

تعیین ضرایب سینتیکی در تصفیه فاضلاب شهری به روش لاگون هوادهی در مقیاس کامل (مطالعه موردی: تصفیه خانه فاضلاب سپاهان شهر اصفهان)

محمد مهدی امین^۱، افشین ابراهیمی^۲، گلرخ مراثنی^۳، حسین تحویلین^۴

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: در گذشته طراحی فرایندهای تصفیه فاضلاب بر اساس شاخص‌های تجربی انجام می‌گرفت، اما به دلیل کمیت و کیفیت متغیر فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه، استفاده صرف از شاخص‌های استاندارد نمی‌تواند کیفیت پساب خروجی از تصفیه‌خانه را تضمین نماید. امروزه علاوه بر شاخص‌های تجربی، عوامل منطقی بر اساس معادلات سینتیکی بیولوژیکی نیز در طراحی استفاده می‌شوند. هدف از انجام مطالعه حاضر، تعیین ضرایب بیوسینتیکی K_B و U_{max} با استفاده از مدل Kincannon-Stover در لاگون هوادهی تصفیه‌خانه فاضلاب سپاهان شهر به منظور استفاده از این شاخص‌ها برای طراحی سیستم‌هایی در شرایط مشابه در کشور بود.

روش‌ها: در این پژوهش، راندمان حذف Biochemical oxygen demand (BOD)، Chemical oxygen demand (COD) و کل جامدات معلق (Total suspended solids) یا TSS، طی یک دوره سه ساله در لاگون هوادهی تصفیه‌خانه فاضلاب سپاهان شهر بررسی و ضرایب بیوسینتیکی محاسبه گردید. نمونه‌برداری از ورودی و خروجی تصفیه‌خانه به صورت هفتگی انجام گرفت.

یافته‌ها: میانگین راندمان حذف BOD، COD و TSS در لاگون هوادهی به ترتیب $72 \pm 4\%$ ، $70 \pm 6\%$ و $62 \pm 6\%$ درصد بود. ضرایب بیوسینتیکی با استفاده از مدل Kincannon-Stover محاسبه شد و مقادیر K_B و U_{max} برای لاگون هوادهی به ترتیب $0.55/8$ و $136/0$ گرم COD بر لیتر در روز به دست آمد.

نتیجه‌گیری: کیفیت پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب سپاهان شهر مطابق با استانداردهای مورد نظر محیط زیست برای استفاده در کشاورزی است. مدل اصلاح شده Kincannon-Stover همبستگی بالایی ($R^2 = 0.98$) با نتایج آزمایشگاهی دارد. بنابراین، می‌توان از این مدل جهت طراحی و پیش‌بینی رفتار لاگون‌های هوادهی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: تصفیه فاضلاب، ضرایب بیوسینتیکی، لاگون هوادهی، مدل Kincannon-Stover

ارجاع: امین محمد مهدی، ابراهیمی افشین، مراثنی گلرخ، تحویلین حسین. تعیین ضرایب سینتیکی در تصفیه فاضلاب شهری به روش لاگون هوادهی در مقیاس کامل (مطالعه موردی: تصفیه خانه فاضلاب سپاهان شهر اصفهان). مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۷؛ ۱۴ (۱): ۹۷-۹۱

تاریخ چاپ: ۱۳۹۷/۱/۱۵

پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۲/۸

دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۸

مقدمه

فاضلاب‌ها یکی از آلاینده‌های زیست محیطی به شمار می‌رود و پساب خروجی تصفیه‌خانه‌های حاوی آلاینده با غلظت بیشتر از استاندارد دفع، سبب تهدید محیط پذیرنده می‌شود (۱). سیستم‌های تصفیه فاضلاب بر حسب نوع عملکرد و راندمان تصفیه، به انواع گوناگونی تقسیم می‌گردد. فرایندهای بیولوژیکی مورد استفاده در تصفیه فاضلاب شامل چند گروه اصلی می‌باشد که از آن جمله می‌توان به «فرایندهای هوازی، فرایندهای بی‌هوازی، فرایندهای بی‌اکسیژن (غیر هوازی)، ترکیبی از فرایندهای هوازی، بی‌هوازی و غیر هوازی و فرایندهای حوضچه‌ای» اشاره نمود. لاگون‌های هوادهی، روش رایج تصفیه فاضلاب در سراسر دنیا به ویژه در جوامع کوچک می‌باشد؛ چرا که این سیستم‌ها به دلیل هزینه‌های پایین ساخت و بهره‌برداری، گزینه بسیار مناسب اقتصادی محسوب می‌گردند (۱، ۲).

