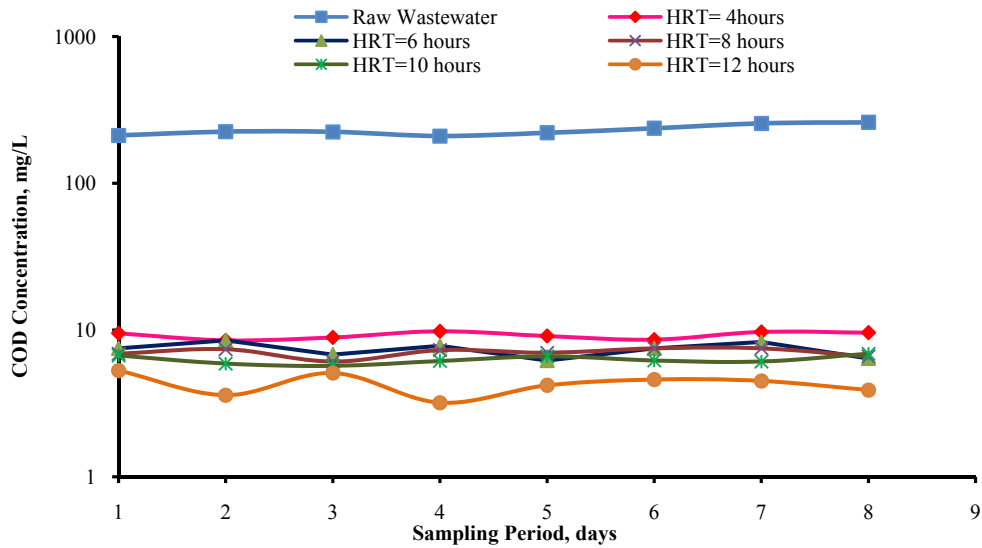
<sup>۲</sup> Turbidity meter

<sup>۳</sup> Water Environment Federation: WEF

<sup>۴</sup> Nephelometric Turbidity Unit: NTU

جدول ۳. درصد حذف COD در زمانهای ماند هیدرولیکی (HRTs) مختلف

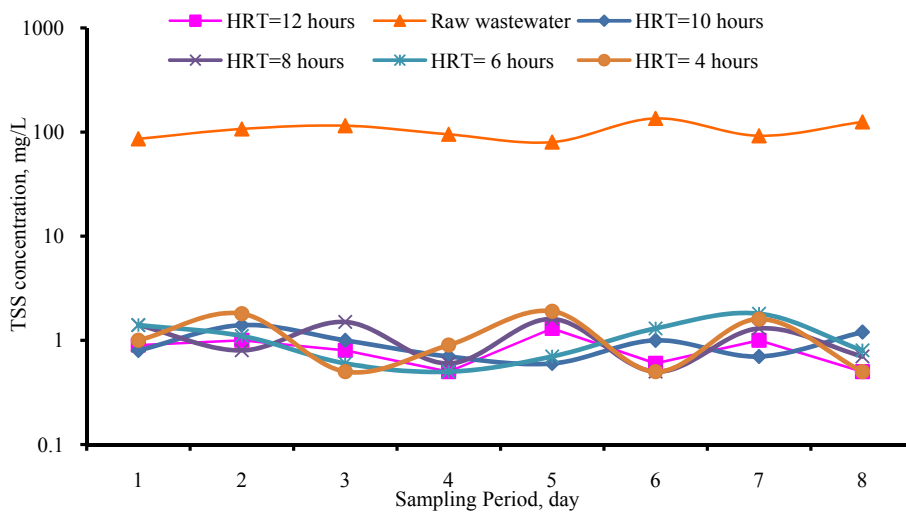
مراحل آزمایش	HRT ۱۲ ساعت	HRT ۱۰ ساعت	HRT ۸ ساعت	HRT ۶ ساعت	HRT ۴ ساعت
ورودی (mg/L)	۲۳۵/۲	۲۱۰	۱۸۳/۲	۱۸۷/۹	۲۲۶/۲
خروجی (mg/L)	۴/۳	۶/۲	۷	۷/۳	۹/۲
میزان حذف (%)	۹۸/۲	۹۷	۹۶/۲	۹۶/۱	۹۶



