علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره نوزدهم، ویژه نامه شماره ۵ ، تابستان۱۳۹۶

بررسی عملکرد سیستم هوادهی گسترده در تصفیه فاضلاب بیمارستانی و تعیین ضرایب سینیتیکی آن- مطالعه موردی: تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان قدس سنندج

مقداد پیرصاحب [۱]

عبداله درگاهی [۲]

علی اکبر زینتی زاده [۳]

راضیه خاموطیان [۴]

مژگان مشیرپناهی [۴*]

m.moshipanahi@gmail.com

حافظ گلستانی فر [۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۵/۲۳ **تاریخ پذیرش:۱۳۹۳/۰۷/۰۳**

چکیده

زمینه و هدف: مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کارایی فرآیندهای بیولوژیکی تصفیه فاضلاب انتخاب مناسب عوامل بیوسینتیکی می‌باشد. لذا هدف از این مطالعه بررسی عملکرد فرایند بیولوژیکی سیستم لجن فعال در تصفیه فاضلاب بیمارستان قدس شهر سنندج و تعیین ضرایب سینیتیکی آن می‌باشد.

روش بررسی: این تحقیق از نوع توصیفی مقطعی بوده که در سال ۱۳۹۰ به مدت ۳ ماه به طول انجامید. در این پژوهش از فاضلاب خام، حوض هوادهی، پساب خروجی ثانویه و لجن برگشتی جمعاً ۱۰۰ نمونه برداشت شد و در هریک از نمونه های مذکور، پارامترهایCOD ، MLSS ، TSS، VSS، دبی فاضلاب ورودی و F/M به طور روزانه و BOD5 بصورت هفته ای ۲ بار اندازه‌گیری شد. همچنین ضرایب سینیتیکیμmax، Kd، Y، Ks و K با استفاده از معادلات مربوطه محاسبه گردید.

یافته‌ها: نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که میانگین BOD5، COD و TSS در پساب خروجی ۱۱/۹±۳۹، ۲۳/۶±۱۰۲ و ۳۰±۵۳ میلیگرم در لیتر حاصل شد و میانگین ضرایب سینتیکی K، Ks، Y، Kd و μmax به ترتیب ۰/۱۴±۲/۳۹، ۵/۹۷±۳۶/۷، ۰/۰۲۸±۰/۱۸۸، ۰/۰۱±۰/۰۴ و ۰/۰۱۷±۰/۳۹ بدست آمد.

نتیجه‌گیری: به طور کلی کارایی سیستم لجن فعال با توجه به هدف اصلی(تعیین ضرایب سینتیکی) نامناسب ارزیابی شد.

واژه‌های کلیدی: لجن فعال، فرآیند هوادهی گسترده، ضرایب سینیتیکی، فاضلاب بیمارستانی، سنندج.

۱- استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

۲- دکترای تخصصی مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

۳- دانشیار گروه مهندسی عمران محیط زیست، دانشکده شیمی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

۴*- (مسوول مکاتبات): دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی آب و فاضلاب، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران.

۵- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

J.Env. Sci. Tech., Vol 19, Special No.5, Summer 2017

Evaluating the performance of extended aeration process in treatment of hospital wastewater and determining its kinetic coefficients- Case study: Wastewater Treatment Plant of Quds Hospital in Sanandaj

Meghdad Pirsaheb [1]
Abdollah Dargahi [2]
AliAkbar Zinatizadeh [3]
Razieh Khamutian [4]
Mojgan Mashirpanahi [4*]
m.moshipanahi@gmail.com
Hafez Golestanifar [5]

Abstract

Background and Objective: The most effective issues in biological processes of wastewater treatment are appropriate selection of bio-kinetics issues. Therefore, the goal of this study is to review the operation, to determine the kinetics parameters and to model the biological process of the activated sludge unit of Qods hospitals wastewater treatment plant in Sanandaj, Iran.

Method: This research is a descriptive sectional one which is conducted in the laboratory of Sanandaj wastewater treatment plant during 3 months in the 2011. As a result, a total of 100 samples were taken from raw wastewater, pond aeration, secondary effluent sludge and returned sludge. In each sample, COD, MLSS, TSS, VSS, discharge of raw sewage, F/M (on a daily basis), and BOD_5 (two times a week) were measured.

Findings: The results from this study showed that the mean BOD_5, COD, TSS in the secondary effluent were 39±11.9, 102±23.6 and 53±30 mg/l, respectively, and the mean of kinetics parameters of K, K_S, Y, $K_{d,}$ and μ_{max} were 2.39±0.14, 36.7±5.97, 0.188±0.028, 0.04±0.01 and 0.39±0.017 respectively.

Conclusion: Considering the intended goal (determination of kinetic coefficients) the overall efficiency of the activated sludge system was obtained to beinappropriate.

Keywords: Activated sludge, Extended aeration process, Kinetic coefficients, Hospital wastewater, Sananda.

1-Professor of Environmental Health Engineering, Faculty of Public Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran.
2- PhD in Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Hamedan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.
3 -Associate Professor of Environmental Engineering, Faculty of Chemistry, Razi University, Kermanshah, Iran.
4-MSc Graduate in Water and Wastewater Engineering, Faculty of Public Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran. **(Corresponding Author)*
5- MSc Graduate of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