لاگون‌های هوادهی، حوضچه‌های خاکی با عمق ۲-۶ متر، دارای زمان ماند کمتر از ۱۰ روز می‌باشد که با استفاده از هوادهی‌های سطحی یا عمقی هوادهی می‌شود. در حرارت ۲۰ درجه سانتی‌گراد با دوره هوادهی ۵ روزه، Biochemical oxygen demand (BOD) به میزان ۸۵ درصد حذف می‌گردد (۳، ۴). در گذشته طراحی فرایندهای تصفیه فاضلاب بر اساس شاخص‌های تجربی شامل بارگذاری هیدرولیکی و آلی و زمان ماند انجام می‌گرفت (۵)، اما با توجه به کمیت و کیفیت متغیر فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه که ناشی از تغییرات فعالیت‌های انسانی، ورود پیک آلاینده همراه رواناب‌های شهری و تخلیه ناگهانی از صنایع می‌باشد، تنها استفاده از شاخص‌های استاندارد نمی‌تواند کیفیت پساب خروجی از تصفیه‌خانه را تضمین نماید (۲). امروزه علاوه بر شاخص‌های تجربی، عوامل منطقی بر اساس معادلات سینتیکی بیولوژیکی نیز در طراحی استفاده می‌شود. این معادلات، رشد

- ۱- استاد، مرکز تحقیقات محیط زیست، پژوهشکده پیشگیری اولیه از بیماری‌های غیر واگیر و گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
 - ۲- دانشیار، مرکز تحقیقات محیط زیست، پژوهشکده پیشگیری اولیه از بیماری‌های غیر واگیر، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
 - ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، کمیته تحقیقات دانشجویی و گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
- نویسنده مسؤول: حسین تحویلین
Email: h_tahvilian@yahoo.com

جامدات بیولوژیکی، نرخ مصرف سوبسترا و نسبت غذا به میکروارگانیسم را تشریح می‌نماید و از این طریق می‌توان متوسط زمان ماند سلولی، حجم راکتور، رشد بیومس و کیفیت خروجی را محاسبه نمود (۵-۷). مطالعات متعددی در مورد تعیین ضرایب بیوسینتیکی با توجه به نوع فاضلاب، روش تصفیه مورد استفاده، دما و سایر شاخص‌های مؤثر در واکنش‌ها در سراسر دنیا صورت گرفته است (۵، ۸-۱۶).

در راکتورهای تصفیه، تعیین ضرایب بیوسینتیکی به وسیله جمع‌آوری داده‌های مقیاس آزمایشگاهی و پایلوت در زمان ماند هیدرولیکی یا سلولی متفاوت انجام می‌گیرد (۵). معادلات پایه‌ای که اثرات متقابل بین رشد میکروارگانیسم‌ها و مصرف سوبسترای محدودکننده رشد در فرایندهای لجن فعال را تشریح می‌کند (۱۷، ۱۸)، بر اساس معادله Monod می‌باشد و به عنوان متداول‌ترین معادلات در تعیین ضرایب سینتیکی استفاده می‌شود (۱۹، ۲۰). در مواردی که سن لجن در سیستم به واسطه عدم برگشت لجن قابل تغییر نیست (مانند لاگون‌ها)، ناگزیر باید از مدل‌های ساده‌تر استفاده گردد. بنابراین، در مطالعه حاضر از مدل Kincannon-Stover جهت بررسی ضرایب سینتیکی استفاده گردید. این مدل در سال ۱۹۸۲ توسط Stover و Kincannon ابداع شد که می‌توان گفت، برگرفته از معادلات Monod بود (رابطه ۱) (۱۶+۰۳).

$$r_{su} = \frac{d_s}{dt} = \mu_m \frac{U_{\max} \left(\frac{QS_g}{A} \right)}{K_B \left(\frac{QS_i}{A} \right)} \quad \text{رابطه ۱}$$

این مدل برای اولین بار جهت محاسبه نرخ حذف سوبسترا در راکتور تماس دهنده بیولوژیکی دوار مورد استفاده قرار گرفت که در آن، A سطح دیسک است و با بیومس چسبیده به دیسک ارتباط دارد.

معادله دیگری نشان داد که بیومس معلق در راکتور، عامل مهمی در رسیدن به راندمان حذف بالا و پایدار در راکتورهای بیوفیلما با بستر متحرک می‌باشد. بنابراین، امروزه به جای سطح دیسک (A) در مدل اصلی Kincannon-Stover، حجم راکتور (V) قرار می‌گیرد و این معادله به شکل رابطه ۲ نشان داده می‌شود.

$$r_{su} = \frac{d_s}{dt} = \mu_m \frac{U_{\max} \left(\frac{QS_g}{V} \right)}{K_B \left(\frac{QS_i}{V} \right)} \quad \text{رابطه ۲}$$

رابطه ۳ نرخ حذف سوبسترا را بر اساس موازنه جرمی سوبسترا نشان می‌دهد.

$$r_{su} = \frac{d_s}{dt} = \frac{Q}{V(S_i - S_e)} \quad \text{رابطه ۳}$$

با خطی و معکوس کردن رابطه ۴، رابطه ۵ به دست می‌آید که با رسم آن می‌توان $U_{\max}$ و K_B را به دست آورد.

$$\frac{Q}{V} = (S_i - S_e) \frac{U_{\max} \left(\frac{QS_g}{V} \right)}{K_B \left(\frac{QS_i}{V} \right)} \quad \text{رابطه ۴}$$

$$\frac{V}{Q(S_i - S_e)} = \frac{K_B}{U_{\max} \left(\frac{QS_g}{V} \right)} + \frac{1}{U_{\max}} \quad \text{رابطه ۵}$$

با رسم نمودار بین $V/Q(S_i - S_e)$ و V/QS_i و با تعیین Regression خط ایجاد شده، عرض از مبدأ آن برابر $1/U_{\max}$ و شیب خط K_B به دست خواهد آمد.

