DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3035 Published by Vesnu Publications

تعیین ضرایب سینتیکی در تصفیه فاضلاب شهری به روش لاگون هوادهی در مقیاس کامل (مطالعه موردی: تصفیه‌خانه فاضلاب سپاهان‌شهر اصفهان)

محمدمهدی امین[۱]، افشین ابراهیمی[۲]، گلرخ مراثی[۳]، حسین تحویلیان[۳]

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 سپاهان‌شهر 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 سپاهان‌شهر 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 ۷۲ ± ۴، ۷۰ ± ۶ و ۶۲ ± ۶ درصد بود. ضرایب بیوسینتیکی با استفاده از مدل Kincannon-Stover محاسبه شد و مقادیر U_{max} و K_B برای لاگون هوادهی به ترتیب ۵۵/۸ و ۱۳۶/۰ گرم COD بر لیتر در روز به دست آمد.

نتیجه‌گیری: کیفیت پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب سپاهان‌شهر مطابق با استانداردهای مورد نظر محیط زیست برای استفاده در کشاورزی است. مدل اصلاح شده Kincannon-Stover همبستگی بالایی (R^2 = ۰/۸۸) با نتایج آزمایشگاهی دارد. بنابراین، می‌توان از این مدل جهت طراحی و پیش‌بینی رفتار لاگون‌های هوادهی استفاده نمود.

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

ارجاع: امین محمدمهدی، ابراهیمی افشین، مراثی گلرخ، تحویلیان حسین. **تعیین ضرایب سینتیکی در تصفیه فاضلاب شهری به روش لاگون هوادهی در مقیاس کامل (مطالعه موردی: تصفیه‌خانه فاضلاب سپاهان‌شهر اصفهان).** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۷؛ ۱۴ (۱):۹۷-۹۱

دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۸ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۲/۸ تاریخ چاپ: ۱۳۹۷/۱/۱۵

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 (۲، ۱).

لاگون‌های هوادهی، حوضچه‌های خاکی با عمق ۶-۲ متر، دارای زمان ماند کمتر از ۱۰ روز می‌باشد که با استفاده از هواده‌های 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 (۴، ۳). 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 تحویلیان Email: h_tahvilian@yahoo.com

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.1.17.7]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3035]

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 (۷-۵). 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 (۱۶-۸، ۵).

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 (۱۸، ۱۷)، بر اساس معادله Monod می‌باشد و به عنوان متداول‌ترین معادلات در تعیین ضرایب سینتیکی استفاده می‌شود (۲۰، ۱۹). 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 Kincannon و Stover ابداع شد که می‌توان گفت .برگرفته از معادلات Monod بود (رابطه۳+۶ ۱).

$$r_{su} = \frac{d_s}{d_t} = \mu_m \frac{U_{max(\frac{QS_g}{A})}}{K_B(\frac{QS_i}{A})}$$ 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 بیوفیلم‌دار 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.

$$r_{su} = \frac{d_s}{d_t} = \mu_m \frac{U_{max(\frac{QS_g}{V})}}{K_B(\frac{QS_i}{V})}$$ رابطه ۲

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

$$r_{su} = \frac{d_s}{d_t} = \frac{Q}{V(S_i - S_e)}$$ 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.

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

$$\frac{V}{Q(S_i - S_e)} = \frac{K_B}{U_{max(\frac{V}{QSI})}} + \frac{1}{U_{max}}$$ رابطه ۵

با رسم نمودار بین V/QSi و V/Q(Si-Se) 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، Si غلظت سوبسترای ورودی بر حسب گرم Chemical oxygen demand (COD) بر لیتر، Se 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.

$$S_e = S_i = \frac{U_{max.Si}}{K_B + (\frac{QS_i}{V})}$$ رابطه ۶

$$V = \frac{QS_i}{\left(\frac{U_{max.Si}}{S_i = S_e}\right) - K^B}$$ رابطه ۷

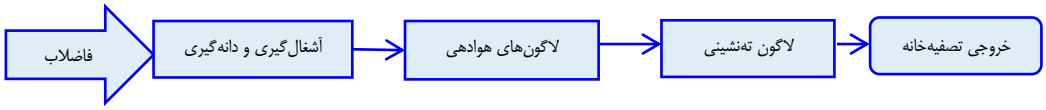
هدف از انجام مطالعه حاضر، تعیین ضرایب بیوسینتیکی K_B و U_{max} در لاگون هوادهی تصفیه‌خانه فاضلاب سپاهان‌شهر به منظور استفاده از شاخص‌ها جهت طراحی سیستم‌های مشابه در کشور بود.