مقدمه

متداولترین فرایند رشد معلق برای تصفیه فاضلاب شهری، فرایند لجن فعال می باشد که در سال ۱۹۱۳ در ایستگاه تحقیقاتی لاورنس در ماساچوست به وسیله کلارک و گک ایجاد و توسعه یافت(۱). دلیل نامگذاری آن این است که چون جرم فعال میکروارگانیزم هایی را تولید می کند که قابلیت تثبیت کردن مواد زائد را تحت شرایط هوازی دارد. در حوض هوادهی زمان تماس برای اختلاط و هوادهی فاضلاب ورودی در یک سوسپانسیون میکروبی فراهم می شود که معمولاً جامدات معلق مایع مخلوط[1] یا جامدات معلق فرار مایع مخلوط[2] نامیده می شود. برای اختلاط و انتقال اکسیژن به فرایند از تجهیزات مکانیکی استفاده می شود، سپس مایع مخلوط به یک زلال ساز انتقال می یابد که در حضور ارگانیزم های زنده، لجن فعال نامیده میشود که برای تداوم تجزیه زیستی مواد آلی فاضلاب ورودی به حوضچه هوادهی برگشت داده می شود، بخشی از این جامدات تغلیظ شده حین تولید جرم سلولی زیاد، ممکن است در طول فرایند همراه با جامدات غیرقابل تجزیه در فاضلاب ورودی تجمع یابند و به صورت روزانه یا دوره ای حذف می شوند (۲). در طی تصفیه ی بیولوژیکی برای کنترل مؤثر رشد و توازن مناسب توده ی زیستی در سیستم، آگاهی و درک روشنی از سینیتیک های سرعت رشد میکروبی، سرعت مصرف سوبسترا (ماده ی آلی یا غذا)، سوبسترا یا نوترینت های محدود کننده ای که بر رشد سلول ها تاثیر می گذارند و سرعت مرگ میکروارگانیسم ها (تجزیه خودخوری) درسیستم ضرورت دارد. ثابت های تناسب که معادله های سینیتیکی سرعت های مذکور بدست آورده می شوند ضریب های سینیتیک زیستی یا ثابت های رشد نامیده میشوند(۱). مهمترین عوامل مؤثر بر کارایی فرآیندهای بیولوژیکی تصفیه فاضلاب انتخاب مناسب عوامل بیوسینیتیکی بوده است(۳). مطالعات مختلفی در نقاط مختلف جهان در ارتباط با تعیین ضرایب سینتیکی صورت گرفته است که میزان ضرایب مذکور را با توجه به نوع فاضلاب، شرایط آب و هوایی، دما و غیره مشخص کرده اند(۳-۵). تعیین پارامترهای بیوسینیتیکی تصفیه فاضلاب کمک شایانی در طراحی دقیق تصفیه خانه های فاضلاب و بررسی عملکرد آنها خواهد نمود و به دلیل عدم وجود ضرایب سینیتیکی واقعی بومی خصوصاً در تصفیه بیولوژیکی سیستم لجن فعال، استفاده از داده های سایر کشورها، لزوم دستیابی به این داده ها بر اساس شرایط محیطی ضرورت تام می یابد(۵). علاوه بر آن جهت برطرف کردن نگرانی های زیست محیطی، پساب خروجی تصفیه خانه باید بطور مداوم از نظر پارامترهایی مانند TSS، BOD، COD، pH و DO مورد ارزیابی قرار گیرد(۶-۷). لذا هدف از این مطالعه بررسی عملکرد تصفیه خانه در پارامترهای و تعیین ضرایب سینیتیکیk (حداکثر سرعت ویژه مصرف ماده غذایی)، Y (ضریب بازدهی)، K_d(ثابت سرعت تجزیه خود تخریبی)، μ_{max} (ثابت حداکثر سرعت رشد ویژه)، Ks(ثابت اشباع) فرایند بیولوژیکی واحد لجن فعال تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان قدس سنندج می باشد.

روش بررسی

این مطالعه از نوع توصیفی – مقطعی می باشد که در واحد آزمایشگاه تصفیه خانه فاضلاب شهر سنندج در سال ۱۳۹۰ طی مدت ۳ ماه (فصل پاییز) به انجام رسید. در این پژوهش از فاضلاب خام، حوض هوادهی، پساب خروجی ثانویه و لجن برگشتی جمعاً ۳۰ نمونه برداشت شد و اقدام به اندازه گیری پارامترهایCOD ، BOD5 ، TSS و VSS شد و ۱۰ نمونه از حوض هوادهی و لجن برگشتی جهت اندازه گیری پارامترهای MLSSوMLVSS برداشت شد. کلیه شرایط نمونه برداری و انجام آزمایشات بر اساس آخرین روش ارائه شده در کتاب استاندارد متد انجام گردید. همچنین برای تعیین ضرایب سینیتیکیμmax، Kd، Y، Ks و K در واحد بیولوژیکی از مدل اصلاح شده مونود استفاده گردید (۸) و در نهایت با استفاده از معادلات مربوطه در این زمینه و رسم نمودار های لازم، ضرایب سنتیکی واحد لجن فعال مذکور محاسبه شد. ضمناً کلیه شرایط نمونه برداری و انجام آزمایشات، طبق روش استاندارد آزمایش های آب و فاضلاب انجام پذیرفت (۹).

تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان قدس سنندج بطور متوسط ۵۷ مترمکعب فاضلاب را به صورت تصفیه لجن برگشتی از نوع گسترده تصفیه می کند. این تصفیه خانه دارای آشغالگیر، دانه گیر، تانک ته نشینی اولیه، واحد هوادهی، واحد تانک ته نشینی ثانویه، واحد حوضچه تماس کلر، واحد تلمبه خانه لجن

1-Mixed liquid suspended solid
2-Mixed liquid volatile suspended solid

برگشتی می باشد. در شکل ۱دیاگرامی از محل های نمونه برداری ترسیم شده است.

تجزیه و تحلیل داده‌های ضرایب سینتیکی

برای تعیین ضرایب سینتیکی در واحد بیولوژیکی از مدل اصلاح شده مونود استفاده شد. معادله مورد استفاده در این مطالعه به صورت زیر بدست آمد. (۱۰)

$$r_{su} = -\frac{KXS}{K_S + S} = \frac{-S_0 - S}{\theta}$$

معادله ۱:

با تقسیم معادله ۱ بر X معادله زیر بدست می آید:

$$\frac{KS}{K_S + S} = \frac{S_0 - S}{\theta X}$$

معادله ۲:

معادله ۳ با معکوس نمودن معادله ۲بدست آمد:

$$\frac{X\theta}{S_0 - S} = \frac{K}{\mu}\frac{1}{S} + \frac{1}{K}$$

معادله ۳:

محاسبه ثابت اشباع ماده غذایی (K_s) و حداکثر سرعت ویژه مصرف ماده غذایی(K)

بعد از تعیین مقدار ماده آلی غیرقابل تجزیه بیولوژیکی در خروجی سیستم، این مقدار از کل COD محلول خروجی کسر و حاصل به عنوان ماده غذایی قابل تجزیه بیولوژیکی محلول در خروجی سیستم منظور می‌شود.