با استفاده از روابط ۶ و ۷، می‌توان غلظت سوبسترای خروجی و حجم راکتور را محاسبه نمود (۲۶-۲۱) که در آن، Q دبی ورودی بر حسب لیتر در روز، V حجم راکتور بر حسب لیتر، S_i غلظت سوبسترای ورودی بر حسب گرم COD Chemical oxygen demand بر لیتر، S_e غلظت سوبسترای خروجی بر حسب گرم COD بر لیتر، K_B ضریب تناسب یا بارگذاری سوبسترا (هنگامی که نرخ مصرف سوبسترا نصف حداکثر نرخ مصرف سوبسترا است) بر حسب گرم COD بر لیتر در روز، $U_{\max}$ حداکثر نرخ مصرف سوبسترای Kincannon-Stover بر حسب گرم COD بر لیتر در روز می‌باشد.

$$S_e = S_i = \frac{U_{\max} S_i}{K_B + \left(\frac{QS_i}{V} \right)} \quad \text{رابطه ۶}$$

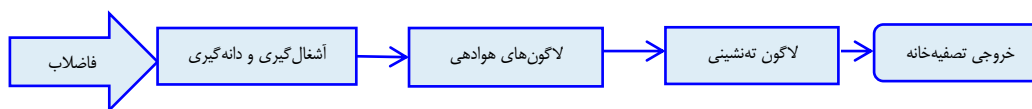
$$V = \frac{QS_i}{\left(\frac{U_{\max} S_i}{S_i - S_e} \right) - K_B} \quad \text{رابطه ۷}$$

هدف از انجام مطالعه حاضر، تعیین ضرایب بیوسینتیکی $U_{\max}$ و K_B در لاگون هوادهی تصفیه‌خانه فاضلاب سپاهان شهر به منظور استفاده از شاخص‌ها جهت طراحی سیستم‌های مشابه در کشور بود.

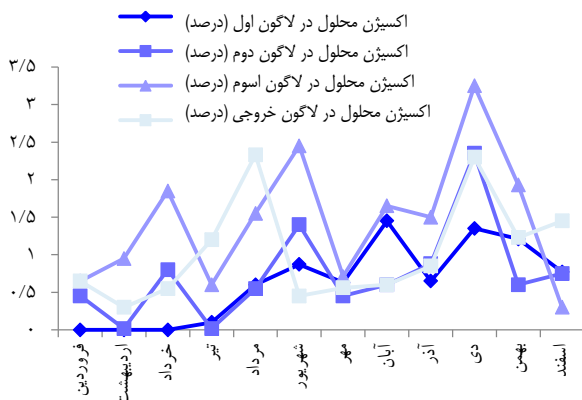
روش‌ها

این پژوهش از نوع تجربی بود و به مدت سه سال در مقیاس واقعی تصفیه‌خانه فاضلاب سپاهان شهر انجام گرفت. دبی ورودی به تصفیه‌خانه طی سال‌های مورد بررسی بین ۱۲۵۰۰ تا ۱۴۵۰۰ مترمکعب در روز بود. فاضلاب ورودی پس از اشغال‌گیری، توسط درجه مخصوص و کانال‌های ویژه به ۳ مدول هدایت می‌شد. در هر مدول، ۳ لاگون دوزنقه‌ای شکل به صورت سری وجود داشت. لاگون اول دارای طول ۶۵ متر، عرض ۴۰ متر و عمق ۴ متر بود و لاگون‌های دیگر طول ۸۰ متر، عرض ۴۰ متر و عمق ۴ متر داشتند. حجم لاگون اول ۷۷۰۰ مترمکعب و حجم دو لاگون دیگر هر کدام ۱۰۶۰۰ مترمکعب برآورد شد. همچنین، در هر مدول از تصفیه‌خانه، یک لاگون ته‌نشینی دوزنقه‌ای به طول ۸۰ متر، عرض ۴۰ متر و عمق ۳/۵ متر وجود داشت که فاضلاب خروجی لاگون‌های هوادهی در هر مدول وارد لاگون‌های ته‌نشینی می‌شد و عمل ته‌نشینی لخته‌های بیولوژیکی و لجن در این لاگون‌ها انجام می‌گرفت. حجم هر لاگون ته‌نشینی، ۹۵۰۰ مترمکعب و زمان ماند در آن ۲ تا ۳ روز می‌باشد. لجن ته‌نشینی شده هر چند سال از طریق سطح شیب‌دار تعبیه شده در هر لاگون تخلیه می‌گردد. پساب خروجی زلال شده از درجه خروجی هر لاگون ته‌نشینی به کانال جمع‌آوری پساب هدایت می‌گردد و جهت آبیاری فضای سبز اطراف تصفیه‌خانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل ۱ نمای شماتیک تصفیه‌خانه فاضلاب سپاهان شهر نشان داده شده است.

هوادهای تصفیه‌خانه به صورت سطحی شناور و توان هر یک ۱۱ کیلووات می‌باشد. تعداد هوادهای در لاگون‌های اول، دوم و سوم به ترتیب ۵، ۳ و ۳ دستگاه است. زمان ماند در این لاگون‌ها ۶ روز می‌باشد و به منظور عدم ته‌نشینی لجن و همچنین، تثبیت مواد آلی، هوادهای به ترتیب در لاگون اول بیشتر و در لاگون‌های بعدی کمتر می‌شود. غلظت مخلوط جامدات معلق در مایع (Mixed liquor suspended solids یا MLSS) در کل لاگون‌های هوادهی حدود ۴۰۰ تا ۵۰۰ میلی گرم در لیتر می‌باشد.