روش‌ها

این پژوهش از نوع تجربی بود و به مدت سه سال در مقیاس واقعی تصفیه‌خانه فاضلاب سپاهان‌شهر انجام گرفت. دبی ورودی به تصفیه‌خانه طی سال‌های مورد بررسی بین ۱۲۵۰۰ تا ۱۴۵۰۰ مترمکعب در روز بود. فاضلاب ورودی پس از آشغال‌گیری، توسط دریچه مخصوص و کانال‌های ویژه به ۳ مدول هدایت می‌شد. در هر مدول، ۳ لاگون ذوزنقه‌ای 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 ذوزنقه‌ای 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 ته‌نشین شده هر چند سال از طریق سطح شیب‌دار تعبیه شده در هر لاگون تخلیه می‌گردد. پساب خروجی زلال شده از دریچه 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 سپاهان‌شهر نشان داده شده است.

هواده‌های تصفیه‌خانه به صورت سطحی شناور و توان هر یک ۱۱ کیلووات می‌باشد. تعداد هواده‌ها در لاگون‌های اول، دوم و سوم به ترتیب ۶، ۵ و ۳ دستگاه است. زمان ماند در این لاگون‌ها ۶ روز می‌باشد و به منظور عدم ته‌نشینی لجن و همچنین، تثبیت مواد آلی، هوادهی 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 میلی‌گرم در لیتر می‌باشد.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.1.17.7]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3035]

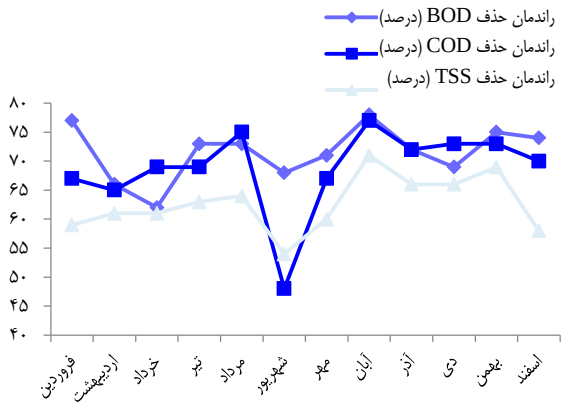


شکل ۱. نمای شماتیک تصفیه‌خانه فاضلاب سپاهان‌شهر

در تحقیق حاضر، نمونه‌برداری به صورت هفتگی از فاضلاب ورودی و خروجی [سنجش شاخص‌های BOD، COD، کل جامدات معلق (Total suspended solids یا TSS)، pH و درجه حرارت] و لاگون هوادهی (تعیین MLSS) انجام می‌شد و بر اساس آخرین روش ارایه شده در کتاب استاندارد متد (۶) مورد آزمایش قرار می‌گرفت. نمونه‌ها به صورت اتفاقی در ساعت ۱۰ صبح از لاگون‌های سری از هر مدول گرفته می‌شد و نتایج به صورت میانگین ماهانه گزارش می‌گردید. حداکثر و حداقل دمای اندازه‌گیری شده در طی انجام مطالعه به ترتیب ۲۵ و ۱۷ درجه سانتی‌گراد بود. داده‌های به دست آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و ضرایب سینتیکی K_B و U_{max} نیز با استفاده از معادله Kincannon-Stover محاسبه شد.

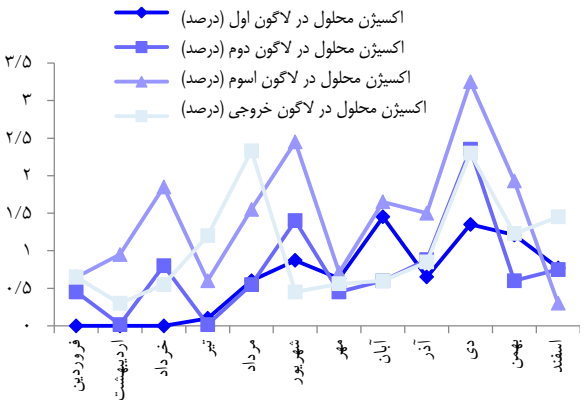
یافته‌ها

بررسی نتایج آزمایش‌های صورت گرفته بر روی لاگون‌های هوادهی نشان داد که در فصول گرم سال و با افزایش دما، راندمان حذف شاخص‌های آلی از جمله BOD، COD و TSS افزایش یافته است. همچنین، میانگین راندمان حذف BOD، COD و TSS در تصفیه‌خانه به ترتیب ۵ ± ۷۱، ۸ ± ۶۹ و ۵ ± ۶۳ درصد بود (شکل ۲). میزان اکسیژن محلول در لاگون‌ها در بیشتر موارد کمتر از ۳ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد (شکل ۳).



