

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و هفت، شماره یک، فروردین ماه ۱۴۰۴ (۱-۲۲)

مقایسه سینتیک و ضرایب واکنش بیولوژیکی حذف کربن، ازت و فسفر در فصول گرم و سرد سال در تصفیه خانه فاضلاب جنوب شرق استان تهران به روش لجن فعال هوادهی گسترده

الهه شبان جمالده^۱

امیر حسام حسنی^{۲*}

ahhassani@srbiau.ac.ir

سیده هدی رحمتی^۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۵

چکیده

زمینه و هدف: از مهم ترین عوامل تأثیر گذار بر کارایی فرآیندهای تصفیه و جنبه های اقتصادی آن انتخاب ضرایب سینتیک مناسب است. به منظور کنترل فرایندهای تصفیه بیولوژیکی و پیش بینی و تخمین حذف مواد آلی و مواد مغذی و همچنین رشد بیولوژیکی از ضرایب سینتیک استفاده شده است. هدف از انجام این تحقیق مقایسه سینتیک و ضرایب واکنش بیولوژیکی حذف کربن، ازت و فسفر در فصول گرم و سرد سال در تصفیه خانه فاضلاب جنوب شرق استان تهران بوده است.

روش بررسی: این مطالعه از نوع توصیفی مقطعی بوده که به مدت ۶ ماه در تابستان و زمستان سال ۱۴۰۰ تعداد ۱۰۸ نمونه با روش نمونه برداری مرکب از محل ورودی و داخل تانک هوادهی و خروجی تصفیه خانه فاضلاب انجام و پارامترهای کمی و کیفی نمونه های برداشت شده شامل دبی فاضلاب ورودی، میزان لجن برگشتی، BOD_5 ، COD، کل مواد معلق، ازت کل، آمونیاک، فسفات کل، MLSS، MLVSS اندازه گیری شد. مقادیر ضرایب سینتیک رشد بر حسب BOD_5 ، COD، TN و TP محاسبه گردید

یافته ها: ضرایب Y ، K_d ، K_s و μ_{max} بر حسب BOD_5 به ترتیب در فصل گرم (0.11 day^{-1}) ، $(0.055 \text{ mgBOD/mgMLSS})$ ، (0.069 day^{-1}) و $(0.055 \text{ mgBOD/mgMLSS})$ و در فصل سرد (0.06 day^{-1}) ، $(0.055 \text{ mgBOD/mgMLSS})$ و (0.069 day^{-1}) و بر حسب COD به ترتیب برای فصل گرم $(0.137 \text{ mgBOD/mgMLSS})$ ، (0.055 day^{-1}) و (0.149 mg/l) و بر حسب COD به ترتیب برای فصل سرد (0.15 day^{-1}) و $(0.055 \text{ mgBOD/mgMLSS})$ و (0.149 mg/l)

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست - دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- استاد گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. * (مسئول مکاتبات)

۳- استادیار گروه مهندسی محیط زیست- دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

(mgCOD/mgMLSS) 0.345 (day^{-1})، 0.09 (mgCOD/mgMLSS)، 0.085 (mg/l) و 0.94 (day^{-1}) و در فصل سرد (mgCOD/mgMLSS) 0.48 (day^{-1})، 0.57 (mgCOD/mgMLSS)، 0.161 (mg/l) و 9.16 (day^{-1}) محاسبه گردید. همچنین ضرایب K_B و U_{MAX} بر حسب TN به ترتیب در فصل گرم (g/l.day) 54.498 ، (g/l.day) 39.84 و در فصل سرد سال (g/l.day) 383.643 ، (g/l.day) 61.349 و بر حسب TP به ترتیب در فصل گرم (g/l.day) 101.592 ، (g/l.day) 76.923 و در فصل سرد (g/l.day) 11.985 ، (g/l.day) 10.427 محاسبه گردید.

بحث و نتیجه گیری: نتایج این تحقیق نشان داد که ضرایب بیولوژیکی حذف کربن، ازت و فسفر تصفیه خانه فاضلاب جنوب شرق استان تهران با مقادیر در نظر گرفته شده در مبانی طراحی تفاوت دارد و تغییرات درجه حرارت تاثیر متفاوتی بر روی ضرایب بیولوژیکی حذف کربن، ازت و فسفر داشته و اثر آن از یک الگوی خاص تبعیت نمی کند.

واژه‌های کلیدی: ضرایب سنتیک، ضریب بهره لجن، ضریب رشد، ازت، لجن فعال گسترده، ترکیبات فسفره، ترکیبات ازته.

Comparison of kinetics and biological reaction coefficients of carbon, nitrogen and phosphorus removal in hot and cold seasons of the year in the southeast sewage treatment plant of Tehran province by activated sludge method

Elahe Shaban Jamaldeh ¹

Amir Hesam Hasani ^{2 *}

drjozali94@gmail.com

Seyade Hoda Rahmati ³

Admission Date: July 3, 2024

Date Received: February 4, 2024

Abstract

Background and Objective: One of the most important factors affecting the efficiency of treatment processes and its economic aspects is the selection of appropriate kinetic coefficients. The kinetic coefficients have been used in order to control the processes of biological treatment and to predict and estimate the removal of organic materials and nutrients as well as biological growth. The purpose of this research is to determine the kinetics and biological reaction coefficients of removing carbon, nitrogen and phosphorus in the hot and cold seasons of the year in the wastewater treatment plant in the southeast of Tehran province.