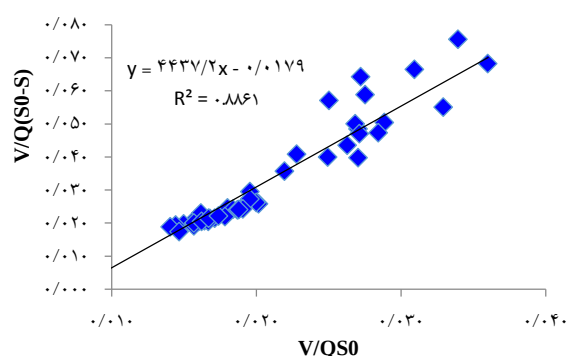


شکل ۱. نمای شماتیک تصفیه خانه فاضلاب سپاهان شهر



شکل ۳. میانگین میزان اکسیژن محلول فاضلاب تصفیه خانه فاضلاب سپاهان شهر در سال های مورد بررسی

ضرایب بیوسینتتیک مؤثر در تصفیه فاضلاب به روش لاگون هوادهی و نتایج مربوط به سه سال با استفاده از مدل Kincannon-Stover (۱۶)، تعیین گردید (شکل ۲). با رسم نمودار $\frac{V}{Q(S_0 - S_e)}$ بر حسب $\frac{V}{Q(S_0 - S_e)}$ ، ثوابت سینتتیک مدل Kincannon-Stover به دست می آید؛ به این ترتیب که عرض از مبدأ و شیب به ترتیب $\frac{1}{U_{max}}$ و $\frac{K_B}{U_{max}}$ خواهد بود. مطابق با محاسبات انجام شده با استفاده از معادله خط نمودار رسم شده در شکل ۴، ضرایب بیوسینتتیک در لاگون واقعی به ترتیب عبارت از $U_{max} = 55/80$ و $K_B = 136/52$ محاسبه گردید.



شکل ۴. محاسبه شاخص های U_{max} و K_B طی سه سال بهره برداری در لاگون تصفیه خانه

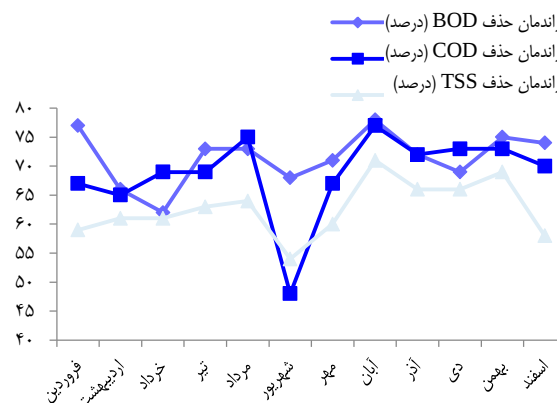
بحث

نتایج آزمایش های انجام شده بر روی لاگون هوادهی تصفیه خانه فاضلاب

در تحقیق حاضر، نمونه برداری به صورت هفتگی از فاضلاب ورودی و خروجی [سنجش شاخص های COD، BOD، کل جامدات معلق (Total suspended solids یا TSS)، pH و درجه حرارت] و لاگون هوادهی (تعیین MLSS) انجام می شد و بر اساس آخرین روش ارایه شده در کتاب استاندارد متد (۶) مورد آزمایش قرار می گرفت. نمونه ها به صورت اتفاقی در ساعت ۱۰ صبح از لاگون های سری از هر مدول گرفته می شد و نتایج به صورت میانگین ماهانه گزارش می گردید. حداکثر و حداقل دمای اندازه گیری شده در طی انجام مطالعه به ترتیب ۲۵ و ۱۷ درجه سانتی گراد بود. داده های به دست آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و ضرایب سینتتیک U_{max} و K_B نیز با استفاده از معادله Kincannon-Stover محاسبه شد.

یافته ها

بررسی نتایج آزمایش های صورت گرفته بر روی لاگون های هوادهی نشان داد که در فصول گرم سال و با افزایش دما، راندمان حذف شاخص های آلی از جمله BOD، COD و TSS افزایش یافته است. همچنین، میانگین راندمان حذف BOD، COD و TSS در تصفیه خانه به ترتیب 5 ± 71 ، 8 ± 69 و 5 ± 63 درصد بود (شکل ۲). میزان اکسیژن محلول در لاگون ها در بیشتر موارد کمتر از ۳ میلی گرم در لیتر اندازه گیری شد (شکل ۳).



شکل ۲. مقایسه میانگین راندمان حذف Biochemical oxygen demand (BOD)، Chemical oxygen demand (COD) و Total suspended solids (TSS) در لاگون های هوادهی طی سه سال مطالعه

مطابق با نتایج به دست آمده، میزان BOD، COD و TSS موجود در پساب تصفیه خانه مطابق با استانداردهای سازمان محیط زیست ایران جهت استفاده در آبیاری زمین های کشاورزی می باشد.