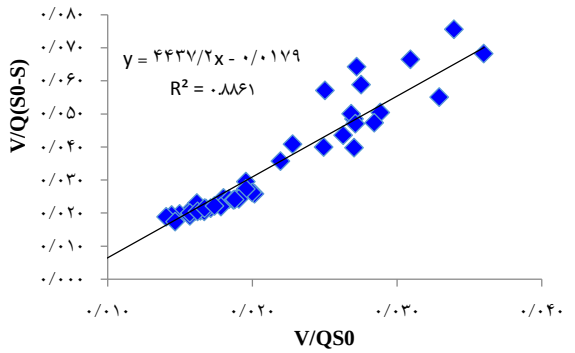
شکل ۲. مقایسه میانگین راندمان حذف Biochemical oxygen demand (BOD)، Chemical oxygen demand (COD) و Total suspended solids (TSS) در لاگون‌های هوادهی طی سه سال مطالعه

مطابق با نتایج به دست آمده، میزان BOD، COD و TSS موجود در پساب تصفیه‌خانه مطابق با استانداردهای سازمان محیط زیست ایران جهت استفاده در آبیاری زمین‌های کشاورزی می‌باشد.



شکل ۳. میانگین میزان اکسیژن محلول فاضلاب تصفیه‌خانه فاضلاب سپاهان‌شهر در سال‌های مورد بررسی

ضرایب بیوسینتیکی 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 $\frac{V}{Q(S_i - S_e)}$ بر حسب $\frac{V}{QS_i}$، ثوابت سینتیکی مدل Kincannon-Stover به دست می‌آید؛ 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 بیوسینتیکی در لاگون واقعی به ترتیب عبارت از U_{max} = ۵۵/۸۰ و K_B = ۱۳۶/۵۲ محاسبه گردید.



شکل ۴. محاسبه شاخص‌های Umax و KB طی سه سال بهره‌برداری در لاگون تصفیه‌خانه

بحث

نتایج آزمایش‌های انجام شده بر روی لاگون هوادهی تصفیه‌خانه فاضلاب

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.1.17.7]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3035]

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

تصفیه‌خانه	راندمان حذف BOD (درصد) (میانگین ± انحراف معیار)	راندمان حذف COD (درصد) (میانگین ± انحراف معیار)	راندمان حذف TSS (درصد) (میانگین ± انحراف معیار)	دبی ورودی (مترمکعب در روز) (میانگین ± انحراف معیار)
سپاهان‌شهر	۷۲/۰ ± ۴/۶	۷۰/۰ ± ۱۰/۴	۶۱/۰ ± ۶/۴	۱۳۴۰۰/۰ ± ۵۹۳/۵
اردستان	۸۴/۰ ± ۳/۹	۸۲/۵ ± ۵/۰	۷۰/۰ ± ۱/۶	۷۸۰/۰ ± ۱۱۲/۰
باغ بهادران	۷۸/۵ ± ۱۰/۶	۸۷/۰ ± ۱۱/۸	۶۶/۰ ± ۱۵/۰	۸۰۲/۰ ± ۴۸/۰
سمیرم	۸۱/۵ ± ۱۱/۵	۷۷/۰ ± ۱۷/۰	۷۵/۰ ± ۱۴/۰	۲۳۲۰/۰ ± ۲۹۵/۰
زرین‌شهر	۷۲/۶ ± ۹/۹	۶۵/۰ ± ۷/۶	۵۲/۰ ± ۲۱/۰	۹۰۰۰/۰ ± ۳۰۸/۰
مبارکه	۸۴/۶ ± ۰/۹	۸۳/۰ ± ۱/۸	۶۳/۰ ± ۱/۸	۲۹۰۰/۰ ± ۱۰۰/۰

* آمار اخذ شده از شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان

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

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 ارایه شده است..

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، راندمان حذف BOD در تصفیه‌خانه‌هایی که به روش لاگون هوادهی طراحی شده‌اند، بین ۷۲ تا۸۴ 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 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 سپاهان شهر 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.