شکل ۲. میزان حذف COD در زمانهای ماند هیدرولیکی مختلف

جدول ۴. میزان حذف TSS در زمانهای ماند هیدرولیکی (HRTs) مختلف

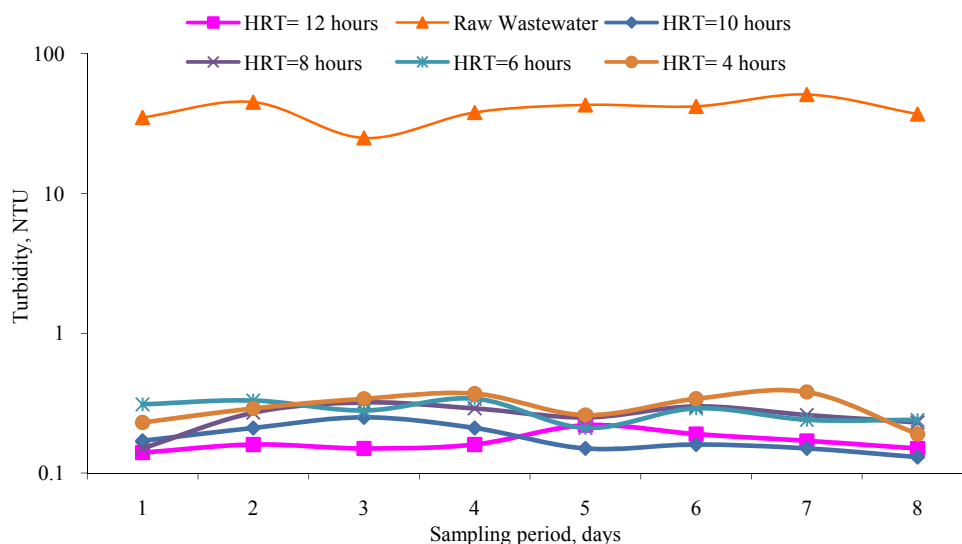
مراحل آزمایش	HRT ۱۲ ساعت	HRT ۱۰ ساعت	HRT ۸ ساعت	HRT ۶ ساعت	HRT ۴ ساعت
ورودی (mg/L)	۱۰۴/۴	۱۰۹/۴	۱۱۲/۱	۱۰۷/۶	۱۱۰/۵
خروجی (mg/L)	۰/۸	۱	۱/۰۵	۱/۰۲	۱/۱
میزان حذف (%)	۹۹/۲	۹۹/۰۸	۹۹/۰۶	۹۹/۰۴	۹۹/۰۱



شکل ۳. میزان حذف TSS در زمانهای ماند هیدرولیکی مختلف

جدول ۵. میزان حذف کدورت در زمانهای ماند هیدرولیکی (HRTs) مختلف

مراحل آزمایش	HRT ۱۲ ساعت	HRT ۱۰ ساعت	HRT ۸ ساعت	HRT ۶ ساعت	HRT ۴ ساعت
کدورت ورودی (NTU)	۳۹/۵	۳۴/۸۷	۴۰/۳۷	۴۳/۵	۴۴/۲۵
کدورت خروجی (NTU)	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۳
میزان حذف (%)	۹۹/۵۷	۹۹/۴۹	۹۹/۳۶	۹۹/۳۵	۹۹/۳۲



شکل ۴. میزان حذف کدورت در زمانهای ماند هیدرولیکی

### بحث

است. این درصدهای بالای حذف COD توسط سیستم بیورآکتور غشایی به علت نگه داشتن تمام COD معلق و حاصل از ماکرومولکولها توسط غشا می‌باشد. با توجه به جدول ۲ راندمان حذف COD با افزایش زمان ماند هیدرولیکی افزایش می‌یابد، درصدهای پایین حذف در زمانهای ماند هیدرولیکی پایین‌تر ممکن است به علت تأثیر بیشتر درجه حرارت پایین فاضلاب بر رشد میکروارگانیسمها (درجه حرارت کمتر از ۱۰°C) و همچنین به علت زمان ماند کوتاه فاضلاب در رآکتور هوادهی باشد. بنابراین برای دستیابی به درصدهای بالاتر حذف COD در هوای سرد، زمانهای ماند هیدرولیکی بالاتر الزامی است، ولی در عین حال در مقایسه با سیستم لجن فعال، کارایی حذف COD توسط سیستم MBR بسیار بالاتر است و این مورد با