جدول ۱. راندمان حذف در تعدادی از تصفیه‌خانه‌های سطح استان با روش لاگون هوادهی*

تصفیه‌خانه	راندمان حذف BOD (درصد) (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	راندمان حذف COD (درصد) (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	راندمان حذف TSS (درصد) (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	دبی ورودی (مترمکعب در روز) (میانگین $\pm$ انحراف معیار)
سپاهان‌شهر	$72/0 \pm 4/6$	$70/0 \pm 10/4$	$61/0 \pm 6/4$	$13400/0 \pm 593/5$
اردستان	$84/0 \pm 3/9$	$82/5 \pm 5/0$	$70/0 \pm 1/6$	$780/0 \pm 112/0$
باغ بهادران	$78/5 \pm 10/6$	$87/0 \pm 11/8$	$66/0 \pm 15/0$	$802/0 \pm 48/0$
سمیرم	$81/5 \pm 11/5$	$77/0 \pm 17/0$	$75/0 \pm 14/0$	$2320/0 \pm 295/0$
زرین‌شهر	$72/6 \pm 9/9$	$65/0 \pm 7/6$	$52/0 \pm 21/0$	$9000/0 \pm 308/0$
مبارکه	$84/6 \pm 0/9$	$83/0 \pm 1/8$	$63/0 \pm 1/8$	$2900/0 \pm 100/0$

* آمار اخذ شده از شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان

BOD: Biochemical oxygen demand; COD: Chemical oxygen demand; TSS: Total suspended solids

فاضلاب سپاهان‌شهر بیشتر از سایر تصفیه‌خانه‌ها بود. راندمان حذف در مقایسه با سایر تصفیه‌خانه‌ها مشابه راندمان حذف تصفیه‌خانه زرین‌شهر با دبی ورودی حدود ۹۰۰۰ مترمکعب در روز می‌باشد.

در ادامه بررسی، میزان شاخص‌های ورودی و راندمان حذف در تصفیه‌خانه فاضلاب سپاهان‌شهر با سایر تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهر اصفهان مورد مقایسه قرار گرفت. این مقایسه به منظور بررسی میزان تشابهات و تفاوت‌های موجود بین شاخص‌های مذکور در تصفیه‌خانه فاضلاب شهر سپاهان‌شهر به عنوان یکی از نزدیک‌ترین شهرک‌های اصفهان با سایر تصفیه‌خانه‌های موجود در مناطق مختلف شهر اصفهان انجام گرفت. مقایسه میزان شاخص‌های ورودی BOD، COD و TSS به تصفیه‌خانه سپاهان‌شهر با سایر تصفیه‌خانه‌های شهر اصفهان (جنوب، شرق و شمال) نشان داد که میانگین شاخص‌های آلی ورودی به تصفیه‌خانه فاضلاب سپاهان‌شهر مشابهت بیشتری با ورودی تصفیه‌خانه شرق دارد (جدول ۲).

مقایسه کارایی تصفیه‌خانه‌های شهر اصفهان با تصفیه‌خانه فاضلاب سپاهان‌شهر نشان داد که کارایی تصفیه‌خانه‌های سپاهان‌شهر و شرق -با توجه به مشابهت فرایند تصفیه- تشابه زیادی دارد.

سپاهان‌شهر نشان داد که راندمان حذف BOD، COD و TSS در این سیستم در گستره مناسبی قرار گرفته است و استاندارد مورد نظر سازمان محیط زیست کشور را تأمین می‌نماید (استاندارد آبیاری با پساب تصفیه شده شامل ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر COD، ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر BOD و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر TSS می‌باشد). با بالا رفتن دما و میزان MLSS، راندمان حذف شاخص‌های مذکور افزایش می‌یابد. با توجه به این که انتظار می‌رود راندمان حذف در لاگون هوادهی حدود ۸۵ درصد باشد، میزان حذف در تصفیه‌خانه فاضلاب سپاهان‌شهر کمتر از مقدار مورد انتظار بود که دلیل آن، غلظت پایین اکسیژن محلول در لاگون‌ها (کمتر از ۳ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد. به منظور بررسی بیشتر میزان کارایی سیستم تصفیه لاگون هوادهی، راندمان حذف مواد آلی در تصفیه‌خانه فاضلاب سپاهان‌شهر با چند تصفیه‌خانه دیگر با روش تصفیه لاگون هوادهی، مورد مقایسه قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۱ آرایه شده است.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، راندمان حذف BOD در تصفیه‌خانه‌هایی که به روش لاگون هوادهی طراحی شده‌اند، بین ۷۲ تا ۸۴ درصد، راندمان حذف COD بین ۶۵ تا ۸۷ درصد و راندمان حذف TSS بین ۵۲ تا ۷۵ درصد می‌باشد. در بین تصفیه‌خانه‌های مشابه از نظر نوع روش تصفیه، میزان دبی