Material and Methodology: This is a cross-sectional study that was conducted for 6 months with 108 samples using a composite sampling method from the inlet and inside the aeration tank and the outlet of the wastewater treatment plant, and the quantitative and qualitative parameters of the collected samples included The inflow rate sewage, amount of returned sludge, BOD₅, COD, Total suspended solids, total nitrogen, total ammonia, total phosphate, MLSS, MLVSS were measured. The values of the kinetic coefficients in terms of BOD₅, COD, TN and TP were calculated

Findings: Y , K_d , K , K_S and μ_{max} coefficients in terms of BOD₅ respectively in summer season , 0.11 (mgBOD/mgMLSS), 0.069 (day-1), 0.055 (mgBOD/mgMLSS), 1.63 (mg/ l) and 0.006 (day-1) in the winter season 0.11 (mgBOD/mgMLSS), 0.055 (day-1), 0.137 (mgBOD/mgMLSS), 14.49 (mg/l) and 0.015 (day-1) and in terms of COD respectively for the summer season 0.345 (mgCOD/mgMLSS), 0.09 (day-1), 0.085 (mgCOD/mgMLSS), 0.94 (mg/l) and 0.03 (day-1) and in the winter season 0.048 (mgCOD/mgMLSS), 0.057 (day-1), 0.161 (mgCOD/mgMLSS), 9.16 (mg/l) and 0.008 (day-1) were calculated. Also, K_B and U_{MAX} coefficients in terms of TN are respectively in the hot season 54/498 (g/l.day), 39/84 (mg/l.day) and in the cold season 383/643 (g/l.day), 61/349 (mg/l.day) and according to

1- MSc Graduate of Environmental Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2- Professor of Environmental Engineering Department, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. * (Corresponding Author)

3- Assistant Professor of Environmental Engineering Department, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

TP respectively in hot season 101/592 (g/l.day), 76/923 (mg/l.day) and in cold season 11/985 (g/l.day), 10/427 (mg/l.day) was calculated.

Discussion and Conclusion: The results of this research showed that the biological coefficients of carbon, nitrogen and phosphorus removal in the wastewater treatment plant in the southeast of Tehran province are different from the values considered in the design principles, and temperature changes have a different effect on the biological coefficients of carbon, nitrogen and phosphorus removal and its effect does not follow a specific pattern.

Keywords: Kinetic coefficients, Sludge efficiency factor, Growth rate, Nitrogen, Extensive activated sludge, Phosphorus compounds, Nitrogen compounds.

مقدمه

محدود بودن منابع آب و استفاده بهینه از آن در کنار پیامدهای منفی دفع فاضلاب در محیط زیست، جمع آوری و تصفیه فاضلاب را به امری ضروری و اجتناب ناپذیر تبدیل کرده است (۱). به همین دلیل استفاده مجدد از فاضلاب های تصفیه شده به عنوان یک منبع گرانبها آب برای مصارف کشاورزی و آبیاری فضای سبز به ویژه در مناطق کم آب و با توجه به روند روزافزون خشکسالی ها تلقی می شود (۲). استفاده مجدد فاضلاب تصفیه شده در صورتی که ایمنی کامل محیطی تضمین شود و آسیبی به اکوسیستم، خاک و گیاهان وارد نشود و خطر بهداشتی برای جمعیت محلی نداشته باشد امکان پذیر است و این امر مستلزم رعایت دقیق مقرارت موجود در حفاظت از سلامت و ایمنی و همچنین قوانین جاری برای صنعت و کشاورزی است (۳). از این رو کیفیت فاضلاب تصفیه شده از نظر استانداردهای ملی و بین المللی از اهمیت بسزایی برخوردار است (۴).

از آن جایی که اکثر تصفیه خانه های فاضلاب شهری برای حذف مواد آلی محلول فاضلاب از سیستم های بیولوژیکی استفاده می کنند. بنابراین حفظ شرایط رشد محیط کشت مخلوط در سیستم ضرورت تام دارد (۵). با توجه به این که طراحی سیستم های تصفیه تحت تاثیر شرایط اقلیمی یا منطقه ای است و نظر به این که طراحی های فعلی بر پایه مبانی خارج از کشور استوار است، لذا استفاده از ضریب اطمینان بالا از بروز مشکلات اساسی در طراحی، با در نظر گرفتن توسعه آتی جامعه می تواند ابزار موثری باشد (۶). برای دستیابی به این هدف، عملکرد تصفیه خانه های فاضلاب در حال بهره برداری باید با اندازه گیری پارامترهای مختلف مانند BOD، COD، مواد جامد معلق و تغییرات pH فاضلاب تصفیه شده مورد ارزیابی

قرار گیرد که در صورت وجود مشکل بایستی تمهیدات لازم در نظر گرفته شود (۷).