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
دبی ورودی (مترمکعب در روز) (میانگین ± انحراف معیار)	۱۳۴۰۰/۰ ± ۵۹۳/۵	۴۹۴۰۰ ± ۴۰۳۷	۱۸۸۸۰۰ ± ۱۲۶۳۷	۱۲۱۴۸۰ ± ۳۹۱۸
BOD (میلی‌گرم در لیتر) (میانگین ± انحراف معیار)	۲۰۰/۰ ± ۱۰/۷	۲۷۴ ± ۴۶	۲۳۳/۰ ± ۱۶/۷	۳۲۱ ± ۴۴
COD (میلی‌گرم در لیتر) (میانگین ± انحراف معیار)	۴۰۹/۰ ± ۲۰/۵	۴۸۰ ± ۴۱	۵۲۸ ± ۵۴	۸۹۰ ± ۲۴۰
TSS (میلی‌گرم در لیتر) (میانگین ± انحراف معیار)	۱۶۴/۰ ± ۷/۷	۲۴۴ ± ۲۵	۲۹۰ ± ۳۳	۲۹۰ ± ۳۳
راندمان حذف BOD (درصد) (میانگین ± انحراف معیار)	۷۲/۰ ± ۴/۶	۸۰ ± ۵	۸۲/۰ ± ۲/۸	۹۱/۶ ± ۵/۸
راندمان حذف COD (درصد) (میانگین ± انحراف معیار)	۷۰/۰ ± ۱۰/۴	۷۸/۰ ±۳/۷	۸۶/۶ ± ۲/۰	۸۸/۰ ± ۹/۷
راندمان حذف TSS (درصد) (میانگین ± انحراف معیار)	۶۱/۰ ± ۶/۴	۶۹ ± ۹	۸۲/۵ ± ۳/۰	۹۰/۷ ± ۶/۶

* آمار اخذ شده از شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان

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

http://hsr.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.1.17.7]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3035]

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	*۵۱/۰	*۲۵۶/۰۰	۲۳
سنتتیک	پایلوت رآکتور بیولوژیکی هوازی فیلم ثابت	۷۵۰-۲۲۵۰	۱۰۱/۰	۱۰۶/۸۰	۲۲
نساجی	بستر چسبیده متحرک در مقیاس آزمایشگاهی	۱۱۷۶-۲۷۰۰	۲۱۲/۰	۲۲/۸۹	۲۵
ترشی‌سازی	رآکتور بیولوژیکی دوار	۶۴۰۰۰	*۱۳/۵	*۱۳/۷۰	۲۶
صنعتی	بستر لجن هوازی/ انوکسیک با جریان رو به بالا در مقیاس پایلوت	۹۴۵-۱۲۰۰	۸/۴۷	۹/۸۲	۲۱
خانگی	لاگون هوادهی در مقیاس کامل (۹۵-۹۲)	۳۲۹-۴۱۱	۵۵/۸	۱۳۶/۰۰	(مطالعه حاضر)

* گرم بر مترمربع در روز

COD: Chemical oxygen demand

در ادامه مطالعه، ضرایب سینتیکی 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 بیوسینتیکی در لاگون هوادهی می‌باشد (R^2 = ۰/۸۸).

جهت محاسبه ضرایب بیوسینتیکی در لاگون 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 = ۰/۹۵) (۲۳).

در تحقیق برقعی 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 بیوسینتیکی 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 = ۰/۹۹) (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 = ۰/۹۵) (۲۵).

پژوهش Wilson در مقیاس پایلوت به روش Rotating Biological Contactor (RBC) بر روی تصفیه فاضلاب 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 = ۰/۹۶) (۲۶).

اسدی و همکاران تحقیقی را بر روی فاضلاب ناحیه صنعتی فرامان (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 = ۰/۹۲) (۲۱).

بررسی و مقایسه ضرایب بیوسینتیک 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 بیوسینتیکی در لاگون 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.

References

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.1.17.7]

[DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3035]

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. Sịnchez 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-Aydinol 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 baffeld reactor for olive mill oilwastewater treatment. Proceedings of the 9th Iranian Chemical Engineering Congress (IChEC9); 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.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.1.17.7]

[DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3035]

DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3035 Published by Vesnu Publications

Journal of Health System Research Vol. 14, No. 1, Spring 2018

Received: 28.12.2016 Accepted: 26.02.2017 Published: 04.04.2018

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

Mohamad Mehdi Amin[1], Afshin Ebrahimi[2], Golrokh Marasi[3], Hoseyn Tahvilian[3]

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: SepahanshahrWastewater 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

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.1.17.7]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3035]