طبق معادله خطی ۳ با ترسیم نمودار عکس مصرف ماده غذایی($\frac{1}{U} = \frac{X\theta}{S_0 - S_e}$) در برابر عکس ماده غذایی قابل تجزیه بیولوژیکی محلول خروجی ($\frac{1}{S_e}$) ضرایب K و K_s قابل محاسبه است.

محاسبه ضریب بازدهی (Y) و ثابت سرعت خودتخریبی (K_d)

طبق معادله خطی $\frac{1}{\theta} = YU - K_d$ با ترسیم نمودار عکس زمان ماند سلولی ($\frac{1}{\theta_C}$ ، سرعت رشد ویژه) در برابر سرعت مصرف ماده غذایی (U)، شیب خط حاصل برابر با Y(ضریب بازدهی سلولی) و عرض از مبداء آن برابر با K_d- (ضریب خود تخریبی) خواهد بود.

روش تعیین μ_{max} و Y_{obs}

پس از تعیین Y و K طبق روش مذکور، ثابت حداکثر رشد ویژه (μ_{max}) از رابطه زیر قابل محاسبه است

$$\mu \max = K.Y$$

نتایج

نتایج حاصل از این مطالعه در جداول ۴-۱ و نمودارهای ۷-۱ ارائه شده است. در جدول شماره ۱، میانگین BOD5، COD و TSS فاضلاب خام و پساب خروجی نهایی و در جدول شماره ۲، مقادیر پارامترهای مورد استفاده جهت تعیین ضرایب بیوسینتیک در جریان های مختلف، در جدول شماره ۳، پارامترهای سینتیکی بدست آمده در جریان های متوسط،حداکثر و حداقل جریان در مدل مونود و در جدول شماره ۴، میزان MLSS تانک هوادهی و لجن برگشتی در جریان های مختلف ارائه شده است. نمودار ۱، میانگین حذف پارامترهای مورد مطالعه در جریان های مختلف، نمودارهای ۲، ۴ و ۶، رگرسیون بین 1/S و Xθ/S0-S برای تعیین K و KS و نمودارهای۳، ۵ و ۷، رگرسیون خطی بین 1/θ و S0-S/ Xθ برای تعیین Kd و Y واحد بیولوژیکی تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان سنندج در جریان های مختلف را نشان می دهد.

جدول ۱- میانگین غلظت BOD5، TSS،COD و TPدر ورودی و خروجی در دبی های مختلف

Table 1- Average concentration of BOD5, COD, TSS and TP at the inlet and outlet at Different flows.

پارامتر / جریان	COD (mg/l)		BOD5 (mg/l)		TSS (mg/l)		VSS		TP	
	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی	ورودی	خروجی
دبی حداکثر	۳۵۷/۵±۱۰۸	۹۷/۲±۱۱/۵	۱۹۶±۳۱/۵۳	۴۴/۴±۹/۷۴	۱۴۸/۶±۴۳/۴۷	۴۴/۷±۱۴/۰۴	۱۲۴/۱±۳۶/۴۲	۳۵±۸/۵۷	۳/۳±۰/۵	۱/۸±۰/۶
دبی متوسط	۲۸۵/۵±۸۹/۷	۹۸/۹±۱۲/۳	۱۵۵/۴±۲۵/۵	۳۹/۵±۳/۷	۱۲۴/۶±۳۹/۸۷	۳۹/۷±۱۲/۸۹	۸۳/۴±۳۱/۳۸	۲۶/۱±۷/۸۳	۴/۶±۰/۸۲	۲/۴۷±۱/۸
دبی حداقل	۲۰۲/۷±۳۶/۹	۸۷±۱۲	۱۲۲/۱±۲۵/۲۹	۳۶/۲±۹/۰۱	۱۰۶/۳±۳۷/۴۶	۳۵/۷±۱۶/۰۹	۸۹/۷±۳۲/۸۹	۲۸/۶±۱۰/۵۵	۵/۹±۰/۶۶	۳/۲±۰/۶۸
استاندارد آبیاری کشاورزی	۲۰۰		۱۰۰		۱۰۰		-		-	
تخلیه به آبهای سطحی	۶۰		۳۰		۴۰					

جدول۲- مقادیر پارامترهای مورد استفاده جهت تعیین ضرایب بیوسینتیک در جریان های مختلف

Table 2- The values of the parameters used to determine the biosynthetic coefficients in Different flows.

پارامتر / جریان	X mg VSS/L	θ d	S mg/L	S_0 mg/L	$\frac{1}{S}$	$\frac{X\theta}{S_0 - S}$	$\frac{S_0 - S}{X\theta}(d^{-1})$	$\frac{1}{\theta}(d^{-1})$	سن لجن (d)	F/M (d-1)
حداقل جریان	۱۰۱۷/۹±۹۶/۸۵	۶/۹۱±۰/۷۷	۳۳/۳±۵/۳۷	۱۲۲/۶±۲۳/۲۵	۰/۰۵۲±۰/۰۴	۰/۶۴۹±۰/۲۶۶	۰/۲۱۳±۰/۱۱۴	۰/۱۴۶±۰/۰۱۵	۳±۰/۳	۰/۰۱±
متوسط جریان	۱۰۱۷/۹±۹۶/۸۵	۱/۰۳۶±۰/۱۲	۳۹/۵±۳/۷۲	۱۵۵/۹±۲۴/۷۳	۰/۰۵۵±۰/۰۵۶	۰/۶۵±۰/۲۶	۰/۲۱±۰/۱۱	۰/۹۷±۰/۱۰	۳/۶±۰/۴۸۲	۰/۱۱±۰/۰۳
حداکثر جریان	۱۰۱۷/۹±۹۶/۸۵	۰/۲۹۸±۰/۰۳۳	۴۸/۸±۷/۴۸	۱۸۱/۸±۴۲/۷۲	۰/۰۵۸±۰/۰۵۵۴	۰/۶۶±۰/۲۸	۰/۱۹۸±۰/۱۱۲	۰/۹۷±۰/۱۰	۳/۵±۰/۳۹۶	۰/۴۶±۰/۱۵