جدول ۲. شاخص‌های ورودی و راندمان حذف در تصفیه‌خانه‌های سطح شهر اصفهان*

شاخص	محل تصفیه‌خانه	سپاهان‌شهر	شرق اصفهان	شمال اصفهان	جنوب اصفهان
روش تصفیه	لاگون هوادهی	لاگون هوادهی ناقص	لجن فعال متعارف	لجن فعال متعارف	لجن فعال متعارف
دبی ورودی (مترمکعب در روز) (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	$13400/0 \pm 593/5$	49400 ± 4037	188800 ± 12637	3918 ± 12148	
BOD (میلی‌گرم در لیتر) (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	$200/0 \pm 10/7$	274 ± 46	$233/0 \pm 16/7$	321 ± 44	
COD (میلی‌گرم در لیتر) (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	$409/0 \pm 20/5$	480 ± 41	528 ± 54	890 ± 240	
TSS (میلی‌گرم در لیتر) (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	$164/0 \pm 7/7$	244 ± 25	290 ± 33	290 ± 33	
راندمان حذف BOD (درصد) (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	$72/0 \pm 4/6$	80 ± 5	$82/0 \pm 2/8$	$91/6 \pm 5/8$	
راندمان حذف COD (درصد) (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	$70/0 \pm 10/4$	$78/0 \pm 3/7$	$86/6 \pm 2/0$	$88/0 \pm 9/7$	
راندمان حذف TSS (درصد) (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	$61/0 \pm 6/4$	69 ± 9	$82/5 \pm 3/0$	$90/7 \pm 6/6$	

* آمار اخذ شده از شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان

BOD: Biochemical oxygen demand; COD: Chemical oxygen demand; TSS: Total suspended solids

جدول ۳. مقایسه نتایج پژوهش‌های مشابه با تحقیق حاضر

نوع فاضلاب	سیستم تصفیه	COD ورودی (میلی‌گرم بر لیتر)	U_{max} (گرم بر لیتر در روز)	K_B (گرم بر لیتر در روز)	منبع
خانگی	پایلوت رآکتور بیوفیلم مستغرق هوازی	۲۳۶، ۲۴۰، ۲۷۰	$51/0^*$	$256/00^*$	۲۳
سنتتیک	پایلوت رآکتور بیولوژیکی هوازی فیلم ثابت	۷۵۰-۲۲۵۰	$101/0$	$106/80$	۲۲
نساجی	بستر چسبیده متحرک در مقیاس آزمایشگاهی	۱۱۷۶-۲۷۰۰	$212/0$	$22/89$	۲۵
ترشی‌سازی	رآکتور بیولوژیکی دوار	۶۴۰۰۰	$13/5^*$	$13/70^*$	۲۶
صنعتی	بستر لجن هوازی/ انوکسیک با جریان رو به بالا در مقیاس پایلوت	۹۴۵-۱۲۰۰	$8/47$	$9/82$	۲۱
خانگی	لاگون هوادهی در مقیاس کامل (۹۵-۹۲)	۳۲۹-۴۱۱	$55/8$	$136/00$	(مطالعه حاضر)

* گرم بر مترمربع در روز

COD: Chemical oxygen demand

ترشی‌سازی انجام گرفت. میزان متوسط COD ورودی به سیستم ۶۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود و شاخص‌های U_{max} و K_B به ترتیب ۱۳/۵ و ۱۳/۷ گرم بر مترمربع در روز به دست آمد ($R^2 = 0/96$) (۲۶).

اسدی و همکاران تحقیقی را بر روی فاضلاب ناحیه صنعتی فرمان (کرمانشاه) انجام دادند و از روش تصفیه بستر لجن هوازی/ انوکسیک با جریان رو به بالا در مقیاس پایلوت استفاده نمودند. میزان COD ورودی به سیستم بین ۹۴۵-۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. در مطالعه آن‌ها، شاخص‌های U_{max} و K_B به ترتیب ۸/۴۷ و ۹/۸۲ گرم بر لیتر در روز به دست آمد ($R^2 = 0/92$) (۲۱).

بررسی و مقایسه ضرایب بیوسنتتیک در مطالعات مختلف نشان می‌دهد که هرچه میزان COD ورودی به سیستم بیشتر باشد (فاضلاب‌های صنعتی مانند نساجی و ترشی‌سازی)، مقادیر ثابت میزان اشباع (K_B) مساوی و یا کمتر از شاخص نرخ حداکثر مصرف (U_{max}) گزارش می‌شود؛ در حالی که در فاضلاب‌های بهداشتی میزان K از U_{max} بیشتر بوده است. با توجه به این که میزان مواد آلی قابل تجزیه در اغلب فاضلاب‌های صنعتی به صورت بیولوژیکی نسبت به کل مواد آلی کمتر است، میزان K_B نیز در فاضلاب‌های صنعتی بسیار کمتر از فاضلاب بهداشتی می‌باشد (جدول ۳).

نتیجه‌گیری

با توجه به میزان R^2 برابر با ۰/۸۸، می‌توان نتیجه گرفت که رابطه Kincannon-Stover دارای همبستگی مناسبی جهت محاسبه ضرایب بیوسنتتیک در لagoon هوادهی می‌باشد.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد با شماره ۳۹۵۱۶۵، مصوب دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشد. بدین وسیله از شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان که در راستای انجام این پژوهش همکاری نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

در ادامه مطالعه، ضرایب سینتیک در تصفیه‌خانه سپاهان‌شهر با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده طی مدت مطالعه محاسبه گردید. با استناد به استفاده از مدل Kincannon-Stover در سیستم‌های رشد معلق بی‌هوازی با R^2 بیشتر از ۸۵ درصد (۱۶-۱۳)، از مدل مذکور در پژوهش حاضر استفاده گردید. بررسی R^2 در شکل ۲ نشان می‌دهد که رابطه Kincannon-Stover دارای همبستگی مناسبی جهت محاسبه ضرایب بیوسنتتیک در لagoon هوادهی می‌باشد ($R^2 = 0/88$).