پیش از این، فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی بر اساس پارامترهایی مانند بار هیدرولیکی و بار آلی، چرخه هوادهی حاصل از آزمایش های مختلف یا استفاده از مبانی طراحی منابع و استانداردهای سایر کشورها طراحی می شد که ممکن است برای شرایط منطقه ای ایران مناسب نباشد (۸).

در حال حاضر طراحی های تصفیه خانه های فاضلاب بر اساس معادلات بیوسینتیک انجام میگردد بنابراین می توان گفت که انتخاب ضریب بیوسینتیک مناسب یکی از عوامل موثر بر کارایی فرآیندهای تصفیه و جنبه های اقتصادی آن است. این معادلات بر اساس رشد بیولوژیکی و مصرف ریز مغذی ها است که بر حسب ضریب بیوسینتیک، میانگین زمان ماند سلولی، نسبت غذا به میکروارگانیسم ها و ... بیان می شود (۹). همچنین جهت بهره برداری و نگهداری از تصفیه خانه های فاضلاب و طراحی انواع مختلف سیستم های بیولوژیکی، انتخاب مناسب ضرایب بیوکینتیک مانند ثابت نیمه اشباع (Ks)، ضریب بازده سلولی (Y)، ضریب خود تخریبی (Kd)، نرخ حداکثر مصرف سوبسترا (K) و حداکثر نرخ رشد (μ_{max}) بسته به نوع فاضلاب الزامی است.

با استفاده از ضرایب به دست آمده می توان الگوی حذف مواد آلی و مواد مغذی و رشد میکروبی را پیش بینی و ارزیابی کرد (۱۰). طراحی و بهره برداری از سیستم تصفیه بیولوژیکی نیازمند سرمایه گذاری مالی و انسانی قابل توجهی است. بنابراین برای جلوگیری از هدر رفتن چنین هزینه های هنگفتی، لازم است طراحی با توجه به شرایط اقلیمی منطقه و ویژگی های

محاسبه گردید و نیز میانگین ضریب بازدهی رشد قابل مشاهده برابر با $gvss/gbsCOD = 0.45$ تعیین شد (۱۵).

Saleh Al-dhawi و همکاران (۲۰۲۳) سنتیک حذف مواد مغذی از فاضلاب سینتیک را با استفاده از مدیا غوطه ور در سیستم لجن فعال پیوسته انجام دادند و در این تحقیق پارامترهای NH_4-N و NO_3-N تحت بررسی قرار گرفت و آمونیاک و نیترات به شدت حذف شدند. داده ها برای هر دو مدل بیوکنیتیکی مرتبه اول و مدل مونود در دبی های مختلف برازش داده شد و مدل کینیتیکی مونود برای توصیف نتایج تجربی از نظر پارامترهای رشد میکروبی مناسب بود. ضرایب کینیتیکی $R_2 (0.984)$ و $K_S (3.3)$ و $\mu_{max} = 1.0 \text{ g/l.d}$ برای حذف آمونیاک محاسبه گردید (۱۶).

Bhattacharya و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از یک بیوراکتور بستر متحرک (MBHBR) در حالت دسته ای، سینتیک نیتریفیکاسیون فاضلاب با نیتروژن بالا و کربن آلی بسیار کم را با تغییر غلظت اولیه نیتروژن آمونیوم (NH_4^+-N) در محدوده $500-1000 \text{ mg/l}$ را بررسی نمودند. در پرتو نظریه جنبشی مونود نتایج تجربی تجزیه و تحلیل شد و ضرایب نیتریفیکاسیون به عنوان حداکثر ضریب سرعت حذف سوبسترا $\mu_{max} = 0.52 \text{ d}^{-1}$ ، ثابت نیمه اشباع $K_S = 60.3/11$ میلی گرم $NH_4^+-N/L-1$ ، ضریب عملکرد $Y = 0.63$ میلی گرم $VSS/g \text{ } NH_4^+-N$ و ثابت فروپاشی درونی $d^{-1} = 0.008$ تعیین شد. این مطالعه بازده نیتریفیکاسیون بهتری را در حضور زیست توده متصل در مقایسه با شرایط رشد معلق تایید می نماید (۱۷).

Alfeluo و همکاران (۲۰۲۱) یک مدل پایلوت از سیستم راکتور بیوفیلیم (BRS) بر روی رودخانه لنگات (مالزی) به منظور تعیین ضرایب بیوسنتیک برای تصفیه بیولوژیکی رودخانه را راه اندازی و مورد بررسی قرار دادند که این سیستم به مدت ۶۵ روز با غلظت های مختلف $MLSS$ ، COD و TSS کارکرد. ضرایب K_d ، Y ، K_S و μ_{max} به ترتیب d^{-1} 0.067 ، 0.302 ، $53/22 \text{ mg/l}$ ، $1/39 \text{ d}^{-1}$ و $1/936 \text{ d}^{-1}$ با معادلات مونود محاسبه و ارزیابی شدند که نتیجه گرفت تمامی