جدول ۳- پارامترهای سینتیکی بدست آمده در جریان های متوسط،حداکثر و حداقل جریان در مدل مونود

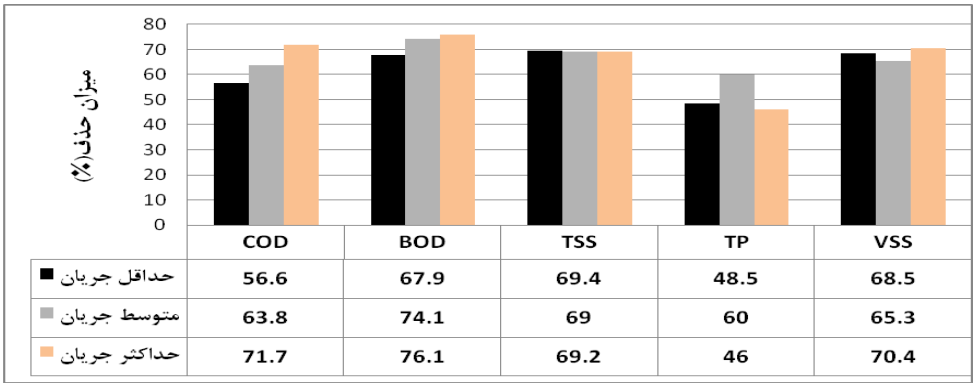
Table 3-The kinetic parameters obtained in the mean, maximum and minimum flows in the monod model

پارامترهای سینتیکی / جریان	K d-1	KS mg/l.d	Kd d-1	Y	μmax d-1
حداکثر	۲/۴۴	۳۶	۰/۰۴	۰/۱۶۵	۰/۴
متوسط	۲/۲۳	۳۱/۱۲	۰/۰۵	۰/۱۸۱	۰/۴
حداقل	۲/۵	۴۳	۰/۰۳	۰/۲۲	۰/۳۷

جدول۴- میزان MLSSتانک هوادهی و لجن برگشتی در جریان های مختلف

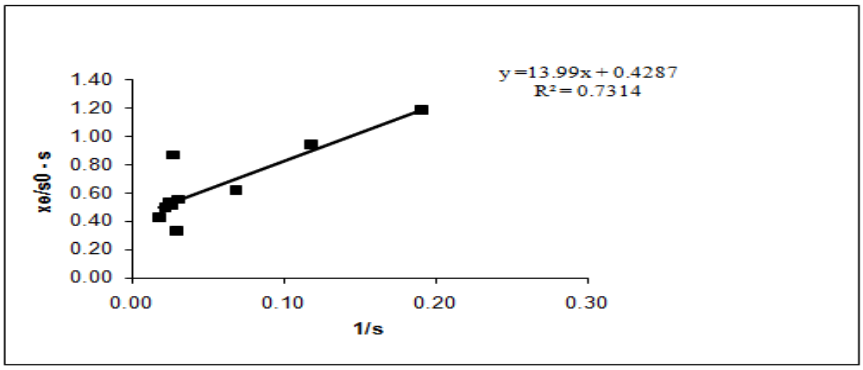
Table 4- MLSS of aeration tank and returning sludge in Different flows

پارامتر	MLSSهوادهی (X)(mg/l)	MLSSلجن (Xw)(mg/l)
حداقل جریان	۹۸۶/۲۳±۶۷/۵۴	۱۴۹۶/۶۸±۱۹۴/۲۹
متوسط جریان	۱۰۱۷/۹±۹۶/۸۵	۱۹۰۵/۱±۲۵۸/۴۳
حداکثر جریان	۲۱۰۸±۱۶۵/۹۳	۳۲۴۰±۳۹۸/۷۶



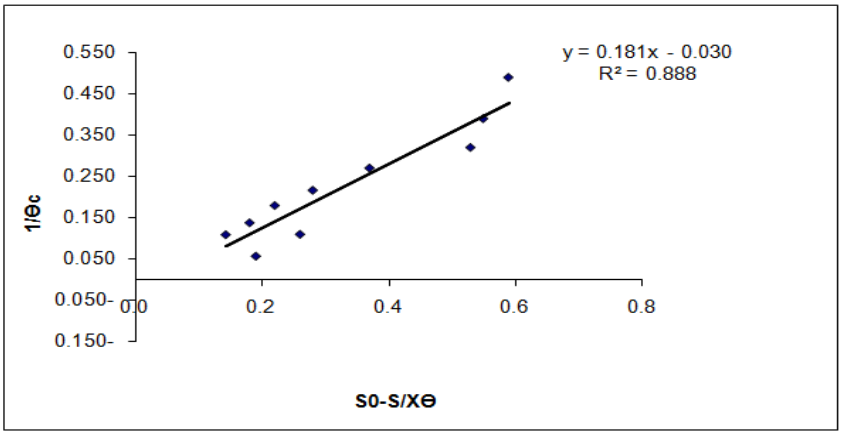
نمودار ۱- میانگین حذف پارامترهای مورد مطالعه در جریان های مختلف

Figure 1- Average removal of the studied parameters in different flows



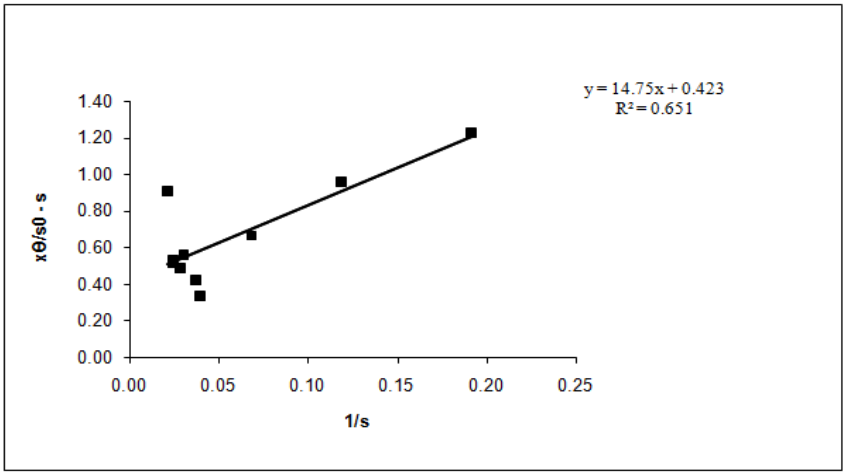
نمودار ۲- رگرسیون بین $\frac{1}{S}$ و $\frac{X\theta}{S_0-S}$ در تعیین K و K_s در متوسط جریان