با توجه به نتایج حاصل از شکل ۲ و جدول ۲ غلظت COD خروجی در کل مراحل کمتر از ۹/۲ mg/L است، همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، با وجود نوسان در COD ورودی، مقادیر COD در خروجی در مقادیر ثابت و بسیار پایین قرار داشتند. (تمام نمودارها لگاریتمی هستند). این نتیجه با یافته‌های شین<sup>۱</sup> و همکاران (۱۸) مطابقت داشت. آنها کارایی بیورآکتور مستغرق<sup>۲</sup> را به صورت ترکیبی با SBR مطالعه نمودند و به این نتیجه رسیدند که علیرغم نوسانات زیاد در مقادیر غلظت ورودی، میزان COD در کل شرایط آزمایش بیشتر از ۹۵ درصد بود. همانطور که در جدول ۲ و شکل ۲ مشاهده می‌شود، بدون در نظر گرفتن HRT راندمان حذف در کل مراحل بیش از ۹۶ درصد

<sup>1</sup> Shin

<sup>2</sup> Submerged Membrane Bioreactor: SMBR

کدورت خروجی از سیستم MBR مورد مطالعه در کل شرایط بهره‌برداری به استانداردهای کدورت برای آب آشامیدنی نزدیک بوده و حتی از آنها نیز کمتر بود.

### نتیجه‌گیری

در این مطالعه عملکرد سیستم بیورآکتور غشایی مستغرق در زمان‌های ماند هیدرولیکی مختلف در تصفیه فاضلاب شهری و بازیابی و استفاده مجدد از پساب مورد مطالعه قرار گرفت. در کل زمان‌های ماند هیدرولیکی پسابی با کیفیتی بسیار خوب حاصل گردید. میزان حذف COD در کل مراحل آزمایش بیشتر از ۹۶ درصد بود. این مطالعه نشان داد که سیستم بیورآکتور غشایی در زمان‌های ماند هیدرولیکی پایین نیز کارایی بالایی دارد. میزان حذف TSS در کل مراحل بیشتر از ۹۹ درصد بود و غلظت TSS در خروجی در کل زمان‌های ماند هیدرولیکی کمتر از  $1/1 \text{ mg/L}$  بود. میزان حذف کدورت در کل زمان‌های ماند هیدرولیکی بیشتر از  $99/3$  درصد و کدورت خروجی کمتر از  $0/3 \text{ NTU}$  بود. نتایج نشان داد که تکنولوژی SMBR پسابی با کیفیت بالا تولید می‌نماید.

### تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران بوده، که در قالب طرح تحقیقاتی به شماره ۴۶۶۲۲۲ با حمایت مالی این دانشگاه انجام شده است.

مطالعات کراوم<sup>۱</sup> و همکاران (۱۹) مطابقت دارد. آنها سیستم لجن فعال متداول را با سیستم MBR مقایسه نمودند و به این نتیجه رسیدند که در مقایسه با سیستم لجن فعال که میزان حذف COD آن ۹۵ درصد می‌باشد، میزان حذف COD توسط سیستم MBR بین ۹۶-۹۹ درصد است.

در شکل ۳ و جدول ۴ ملاحظه می‌گردد که در کلیه زمان‌های ماند هیدرولیکی میزان TSS در پساب خروجی کمتر از  $1/1$  میلی‌گرم بر لیتر بود. این نتایج با یافته‌های تحقیقات هارپر<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰) مطابقت داشت، آنها با مقایسه سیستم‌های MBR و SBR مشاهده نمودند که غلظت TSS در خروجی سیستم MBR کمتر از  $2 \text{ mg/L}$  است، در صورتی که غلظت TSS در خروجی سیستم SBR بین  $8-21 \text{ mg/L}$  می‌باشد. این غلظت بسیار پایین TSS در خروجی سیستم MBR بسیار کمتر از دیگر فرآیندهای تصفیه متداول فاضلاب مثل لجن فعال می‌باشد. بنابراین سیستم MBR قادر به تولید پسابی با حداکثر کیفیت می‌باشد. این مقدار TSS در خروجی سیستم MBR نیاز به مقادیر زیاد مواد گندزدا برای گندزدایی پساب خروجی را کاهش می‌دهد و در نتیجه باعث کاهش هزینه مربوط به تجهیزات گندزدایی خصوصاً تجهیزات UV می‌شود.