واقعی فاضلاب ها بر اساس نتایج حاصل از سنجش های تجربی صورت گیرد. تا بتوان با استفاده از ضریب اطمینان بالا علاوه بر دستیابی به راندمان بیشتر در تصفیه فاضلاب، با کاهش و تنظیم ابعاد واحدها و تجهیزات الکترومکانیکی، هزینه های بهره برداری و اجرایی در تصفیه خانه های فاضلاب را کاهش داد (۱۱). برای طراحی، بهره برداری و نگهداری کارآمد از تاسیسات تصفیه خانه های فاضلاب، باید ضرایب سینتیکی متناسب با نوع فاضلاب و اقلیم منطقه انتخاب شود (۱۲). در سیستم های تصفیه بیولوژیکی ضرایب سینتیکی در محدوده مورد نظر هر فرآیند برای طراحی همان واحد و همان فاضلاب خاص در مکان های مختلف به کار می رود و در محاسبات طراحی تصفیه خانه فاضلاب استفاده می شود (۱۳). تعیین ضرایب بیوسنتیکی در فرآیندهای مختلف تصفیه فاضلاب توسط بعضی از محققان مورد بررسی قرار گرفته است. به عنوان مثال، در سال ۱۳۹۸ رفعتی و همکاران در تصفیه خانه فاضلاب جنوب تهران مطالعه ای در خصوص ارزیابی عملکرد و تعیین ضرایب سینتیکی فرایند نهر اکسایش با استفاده از مدل های حذف آلاینده را انجام دادند. در این مطالعه توصیفی مقطعی پس از جمع آوری نتایج، ضرایب مدل های حذف آلاینده برای $MLSS$ در دو محدوده $2500-3500$ میلی گرم در لیتر و $3500-4500$ میلی گرم در لیتر در فصول گرم و سرد سال تعیین شد. و مدل مونود با ضریب بازده سلولی (Y)، ضریب خود تخریبی (K_d)، نرخ حداکثر مصرف سوبسترا (K) و ثابت نیمه اشباع (K_S) به ترتیب در دو محدوده $MLSS$ برابر $0.331-0.333 \text{ mgCOD/mgSS}$ ، $0.303-0.33 \text{ d}^{-1}$ ، $0.33-0.333 \text{ d}^{-1}$ و $1/1-657/83 \text{ d}$ و $44/37-92/6 \text{ mg/l}$ به عنوان مناسب ترین مدل حذف آلاینده با فاضلاب مورد بررسی تعیین شد (۱۴).

در سال ۱۳۹۶ نوشادی و همکاران ضرایب سنتیک تصفیه خانه فاضلاب شهری شیراز با استفاده از راکتور منقطع را مطالعه نمودند. مقادیر ضریب بازدهی رشد، ضریب فروپاشی درونی، ثابت نیمه اشباع ماده غذایی و حداکثر نرخ ویژه مصرف مواد غذایی به ترتیب برابر با $gvss/gCOD = 0.6579 \text{ d}^{-1}$ ، $3/3467 \text{ gCOD/gvss.d}$ ، $3.05/25 \text{ gCOD/m}^3$ ، 0.1264

ضرایب در محدوده ضرایب لجن فعال هستند که در مقالات ذکر شده است (۱۸).

Faekah و همکاران (۲۰۲۰) یک مدل پایلوت از یک راکتور فیلم ثابت بی هوازی خروجی تا حدی بسته شده (UAF) را راه اندازی و در زمان ماند هیدرولیکی (HRT)، ۱۴، ۱۰، ۸، ۵ روز مورد بررسی قرار دادند. مقادیر ثابت بیوسنتیک، یعنی ضریب بازده رشد (Y) و ضریب خودتخریبی (K_d) به ترتیب 0.27 gvss/gCOD و 0.1705 d^{-1} بود. ثابت نیمه اشباع (K_s) و نرخ حداکثر مصرف سوبسترا (K) به ترتیب مقدار mg/l و $84/1 \text{ d}^{-1}$ و 0.371 d^{-1} محاسبه گردید، در حالی که حداکثر سرعت رشد ویژه میکروارگانیسم ($\mu_{\max}$) 0.11 d^{-1} بود. ثابتهای $U_{\max}$ و K_b مدل استور - کینکنون به ترتیب مقدار $6/57 \text{ g/l}$ و $6/31 \text{ g/l.d}$ محاسبه گردید (۱۹).

Dinh Thi Nga و همکاران (۲۰۲۰) مدل سازی کنتیکی آلی و حذف نیتروژن از فاضلاب خانگی در یک بیوراکتور جریان رو به پایین اسفنجی را با استفاده از مدل stover-kincannon برای ارزیابی عملکرد راکتور در طول دوره عملیاتی مورد مطالعه قرار دادند و $U_{\max} = \text{g/l.d}$ و $K_B = \text{g/l.d}$ برای BOD به ترتیب $56/818$ و $75/0.34$ و برای NH_4^+-N به ترتیب $2/960$ و $4/713$ و برای TN به ترتیب $2/810$ و $8/37$ محاسبه گردید. این مطالعه نشان داد که مدل یاد شده را می توان برای ارزیابی موثر حذف سنتیکی BOD_5 ، NH_4^+-N و TN برای تصفیه فاضلاب خانگی در بیوراکتور DHS استفاده کرد (۲۰).