Figure 2- Regression in the determination K and K_s in the mean flow



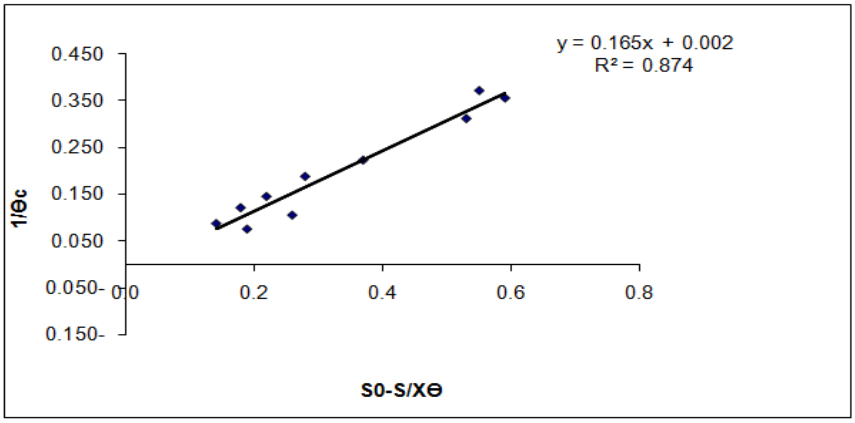
نمودار ۳- رگرسیون خطی بین $\frac{1}{\theta}$ و $\frac{S_0-S}{X\theta}$ در تعیین K_d و Y در متوسط جریان

Figure 3- Regression in the determination K_d and Y in the mean flow



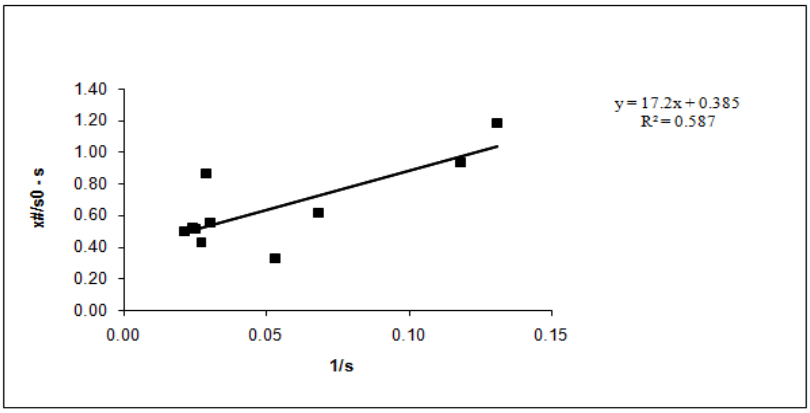
نمودار ۴- رگرسیون بین $\frac{1}{S}$ و $\frac{X\theta}{S_0-S}$ در تعیین K وK_s در حداکثر جریان

Figure 4- Regression in the determination K and K_s in the max flow



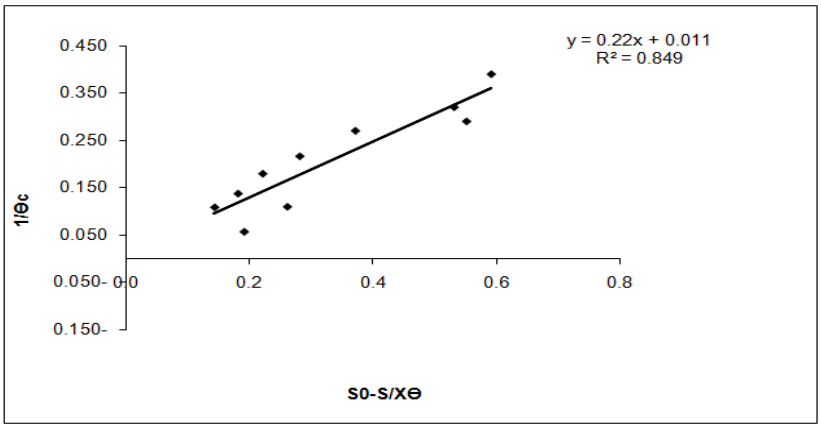
نمودار ۵- رگرسیون خطی بین $\frac{1}{\theta}$ و $\frac{S_0-S}{X\theta}$ در تعیین K_d و Y در حداکثر جریان

Figure 5- Regression in the determination K_d and Y in the max flow



نمودار ۶- رگرسیون بین $\frac{1}{s}$ و $\frac{X\theta}{S_0-S}$ در تعیین K و K_s در حداقل جریان

Figure 6- Regression in the determination K and K_s in the min flow



نمودار۷- رگرسیون خطی بین $\frac{1}{\theta}$ و $\frac{S_0-S}{X\theta}$ در تعیین K_d و Y در حداقل جریان