با توجه به جدول ۵ و شکل ۴ ملاحظه می‌گردد که پساب خروجی از سیستم بیورآکتور غشایی دارای کدورت بسیار پایینی است. این نتایج با مطالعات ادهم و همکاران (۲۱) در توافق می‌باشد. آنها غشاهای ساخته شده توسط شرکت‌های مختلف را در محدوده میکروفیلتراسیون با هم مقایسه نمودند و گزارش نمودند که کدورت خروجی سیستم MBR که از غشاهای ساخت شرکت Zenon استفاده می‌نمود، در ۹۵ درصد از نمونه‌های گرفته شده در کل شرایط آزمایش، کمتر از  $0/2 \text{ NTU}$  بود.

<sup>1</sup> Kraume

<sup>2</sup> Harper

## References

- 1- Masoudinejad MR, Alinejad A, Mohammadi H, Aghayani I, Najafi H, Mehdipour F, Parse I, Fazeli S. The study of potassium ferrate a pplication efficiency for advanced treatment of sewage (in Persian), Journal of Shahrekord University of Medical Sciences. 2013; 5(2): 100-108.
- 2- Mahvi AH. Sequencing Batch Reactor; A promising technology in wastewater treatment, Iranian Journal of Environmental Science & Engineering. 2008; 5 (2): 79-90.
- 3- Chang S. Anaerobic Membrane Bioreactors (AnMBR) for Wastewater Treatment, Advances in Chemical Engineering and Science. 2014; 4: 56-61.
- 4- Laera G, Giordano C, Pollice A, Saturno D, Mininni G. Membrane bioreactor sludge rheology at different solid retention times, J. Water Res. 2007; 41(18): 4197 – 4203.
- 5- Jadhao R K, Dawande SD. Effect of Hydraulic Retention Time and Sludge Retention Time on Membrane Bioreactor: Performance in Summer Season, International Journal of Chemical and Physical Sciences. 2013; 2 (2): 1-18.
- 6- Cornelia Merz, René Scheumann, Bouchaib El Hamouri, Matthias Kraume, Membrane bioreactor technology for the treatment of greywater from a sports and leisure club, Journal of Desalination. 2007; 215 (1-3) 37-43.
- 7- Amr M. Abdel-Kader, Studying the efficiency of grey water treatment by using rotating biological contactors system, Journal of King Saud University - Engineering Sciences. 2013; 25(2): 89-95.
- 8- Katayon S, MegatMohdNool MJ, Ahmad J, Abdul Ghani LA, Nagaoka H, Aya H. Effects of mixed liquor suspended solid concentrations on membrane bioreactor efficiency for treatment of food industry wastewater, Journal of Desalination. 2004; 167 (1): 153-158.
- 9- Naghizadeh A, Derakhshani E, Yari AR, Study of Kinetic coefficients of a Membrane Bioreactor (MBR) for municipal wastewater treatment, J. Arch. Hyg. Sci., 2013; 2 (3): 108-113.
- 10- Golbabaei Kootenaei F, Aminirad H. membrane bioreactor and their application for water reuse, International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research. 2014; 2 (7): 2208-2216.
- 11- Knoblock MD, Sutton PM, Mishra PN, Gupta K and Janson A. Membrane biological reactor system for treatment of oily wastewaters, Water Environ Resesarch. 1994; 66(1):133–9.
- 12- Trouve E, Urbain V and Manem J. Treatment of municipal wastewater by a membrane bioreactor: results of a semi-industrial pilot-scale study. Water Science Technology. 1994; 30:151–7.
- 13- Naghizadeh A, Mahvi AH, Naddafi K, Vaezi F, Application of a Hollow-Fiber Membrane in removal of COD, TN and TP from wastewater, Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng. 2008; 5(4): 257-268.
- 14- Huang X, Gui P and Qian Y. Effect of sludge retention time on microbial behavior in a submerged membrane bioreactor, Process Biochemistry. 2001; 36 (2): 1001-1006.
- 15- Huang Z, Ong SL and Ng HY. Submerged anaerobic membrane bioreactor for low-strength wastewater treatment: Effect of HRT and SRT on treatment performance and membrane fouling, Water research. 2011; 45 (5):705-713.
- 16- Fallah N, Bonakdarpour B, Nasernejad B and AlaviMoghadam MR, Long-term operation of submerged membrane bioreactor (MBR) for the treatment of synthetic wastewater containing styrene as volatile organic compound (VOC): Effect of hydraulic retention time (HRT), Journal of Hazardous Materials. 2010; 178 (1–3): 718-724.
- 17- APHA Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1985; AWWA, WPCF, 16<sup>th</sup> ed.
- 18- Shin H, Kang S, Lee Cand Lim J, Performance of a pilot scale membrane bioreactor coupled with SBR (SM-SBR) - experiences in seasonal temperature changes, Water Supply. 2004; 4(1): 135–142.
- 19- Kraume M, Bracklow U, Vocks M, Drews A, Nutrients Removal in MBRs for Municipal Wastewater Treatment, Water Science and Technology. 2005; 51 (6-7): 391-402.
- 20- Harper WF, Bernhardt M and Newfield C, Membrane bioreactor biomass characteristics and microbial yield at very low mean cell residence time. Journal of Water SA. 2006; 32 (2): 193-197.
- 21- Adham S, James F, Optimization of various MBR systems for water reclamation, Desalination and Water Purification Research and Development Report, 2004; No.103.