Singh and Vaishya (۲۰۱۷) مطالعه ای در خصوص سنتیک رشد میکروبی در شش زمان ماند هیدرولیکی برای راکتور UASB در تصفیه فاضلاب شهری از طریق مدل های مختلف انجام دادند. در زمان ماند هیدرولیکی (HRT)، ۲۲، ۱۸، ۱۴، ۱۰، ۶، ۳ ساعت، کارایی حذف COD در محدوده تعیین شده از ۹۱ تا ۷۲ درصد قرار داشت. ضریب عملکرد رشد 0.81 gvss/gCOD ، میزان ضریب خودخوری میکروارگانیسم های خاص 0.29 و حداکثر میزان مصرف سوبسترا به ازای هر جرم میکروارگانیسم (K) در محدوده 32 gCOD/gvss/d - 0.61 و حداکثر نرخ رشد ویژه ($\mu_{\max}$) بین 0.359 و 0.452 محاسبه گردید (۲۱).

Enitan و Adeyemo (۲۰۱۴) مطالعه ای در مورد ضرایب بیوسنتیکی برای تصفیه بی هوازی فاضلاب مالت سازی با بارهای آلی مختلف انجام دادند که ضرایب بیوسنتیکی در مدل های مونود اصلاح شده و استور-کینکنون برای مطالعه عملکرد فرآیند هضم بی هوازی محاسبه شد. در حالت پایدار، ضرایب بیوسنتیکی (Y)، (K)، (K_d)، (K_B)، $U_{\max}$ ، ($\mu_{\max}$) و به ترتیب در مدل 0.357 (g/g) ، 0.46 (g/gCOD) ، 0.83 ، 0.083 ، $0.13/64$ (گرم در لیتر در روز)، $18/51$ (گرم در لیتر در روز)، $0.117 \text{ (d}^{-1}\text{)}$ تعیین گردید (۲۲). تعیین نمودن پارامترهای بیوسنتیکی تصفیه فاضلاب در طراحی دقیق تصفیه خانه های فاضلاب و ارزیابی کارایی آنها موثر خواهد بود و به دلیل فقدان ضرایب سینتیکی واقعی بومی به ویژه در سیستم های تصفیه بیولوژیکی لجن فعال، استفاده از داده های سایر کشورها، نیاز به دسترسی به این داده ها با توجه به شرایط محیطی از ضرورت بالایی برخوردار خواهد بود (۲۳). لذا هدف از انجام این مطالعه مقایسه سنتیک و ضرایب واکنش بیولوژیکی حذف کربن، ازت و فسفر در فصول گرم و سرد سال در تصفیه خانه فاضلاب جنوب شرق استان تهران می باشد.

روش بررسی

این مطالعه از نوع توصیفی - مقطعی و بر روی تصفیه خانه فاضلاب جنوب شرقی استان تهران با استفاده از سیستم لجن فعال هوادهی گسترده صورت گرفت. سیستم بیولوژیکی تصفیه خانه فاضلاب برای جمعیت 160000 نفر و متشکل از واحد حوض انوکسیک و هوادهی، ته نشینی ثانویه، تجهیزات دفع و برگشت لجن و سیستم های هوادهی می باشد.

به منظور تعیین پارامترهای COD ، BOD ، TSS ، MLVSS ، MLSS ، فسفات کل، آمونیاک، ازت کل، مطابق با کتاب استاندارد متد ویرایش (۲۰۱۷) به ترتیب از روشهای شماره، ۵۲۱۰، ۵۲۲۰، ۲۵۴۰، ۲۵۴۰، ۲۵۴۰، ۴۵۰۰، ۴۵۰۰، ۴۵۰۰ برای آزمایشات آب و فاضلاب استفاده شده است (۲۴). که نتایج پارامترهای مذکور از شرکت آب و فاضلاب جنوب شرقی استان تهران دریافت گردیده است. پژوهش حاضر در دو دوره سه ماهه گرم سال (تیر، مرداد، شهریور) و سه ماهه سرد سال (دی، بهمن، اسفند) در سال ۱۴۰۰ انجام شد. و تعداد

با رسم نمودارهای $U - 1/SRT$ و $U - 1/S$ می توان ضرایب سینتیک را به دست آورد. به این صورت که محل برخورد نمودار $U - 1/SRT$ با محور عمودی معرف K_d و شیب این نمودار نشان دهنده Y است. در ضمن محل برخورد نمودار $U - 1/S$ با محور عمودی نشان دهنده مقدار $1/K$ و شیب این خط معرف مقدار K_s/K است. پس از محاسبه Y و K با رسم رگرسیونهای مربوطه، مقدار μ_{max} که ماکزیمم سرعت ویژه رشد باکتری بر حسب گرم سلول جدید به گرم سلول در روز می باشد از رابطه $\mu_{max} = KY$ محاسبه می گردد. برای تعیین ضرایب U_{MAX} و K_B نمودار HRT/S_0 در مقابل $S_0 - S$ را رسم میکنیم با رسم خط حاصل از برازش این داده ها، شیب خط برابر K_B/U_{MAX} و عرض از مبدا آن برابر $1/U_{MAX}$ خواهد بود. با استفاده از رابطه (۴) و (۵)، غلظت سوبسترا محلول خروجی و بازده حذف قابل محاسبه خواهد بود (۲۵و۵).