Figure 7- Regression in the determination K_d and Y in the min flow

بحث و نتیجه گیری

نتایج نشان داد که میانگین پارامترهای BOD5، COD پساب خروجی در هر سه جریان مورد بررسی با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست کشور در ارتباط با استفاده مجدد در آبیاری کشاورزی مطابقت داشته ولی با استاندارد تخیله به آب های سطحی مطابقت نداشت. براساس نتایج ذکر شده در جدول شماره ۱ مشاهده می‌شود که تصفیه‌خانه دارای یک فاضلاب ورودی معمولی و متوسط است. نوسان COD فاضلاب ورودی به دلیل شستشوی بیمارستان با مواد ضدعفونی کننده و درجنت‌های شیمیائی می‌باشد که این مسئله در جریان حداکثر و جریان متوسط که زمان نهار و شستشوی ظروف می باشد، مشهودتر بود. مطابق نتایج حاصله میانگین کلی راندمان حذف COD برای جریان‌های حداکثر، متوسط و حداقل جریان به‌ترتیب برابر با ۷/۱±۷۱/۱، ۶/۳±۶۳/۸ و ۴/۸±۵۶/۶ بدست آمد. راندمان حذف در شرایط حداکثر جریان بالاتر از شرایط متوسط و حداقل جریان می‌باشد. که این مسئله می تواند نشان‌دهنده تحمل شوک‌های وارده به سیستم باشد. در جریان حداکثر به علت رقیق شدن فاضلاب بار آلی سیستم کمتر از جریان متوسط است که در افزایش راندمان حذف نقش به سزائی دارد. در زمینه کارایی سیستم لجن‌فعال در حذف COD نیز مطالعات بسیاری صورت گرفته است. از جمله در پژوهشی که در سال ۱۳۸۶ توسط زولی و همکاران انجام شد، عملکرد سیستم لجن‌فعال را در استان گلستان از نظر میزان حذف COD مورد بررسی قرار دادند و میزان حذف این پارامتر ۹۸/۲٪ به دست آمد(۱۱). همچنین در مطالعه‌ای که جعفرزاده و همکاران در سال ۱۳۸۰ انجام دادند، میزان حذف COD در سیستم لجن فعال برابر با ۴/۷ ± ۹۶/۶ ٪ بود(۱۰).

بررسی BOD5 ورودی تصفیه‌خانه در دوره نمونه‌برداری حاکی از آن است که مقادیر ورودی در محدوده فاضلاب‌های بیمارستانی بوده و نوسانات آن هم کمتر از نوسانات COD می‌باشد. مقادیر BOD5 خروجی بالاتر از استانداردهای تخلیه به آبهای پذیرنده سطحی است. که این نشان‌دهنده عملکرد نسبتاً ضعیف تصفیه‌خانه در حذف BOD5 می باشد. البته دامنه تغییرات آن از ورودی پایین‌تر بوده که نشان می‌دهد سیستم به خوبی قادر به تحمل شوک‌های ناگهانی بوده است. بر طبق نتایج حاصله میانگین کلی راندمان حذف BOD5 برای جریان‌های حداکثر، متوسط و حداقل جریان به ترتیب برابر با ۷۶/۱±۳/۱۶ ، ۷۴/۱±۴ و ۶۷/۹±۵/۵۸ به دست آمد. راندمان حذف در شرایط حداکثر جریان بالاتر از شرایط متوسط و حداقل جریان می‌باشد. که این مسئله نشان‌دهنده تحمل شوک‌های وارده به سیستم می‌باشد. در تحقیقی که توسط زززولی و همکاران انجام گرفت راندمان حذف BOD5 حدود ۹۶/۶٪ گزارش شد(۱۱). یوسفی و همکاران در طرح بهینه‌سازی تصفیه فاضلاب بیمارستانی راندمان حذفBOD5 را ۷۹ ٪ اعلام کردند(۵). در تحقیقی که در همدان روی کارائی سیستم تصفیه فاضلاب بیمارستان آتیه‌سازان انجام شد راندمان حذف BOD5 حدوداً ۸۶/۴ گزارش شد(بینواپور و همکاران، ۱۳۸۶). با مقایسه کارایی حذف BOD5 در این سیستم با سایر مطالعات مشابه مشاهده می‌شود میزان کارایی آن به نسبت پایین می‌باشد که دلیل آن می‌تواند مشکلات بهره‌برداری سیستم باشد. نسبت میانگین COD/BOD5 در ورودی تصفیه‌خانه درحداکثر، متوسط و حداقل جریان به ترتیب برابر است با ۱/۸۲، ۱/۸۴و ۱/۶۶ بوده در حالیکه این نسبت برای خروجی جریان برابر با۲/۲، ۲/۵ و ۲/۴ است. این نسبت در رنج معیارهای موجود قرار دارد. میزان TSS در خروجی تصفیه‌خانه نسبت به پارامترهای دیگر تقریباً مناسب‌تر است به خصوص در شرایط حداقل جریان که رقت فاضلاب کمتر از شرایط هیدرولیکی دیگر است. بر طبق نتایج حاصله میانگین کلی راندمان حذف TSS در سه جریان حداکثر، متوسط و حداقل به‌ترتیب برابر با۶۹/۲±۴/۱۹، ۶۹±۲/۶۴ و۶۹/۴±۴/۷۱ و میانگین کلی راندمان حذف VSS در سه جریان حداکثر، متوسط و حداقل به ترتیب برابر ۷۰/۴±۵/۹۶، ۶۵/۳±۸/۳۸ و ۶۸/۵±۷/۰۸ بدست آمد. که نشان می‌دهد تقریباً راندمان حذف در همه شرایط بارگذاری هیدرولیکی با هم برابرند اما میزان حذف VSS در شرایط پیک حداکثر بالاتر از بقیه حالات است. در زمینه کارایی سیستم لجن‌فعال در حذف TSS نیز مطالعات بسیاری صورت گرفته است. از جمله در پژوهشی که در سال ۱۳۸۶ توسط زوزولی و همکاران انجام شد، عملکرد سیستم لجن‌فعال را در استان گلستان از نظر میزان حذف TSS مورد بررسی قرار دادند و میزان حذف این پارامتر ۹۷/۶٪ بدست آمد(۱۱). با مقایسه کارایی حذف TSS در این سیستم با سایر مطالعات مشابه مشاهده می‌شود میزان کارایی آن به نسبت پایین می‌باشد که دلیل آن می‌تواند مشکلات بهره‌برداری سیستم باشد با این‌حال مقادیر TSS در خروجی کمتر از استانداردهای زیست‌محیطی جهت تخلیه به آب‌های سطحی و استفاده مجدد در کشاورزی است. مقادیر TP در فاضلاب‌های بیمارستانی به علت شستشوی مکرر بخش‌ها، البسه و آشپزخانه معمولاً بالاست که فاضلاب بیمارستان قدس نیز از این امر مستثنی نیست. البته این مقادیر از میانگین TP در فاضلاب های بیمارستانی کمی پائین‌تر است که می‌تواند به دلیل مصرف زیاد آب و رقیق بودن فاضلاب باشد. مقادیر TP در پساب خروجی نسبتاً بالا بوده که می‌تواند به دلیل عدم وجود سیستم حذف شیمیایی و بیولوژیکی فسفر در تصفیه خانه باشد. راندمان کاهش TP در حداکثر، متوسط و حداقل جریان به‌ترتیب ۴۶±۱۱/۲۲ ، ۶۰±۴/۱۴ و ۴۸/۵±۷/۳۵ می باشد. که به نسبت سیستم های لجن فعال فاقد حذف بیولوژیکی فسفر مقدار بالایی را نشان می دهد. مطالعات سینتیکی برای تعمیم و امکان پذیری استفاده از نتایج تحقیقات در مقیاس شهری بسیار مهم می‌باشد. ضرایب سینتیک بدست آمده در جدول ۳ برای جریان های مختلف ارائه شده است. طبق نتایج بدست آمده در تعیین پارامترهای سینتیکی و بررسی ضرایب رگرسیون حاصله تصفیه خانه فاضلاب بیمارستان قدس سنندج از معادله موازنه جرم لارنس و مک کارتی و مدل درجه اول تبعیت می کند. سن لجن در فاضلاب بیمارستان قدس سنندج کمتر از رنج مناسب بوده و در نتیجه کارایی سیستم مناسب نمی‌باشد. زمان ماند جامدات خیلی زیاد (بیش از ۲۰روز) ممکن است منجر به از هم پاشیدگی و ایجاد لخته های نوک سوزنی گردیده که منجر به افزایش کدورت پساب خروجی می‌شود(۱۰). سن لجن فاضلاب در متوسط، حداقل و حداکثر جریان به ترتیب برابر با