جهت محاسبه ضرایب بیوسنتتیک در لagoon هوادهی تصفیه‌خانه فاضلاب سپاهان‌شهر با توجه به رابطه ۲، از معادله Kincannon-Stover استفاده شد و با سایر مطالعات که از این معادله استفاده نموده‌اند، مقایسه گردید.

در پژوهش Gonzalez-Martinez و Duque-Luciano که بر روی یک پایلوت رآکتور بیوفیلم مستغرق هوازی در تصفیه فاضلاب مجتمع دانشگاه ملی مکزیک انجام گرفت، فاضلاب در سه نوبت با مقادیر متوسط COD ورودی ۲۳۶، ۲۴۰ و ۲۷۰ میلی‌گرم در لیتر وارد پایلوت شد. متوسط شاخص‌های U_{max} و K_B به ترتیب ۵۱ و ۲۵۶ گرم بر مترمربع در روز به دست آمد ($R^2 = 0/95$) (۲۳).

در تحقیق برقی و همکاران، فاضلاب سنتتیک از مولاس شکر تلخ و آب شهری با COD بین ۷۵۰ تا ۲۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر وارد پایلوت رآکتور بیولوژیکی هوازی فیلم ثابت شد و راندمان و ضرایب بیوسنتتیک آن مورد بررسی قرار گرفت. متوسط شاخص‌های U_{max} و K_B به ترتیب ۱۰۱/۰ و ۱۰۶/۸ گرم بر لیتر در روز به دست آمد ($R^2 = 0/99$) (۲۲).

در مطالعه Sandhya و همکاران، از بستر چسبیده متحرک در مقیاس آزمایشگاهی به منظور تصفیه فاضلاب نساجی استفاده گردید. در بررسی آنان، شاخص‌های U_{max} و K_B به ترتیب ۲۱۲ و ۲۲/۸۹ گرم بر لیتر در روز به دست آمد. همچنین، میزان COD ورودی بین ۱۱۷۶ تا ۲۷۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود ($R^2 = 0/95$) (۲۵).

پژوهش Wilson در مقیاس پایلوت —هـ روش Rotating Biological Contactor (RBC) بر روی تصفیه فاضلاب