$$S = \frac{K_s[1 + (K_d)SRT]}{SRT(Yk - k_d) - 1} \quad (4)$$

$$E\% = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100 \quad (5)$$

بر اساس مدل بیولوژیکی مبنای طراحی سیستم، معادلات موازنه جرم سیستم تصفیه فاضلاب تهیه گردید و از روی نمودارهای رسم شده برای ضرایب مختلف بیولوژیکی، ضرایب سینتیک واکنش به تفکیک کربن، ازت و فسفر و بر حسب متغیرهای مورد اشاره درجه حرارت، میزان لجن برگشتی و تغییرات پارامترهای کیفی ورودی تعیین گردید و با مقادیر اعلام شده در مبنای طراحی سیستم تصفیه فاضلاب مقایسه شد. در مرحله نهایی نتایج به دست آمده با مقادیر موجود در منابع و مطالعات صورت گرفته مقایسه و فرآیند بیولوژیک تصفیه خانه مورد ارزیابی قرار میگیرد.

یافته ها

۱- بررسی روند تغییرات و راندمان حذف تصفیه خانه

کیفیت فاضلاب ورودی و پساب خروجی از تصفیه خانه در طول دوره ۱۲ ماهه سال ۱۴۰۰ برای بررسی روند تغییرات

۱۰۸ نمونه با روش نمونه برداری مرکب از محل ورودی و داخل تانک هوادهی و خروجی تصفیه خانه فاضلاب جنوب شرق استان تهران صورت پذیرفت.

۱- ارزیابی عملکرد تصفیه خانه

جهت ارزیابی عملکرد تصفیه خانه موجود راندمان حذف آلاینده های مورد سنجش در این تصفیه خانه برای BOD ، NH_3 ، TP ، TN ، TSS ، COD ، پارامترهای ورودی و خروجی در طول ۱۲ ماهه سال صورت پذیرفت. در مرحله بعد پارامترهای مورد سنجش در پساب خروجی با استانداردهای زیست محیطی سازمان حفاظت محیط زیست ایران به منظور ارزیابی کارایی تصفیه خانه مورد مطالعه، مقایسه شده است.

۲- تعیین و محاسبه ضرایب سینتیک

پس از بررسی این پارامترها و جمع آوری اطلاعات از آزمایشگاه، به منظور تعیین ضرایب سینتیک از روابط زیر استفاده شده است (۲۵ و ۵).

$$\frac{1}{SRT} = YU - k_d = \frac{Y(S_0 - S)}{\theta X} - k_d \quad (1)$$

$$\frac{\theta X}{S_0 - S} = \frac{K_s}{k} \frac{1}{S} + \frac{1}{k} = \frac{1}{U} \quad (2)$$

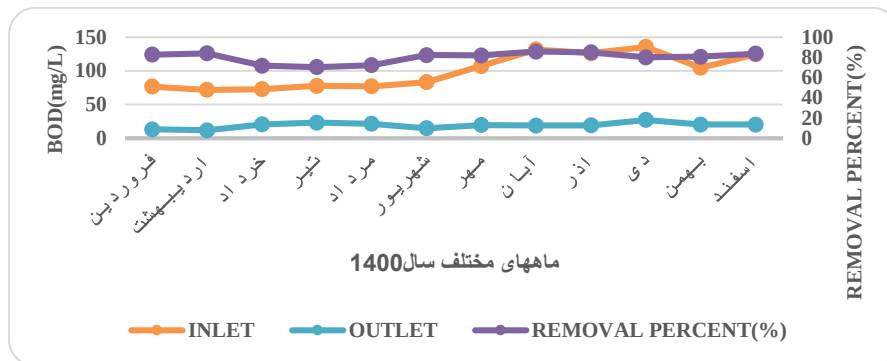
$$HRT/S_0 - S = (HRT \cdot K_B/U_{MAX} \cdot S_0) - 1/U_{MAX} \quad (3)$$

که در این روابط SRT زمان ماند سلولی بر حسب روز، HRT زمان ماند هیدرولیکی بر حسب ساعت، S_0 غلظت سوبسترا ورودی بر حسب میلی گرم در لیتر، S غلظت سوبسترا خروجی بر حسب میلی گرم بر لیتر، U سرعت ویژه مصرف سوبسترا بر حسب میلی گرم بر لیتر در روز، K_d ضریب خودخوری باکتری بر حسب (1/day)، Y ضریب بازده واقعی (mg/mg)، X غلظت بیومس بر حسب (mg/l)، θ زمان ماند هیدرولیکی بر حسب (day)، K_s ثابت نیمه اشباع بر حسب میلی گرم بر لیتر، K ماکزیمم مصرف سرعت ویژه سوبسترا بر حسب (mg/mg day) و K_B ثابت میزان اشباع بر حسب (g/l.day) است.

پارامترهای BOD، COD، TN، MLSS، TSS و $\text{NH}_3\text{-TP}$

و راندمان تصفیه خانه در حذف آلاینده ها به صورت نمودارهای

مقایسه ای ۱ تا ۷ ترسیم شده است.