۳/۶، ۳ و ۳/۵ روز بدست آمد که با استاندارد اعلام شده برای سیستم لجن فعال متعارف (۱۵-۴ روز) مطابقت ندارد(جدول۲). کم بودن سن لجن به علت پایین بودن MLSS تانک هوادهی و کم بودن نرخ تولید لجن می باشد. مقدار استاندارد MLSS برای حوض هوادهی سیستم لجن فعال هوادهی گسترده بین۴۰۰۰ mg/l- ۲۰۰ مناسب می‌باشد. با توجه به نتایج ارائه شده میزانMLSS در حوض هوادهی در محدوده استاندارد نبوده و پائین تر از محدوده مورد نظر می باشد. میزان F/M سیستم لجن فعال مذکور، بطور میانگین برای حداکثر، متوسط و حداقل جریان به ترتیب۰/۴۶، ۰/۱۱ و ۰/۱ بدست آمد که این میزان بین محدوده‌ی استاندارد (۰/۴ – ۰/۲) قرار ندارد.

هرگاه مقدار مواد مغذی کم باشد باعث می‌شود که میکروارگانیزم‌ها رشدشان کاهش یابد هرگاه ماده غذایی زیاد باشد باکتریها با حداکثر سرعتشان رشد می‌کنند. سرعت رشد جرم سلولی با سرعت مصرف مواد غذایی متناسب می باشد(۱۰) و چون سیستم فاضلاب بیمارستان فدس سنندج شبیه به فاضلاب شهری است نوترینت مورد نیاز باکتری‌ها تأمین می-شود. مقدار پارامتر بهره برداری SVI (شاخص حجمی لجن) در دوره نمونه‌برداری در محدوده استاندارد (۱۵۰ml/g -۵۰) قرار داشت. مقدار pH فاضلاب در سیستم لجن‌فعال بین ۸/۵- ۶/۵ مناسب می‌باشد که در حوض هوادهی و پساب خروجی به طور میانگین ۷ بدست آمد. مقدارDO در حوض هوادهی حداقل باید بین۲ mg/l- ۱ باشد که به طور میانگین در دوره نمونه برداری ۷ mg/l می‌باشد که بالاتر ازحد استاندارد بوده و این نشان از هدر رفتن انرژی می شود.

بارگذاری حجمی لجن سیستم مذکور در حداکثر، متوسط و حداقل جریان به ترتیب برابر با۰/۲، ۰/۱۵۵و ۰/۱۸۱ کیلوگرم BOD5 بر مترمکعب در روز قرار دارد که با میزان استاندارد(۰/۶- ۰/۳ کیلوگرم BOD5 بر مترمکعب در روز) مطابقت ندارد. پارامترهای بدست آمده در این تحقیق(MLVSS,MLSS,SVI) با پارامترهای بدست آمده توسط نوری سپهر به ترتیب(۲۹۰، ۱۵۲۵، ۱۲۳۰ mg/l)(۱۲) و فرزادکیا (۴۷۵، ۶۰۲۰، ۴۷۵۰ mg/l) تصفیه‌خانه‌های شهر تهران(۱۳) ، غلامی تصفیه‌خانه اکباتان(۱۴) مطابقت ندارد.