References

1. Kor Y, Zazoli MA, Keramat S, Kord M, Ayyobi R, Khademian M. Survey of performance and optimizing methods of aerated lagoons of Bandargaz wastewater treatment plants. *Toloo e Behdasht* 2009; 8(1-2): 46-53. [In Persian].
2. Leduc R, Ouldali S. Probabilistic modeling of aerated lagoons: A comparison of methodologies. *Stochastic Hydrology and Hydraulics* 1990; 4(1): 65-81.
3. Bitton G. *Wastewater microbiology*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; 2005.
4. Tchobanoglous G, Burton FL, Stensel HD. *Wastewater engineering: Treatment and resource recovery*. New York, NY: McGraw-Hill Education; 2013.
5. Mardani S, Mirbagheri A, Amin MM, Ghasemian M. Determination of biokinetic coefficients for activated sludge processes on municipal wastewater. *Iran J Environ Health Sci Eng* 2011; 8(1): 25-34. [In Persian].
6. Eaton AD, Franson MA. *Standard methods for the examination of water & wastewater*. Washington, DC: American Public Health Association; 2005.
7. Qasim SR. *Wastewater treatment plants: Planning, design, and operation*. Boca Raton, FL: CRC Press; 1998.
8. Lee CY, Liu WD. The effect of salinity conditions on kinetics of trichloroethylene biodegradation by toluene-oxidizing cultures. *J Hazard Mater* 2006; 137(1): 541-9.
9. Nakhla G, Liu V, Bassi A. Kinetic modeling of aerobic biodegradation of high oil and grease rendering wastewater. *Bioresour Technol* 2006; 97(1): 131-9.
10. Dan NP, Visvanathan C, Basu B. Comparative evaluation of yeast and bacterial treatment of high salinity wastewater based on biokinetic coefficients. *Bioresour Technol* 2003; 87(1): 51-6.
11. Sánchez OS, Aspé E, Roeckel M. Denitrification kinetics of simulated fish processing wastewater at different ratios of nitrate to biomass. *Biotechnol Lett* 2002; 24(14): 1173-6.
12. Jia Y, Molstad L, Frostegard A, Aagaard P, Breedveld GD, Bakken LR. Kinetics of microbial growth and degradation of organic substrates in subsoil as affected by an inhibitor, benzotriazole: Model based analyses of experimental results. *Soil Biol Biochem* 2007; 39(7): 1597-608.
13. Turkdogan-Aydinli FI, Yetilmezsoy K, Comez S, Bayhan H. Performance evaluation and kinetic modeling of the start-up of a UASB reactor treating municipal wastewater at low temperature. *Bioprocess Biosyst Eng* 2011; 34(2): 153-62.
14. Panpong K, Srisuwan G, Thong S, Kongjan P. Enhanced biogas production from canned seafood wastewater by co-digestion with glycerol waste and wolffia arrhiza. *Energy Procedia* 2014; 52: 337-51.
15. Saeed Khabbaz M, Shakeri M. Performance of an anaerobic baffled reactor for olive mill oilwastewater treatment. *Proceedings of the 9th Iranian Chemical Engineering Congress (ICChEC9)*; 2004 Nov. 23-25 Nov; Tehran, Iran; 2004. p. 3056-64. [In Persian].
16. Abtahi SM, Torabian A, Vosoogh A, Jafari B, Gholizadeh M. Comparison of the monod and kincannon-stover models for kinetic evaluation in an anaerobic baffled reactor (ABR). *Environmental Sciences* 2011; 8(2): 55-66. [In Persian].
17. Benefield LD, Randall CW. Evaluation of a comprehensive kinetic model for the Aerated lagoons process *J Water Pollut Control Fed* 1977; 1636-41.
18. Henze M. Characterization of wastewater for modelling of activated sludge processes. *Water Sci Tech* 1992; 25(6): 1-15.
19. Kovarova-Kovar K, Egli T. Growth kinetics of suspended microbial cells: from single-substrate-controlled growth to mixed-substrate kinetics. *Microbiol Mol Biol Rev* 1998; 62(3): 646-66.
20. Lawrence AW, McCarty PL. Unified basis for biological treatment design and operation. *Journal of the Sanitary Engineering* 1970; 96(3): 757-78.
21. Asadi A, Zinatizadeh AA, Sumathi S. Industrial estate wastewater treatment using single up-flow aerobic/anoxic sludge bed (UAASB) bioreactor: A kinetic evaluation study. *Environ Prog Sustain Energy* 2014; 33(4): 1220-8.
22. Borghei SM, Sharbatmaleki M, Pourrezaie P, Borghei G. Kinetics of organic removal in fixed-bed aerobic biological reactor. *Bioresour Technol* 2008; 99(5): 1118-24.
23. Gonzalez-Martinez S, Duque-Luciano J. Aerobic submerged biofilm reactors for wastewater treatment. *Water Res* 1992; 26(6): 825-33.
24. Hassard F, Biddle J, Cartmell E, Jefferson B, Tyrrel S, Stephenson T. Rotating biological contactors for wastewater treatment: A review. *Process Saf Environ Prot* 2015; 94: 285-306.
25. Sandhya S, Sarayu K, Swaminathan K. Determination of kinetic constants of hybrid textile wastewater treatment system. *Bioresour Technol* 2008; 99(13): 5793-7.
26. Wilson F. Total organic carbon as a predictor of biological wastewater treatment efficiency and kinetic reaction rates. *Water Sci Technol* 1997; 35(8): 119-26.

Biokinetic Coefficient Determination of Sanitary Wastewater Treatment in Aeration Lagoon in Full Scale (Case Study: Sepahanshahr Wastewater Treatment Plant, Iran)

Mohamad Mehdi Amin¹, Afshin Ebrahimi², Golrokh Marasi³, Hoseyn Tahvilian³

Original Article

Abstract

Background: Previously, the used wastewater treatment process designing was based on experimental parameters. But, because of the variety of quality and quantity of inflow, effluent was not being applicable to meet expected quality, when standard parameters were used in design process only. Nowadays, logical parameters which are based on biological kinetic equation are used as experimental parameters in wastewater treatment process designing. The aim of this study was to determine biokinetic coefficients of K_B and U_{max} in wastewater treatment process of Sepahanshahr, Iran, to use the results in similar conditions.

Methods: In wastewater treatment plant, the efficiency of biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), and total suspended solids (TSS) removal in aeration lagoon in Sepahanshahr was investigated at a 3-year period, and the kinetic coefficients were determined. The sampling was done weekly. Biokinetic coefficients were obtained using Kincannon-Stover model.

Findings: The mean efficiency of BOD, COD, and TSS removal in aeration lagoon were 72 ± 4 , 70 ± 6 , and 62 ± 6 percent, respectively. The amounts of K_B and U_{max} for aeration lagoon were 136.5 and 55.8 g COD/l per day, respectively.

Conclusion: The effluent quality of Sepahanshahr wastewater treatment process met the environmental organization of Iran to reuse in irrigation. Biokinetic coefficients calculation shows that Kincannon-Stover model is adapted for COD removal in aeration lagoon ($R^2 > 0.88$).

Keywords: Wastewater treatment, Bio kinetic coefficients, Aeration lagoon, Kincannon-stover

Citation: Amin MM, Ebrahimi A, Marasi G, Tahvilian H. **Biokinetic Coefficient Determination of Sanitary Wastewater Treatment in Aeration Lagoon in Full Scale (Case Study: Sepahanshahr Wastewater Treatment Plant, Iran).** J Health Syst Res 2018; 14(1): 91-7.

1- Professor, Environment Research Center, Research Institute for Primordial Prevention of Non-communicable Diseases AND Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

2- Associate Professor, Environment Research Center, Research Institute for Primordial Prevention of Non-communicable Diseases AND Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

3- MSc Student, Student Research Committee AND Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Corresponding Author: Hoseyn Tahvilian, Email: h_tahvilian@yahoo.com