## Evaluation of Submerged Membrane Bioreactor Technology in Municipal Wastewater Treatment (Case Study: Raw Influent Wastewater to Karaj Wastewater Treatment Plant)

Naghizadeh A<sup>1</sup>, Derakhshani E\*<sup>1</sup>

1. Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Birjand University of Medical Sciences, Birjand, Iran.

\* *Corresponding Author.* Tel: +985618145441 Fax: +985618145869 E-mail: el.derakhshani@yahoo.com

Received: Mar 12, 2014 Accepted: Nov 8, 2014

### ABSTRACT

**Background & Objectives:** The membrane bioreactor (MBR) is one of the applications of membrane technology for wastewater treatment. A submerged MBR, in which membranes are directly submerged into the aeration tank, received more attention because of several advantages such as a better and more reliable effluent quality.

**Methods:** In the present study, application of submerged membrane bioreactor in pilot scale for removal of chemical oxygen demand (average influent COD=230.6 mg/L, standard deviation=18.8 mg/L), total suspended solids (average influent TSS=104.2 mg/L, standard deviation=19.4 mg/L) and turbidity as Nephelometric Turbidity Unit (average influent turbidity=44.3 NTU, standard deviation=6.1 NTU) from raw influent waste water to Karaj wastewater treatment plant in different hydraulic retention time (4, 6, 8, 10 and 12 hours) was surveyed.

**Result:** The results of this study showed that in 4 hours hydraulic retention time, the average effluent of COD, TSS and turbidity were 9.2 mg/L, less than 1 mg/L and 0.3 NTU, respectively. The mentioned parameters in 6 hours hydraulic retention time were 7.3 mg/L, less than 1 mg/L and 0.28 NTU, respectively. These parameters in 8 hours hydraulic retention time were 7 mg/L, less than 1 mg/L and 0.25 NTU, respectively. In 10 hours hydraulic retention time the mentioned parameters were 6.2 mg/L, less than 1 mg/L and 0.17 NTU, respectively. And in 12 hours hydraulic retention time were 4.3 mg/L, less than 1 mg/L and 0.16 NTU, respectively.

**Conclusion:** This research showed that high treatment efficiencies of MBR for COD, TSS and turbidity at all operating conditions. Therefore, this technology could be regarded as a promising treatment stage for different applications of wastewater effluent reuse.

**Keywords:** Membrane Bioreactor; COD; Municipal Wastewater.