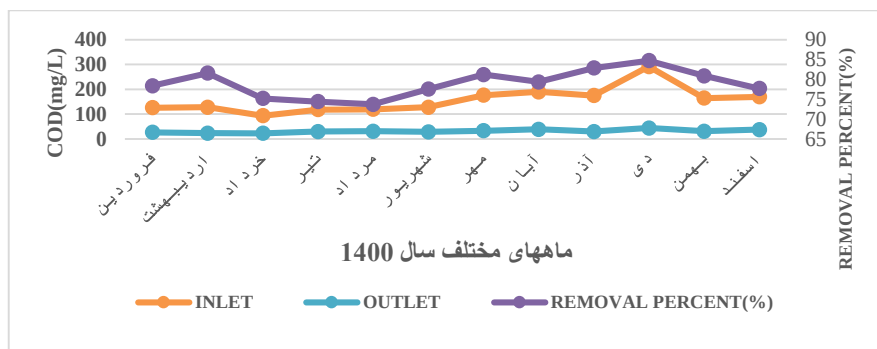


نمودار ۱- روند تغییرات BOD5 در تصفیه خانه فاضلاب جنوب شرقی استان تهران در سال ۱۴۰۰

Figure 1. The trend of BOD₅ changes in the southeastern sewage treatment plant of Tehran province in 1400

داشتند و در بهمن و اسفند نسبت به دی ماه کاهش BOD₅ ورودی داشتیم ولی باز هم روند BOD₅ ورودی نسبت به ۶ ماهه اول سال افزایشی است.

با توجه به نمودار ۱ میزان BOD₅ ورودی بین ۷۲ تا ۱۳۵ میلی گرم بر لیتر متغیر بوده است. این مقدار از فروردین تا شهریور روند ثابتی را داشته ولی از مهر تا دی ماه روند افزایشی

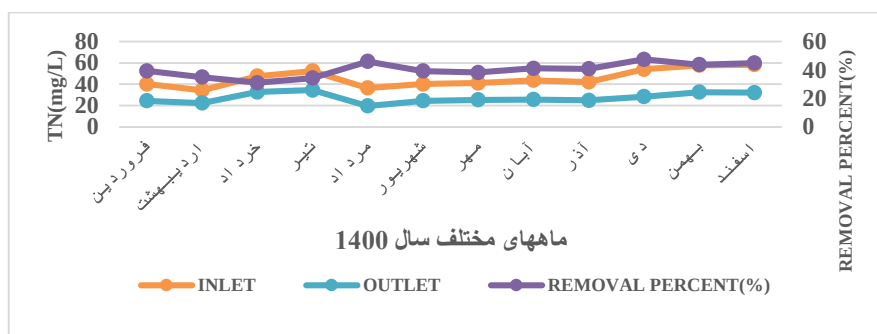


نمودار ۲- روند تغییرات COD در تصفیه خانه فاضلاب جنوب شرقی استان تهران در سال ۱۴۰۰

Figure 2. The trend of COD changes in the southeastern sewage treatment plant of Tehran province in 1400

دارد. بنابراین COD خروجی به طور کلی برای تخلیه به آبهای سطحی یا کشاورزی مناسب می باشد. و در نمودار مربوط به درصد حذف COD در ماههای مختلف سال روند تغییرات بین ۷۳ تا ۸۵ درصد را دارد ولی در ماه تیر و مرداد کمترین بازه حذف (۷۳) و در دی ماه بیشترین بازه حذف (۸۵) را دارد.

با توجه به نمودار ۲ میزان COD ورودی بین ۹۴ تا ۲۹۲ میلی گرم بر لیتر متغیر بوده و در ماه خرداد به کمترین مقدار و در دی ماه به بیشترین میزان خود رسیده است. مقدار COD خروجی بین ۲۳ تا ۴۴ میلی گرم بر لیتر می باشد که از مقادیر مجاز پایین تر بوده و نشان از عملکرد مناسب تصفیه خانه را

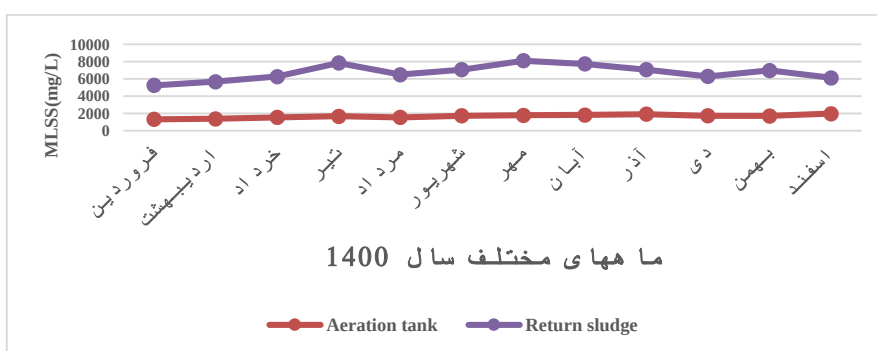


نمودار ۳- روند تغییرات TN در تصفیه خانه فاضلاب جنوب شرق استان تهران در سال ۱۴۰۰

Figure 3. The trend of TN changes in the southeastern sewage treatment plant of Tehran province in 1400