نتایج حاصل از آزمایش تعیین ضرایب سینتیکی نشان می‌دهد که در حداکثر، متوسط و حداقل به ترتیب ضرایب ثابت اشباع ماده غذایی(KS) ۳۶mg/l ، ۳۱/۱ و ۴۳ ، ثابت حداکثر سرعت ویژه مصرف ماده غذایی (K) 1/day ۲/۴۴، ۲/۲۳و۲/۵ ، ضریب بازدهی سلولی(Y)۰/۱۶۵، ۰/۱۸۱ ، ۰/۲۲، ثابت سرعت خودتخریبی(Kd) 1/day ۰/۰۴، ۰/۰۵، ۰/۰۳ و ثابت حداکثر سرعت ویژه رشد(µmax) 1/day ۰/۲۹۴، ۰/۲۸ و ۰/۳۷ می باشد(جدول ۳). نتایج این تحقیق با ضرایب بدست آمده توسط مهربانی اردکانی (KS= ۴۴/ ۷mg/l ، d-1 ۳/۸ ، K= ۲۴۱ ، Kd =۰/۷۷، Y=۰/۹۴ ، µmax=۱/۹۴)(۱۵)، نقی زاده (µmax = ۱/۸۶، KS =۶۵/۶ ، Kd= ۰/۰۵،Y=۰/۶۷) تلـــز (KS=۱/۳۶،Y=۰/۴۴ ، K= ۳/۲۸ ، Kd=۰/۰۴۱)(۱۶) مطابقت ندارد. به طور معمول ضرایب سینتیک در مطالعات گوناگون بسیار متفاوت است. حتی در مطالعات مشابه و یا تکرار آنها نیز این جواب‌ها اندکی تغییر می‌کند و این به دلیل تفاوت در شرایط بهره‌برداری، تغییر در سوبسترا و یا ترکیبات مغذی ورودی مانند ترکیبات نیتروژنه می‌باشد. به طور کلی کارایی سیستم با توجه به هدف اصلی (تعیین ضرایب سینتیکی) زیاد مناسب نبوده و ضرایب سینتیکی تصفیه‌خانه در محدوده‌ی اعلام شده جهانی نمی‌باشد. البته با تغییر شرایط بهره برداری قابلیت ارتقاء کیفیت تصفیه وجود دارد که این مستلزم تلاش بیشتر و برنامه ریزی دقیق کارشناس محترم بهداشت محیط و همکاری مسئولین محترم بیمارستان می باشد. همچنین راندمان عملکرد تصفیه خانه در پساب خروجی مطابق با استاندارد های زیست محیطی تخلیه به آبهای سطحی نبوده ولی با استانداردهای استفاده مجدد جهت آبیاری کشاورزی مطابقت داشت. با بارگذاری مناسب و تأمین لجن فعال و برگشت مناسب آن به حوض هوادهی امکان بهبود وضعیت تصفیه وجود دارد.

منابع

1- Pirsaheb M, Khamutian R, Dargahi A. Efficiency of Activated Sludge Process (Extended Aeration) in Removal of Linear Alkyl Benzene Sulfonate (LAS) from Municipal Wastewater - Case Study: Wastewater Treatment of Paveh City. j.health. 2013; 4 (3) :249-259.

2- Metcalf and Eddy "Wastewater Engineering, Treatment, Reuse and

Disposal "McGraw-Hill, New York (2003), pp: 632-950.

3- Shokoohi R, Dargahi A, Karami A, Mohammadi M. Application of response surface method to compare the performance of Wetland and extended aeration system for the removal of organic matter from sanitary wastewater. psj. 2017; 15 (3) :1-9.

4- Adams, C.E., Eckenfelder, W.W."A kinetic model for design of CMAS treating variable strength industial waste water", water research, VOL 9, pp37-42, 1975.

۵- یوسفی، ر.، تکدستان، ا.، " تصفیه فاضلاب مفاهیم و اصول طراحی" انتشارات شهر آب تهران ، چاپ اول، ۱۳۸۷.

6- Khamutian R, Dargahi A, Pirsaheb M, Almasi A. Efficiency of conventional activated sludge in the removal of linear alkylbenzene sulfonate from municipal sewage. Journal of Kermanshah University of Medical Sciences. 2014;18(1):9-18.

۷- بینواپور محمد ، سبزواری علی ، فرزاد کیا مهدی ، امیدی شقایق ، کولیوند علی ، ظفری پور همزه ، محمدطاهری ابوالفضل. امکان سنجی استفاده مجدد از پساب تصفیه خانه بیمارستان آتیه سازان همدان برای آبیاری فضای سبز. مجله آب و فاضلاب اصفهان، ۱۳۸۶، ۱۸(۶۴): ۹۲-۸۳.

8- Peavy S H., Rowa R D(1985), "Environmental Engineering", Mc Graw-Hill, New York.

9- APHA.AWWA, WPCF, " Standard Methods for the examinations of water and wastewater ", Washington DC, 1995.

۱۰- جعفرزاده حقیقی فرد نعمت الله.، " مقایسه رفتار سیستم لجن فعال متعارف و اصلاح شده با پودر کربن فعال در حذف ترکیبات بازدارنده رشد میکروبی " پایان نامه دکترا، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ۸۰- ۱۳۷۹.

۱۱- زولی محمد علی، قهرمانی اسمعیل، قربانیان اله آباد مهدی، نیکویی ایوب، هاشمی مریم السادات. بررسی عملکرد فرآیند لجن فعال در تصفیه فاضلاب شهرک صنعتی آق‌قلا استان گلستان در سال ۱۳۸۶. سلامت و محیط ایران. ۱۳۸۹; ۳ (۱) :۵۹-۶۶.

۱۲- نوری سپهر، م.، "بررسی میزان نیتریفیکاسیون در تصفیه خانه صاحبقرانیه و حذف آمونیاک باقی مانده از طریق کلریناسیون" پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ۶۹- ۱۳۶۸.

۱۳- فرزادکیا، م.، " ارائه الگوهای مناسب جهت تثبیت لجن فاضلاب شهر تهران" پایان نامه دکترا، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ۷۸- ۱۳۷۷.

۱۴- غلامی، م.، " بررسی وضعیت تصفیه خانه فاضلاب شهرک اکباتان با تأثیر بر فیلتراسیون پساب" پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ۱۳۷۰.

۱۵- مهربانی اردکانی، م، م.، " بررسی و تعیین ضرایب بیوسینیتیکی رأکتور بیولوژیکی با بستر متحرک *MBBR* برای تجزیه زیستی مونواتیلن گلیکول با بار بالا" پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان، ۱۳۸۶.

16- Tellez, Gilbert T., N. Nirmalakhandan and jorgel. Gavdea- Torresdey, "performance evaluation of an activated sludge system for removing petroleum hydrocarbons from oilfield produced water performance Evaluation of an active sludge system for removing petroleum Hydrocarbons from oilfild produced water", Advances in Enviromental Rwsearch 6,455-470, 2002.