میزان غلظت (۳۴ میلی گرم بر لیتر) رسیده است. درصد حذف نیتروژن کل از ۳۱ درصد (در خرداد ماه) تا ۴۸ درصد (در دی ماه) متغیر می باشد

با توجه به نمودار ۳ میزان ورودی نیتروژن کل بین ۳۴ تا ۵۸ میلی گرم بر لیتر متغیر بوده و در اسفند و بهمن به بیشترین میزان غلظت (۵۸ میلی گرم بر لیتر) و در اردیبهشت به کمترین

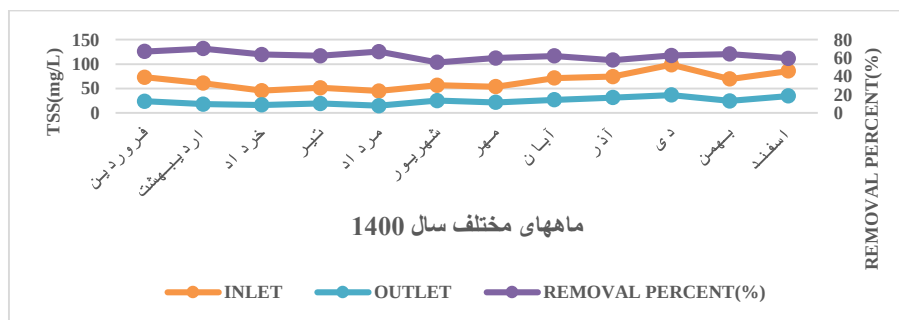


نمودار ۴- میزان MLSS ورودی فاضلاب و لجن برگشتی تصفیه خانه جنوب شرق استان تهران ۱۴۰۰

Figure 4. The amount of MLSS of the sewage inlet and return sludge of the southeast treatment plant of Tehran province in 1400

مربوط به میزان لجن برگشتی نیز مقدار آن بین ۵۲۶۴ تا ۸۱۰۷ میلی گرم بر لیتر متغیر می باشد که کمترین مقدار در ماه فروردین (۵۲۶۴ mg/L) و بیشترین مقدار در ماه مهر (۸۱۰۷ mg/L) می باشد.

مطابق نمودار ۴، میزان MLSS ورودی فاضلاب بین ۱۳۴۱ تا ۱۹۷۹ میلی گرم بر لیتر متغیر می باشد. و در ماه فروردین به حداقل (۱۳۴۱ میلی گرم بر لیتر) و در اسفند ماه به حداکثر (۱۹۷۹ میلی گرم بر لیتر) مقدار خود رسیده است. و در نمودار

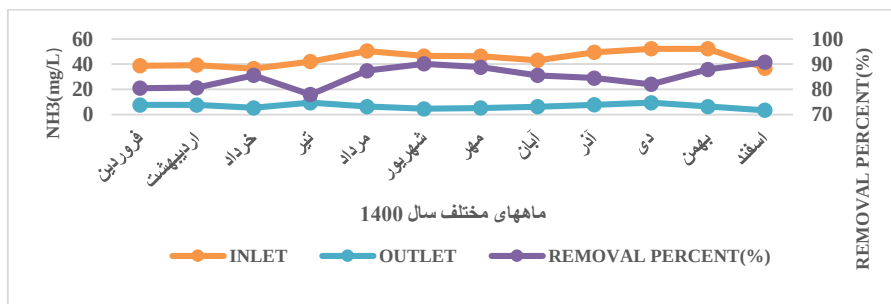


نمودار ۵- روند تغییرات TSS تصفیه خانه فاضلاب جنوبشرق استان تهران در سال ۱۴۰۰

Figure 5. The trend of TSS changes in the southeastern sewage treatment plant of Tehran province in 1400

در نمودار ۵ که روند تغییرات TSS را نشان می دهد، که بیشترین ورودی TSS در دی ماه (۹۸/۵ میلی گرم بر لیتر) و کمترین میزان ورودی در مرداد ماه (۴۴/۸۳ میلی گرم بر لیتر) و با توجه به نمودار بیشترین خروجی TSS در دی ماه (۳۶/۶۳ میلی گرم بر لیتر) و کمترین میزان خروجی در مرداد ماه (۱۴/۸۳ میلی گرم بر لیتر) همچنین کمترین بازه حذف در شهریور ماه با ۵۵ درصد و بیشترین بازه حذف در اردیبهشت ماه با ۷۰ درصد می باشد.

در نمودار ۵ که روند تغییرات TSS را نشان می دهد، که بیشترین ورودی TSS در دی ماه (۹۸/۵ میلی گرم بر لیتر) و کمترین میزان ورودی در مرداد ماه (۴۴/۸۳ میلی گرم بر لیتر) و با توجه به نمودار بیشترین خروجی TSS در دی ماه (۳۶/۶۳ میلی گرم بر لیتر) و کمترین میزان خروجی در مرداد ماه (۱۴/۸۳ میلی گرم بر لیتر) همچنین کمترین بازه حذف در شهریور ماه با ۵۵ درصد و بیشترین بازه حذف در اردیبهشت ماه با ۷۰ درصد می باشد.

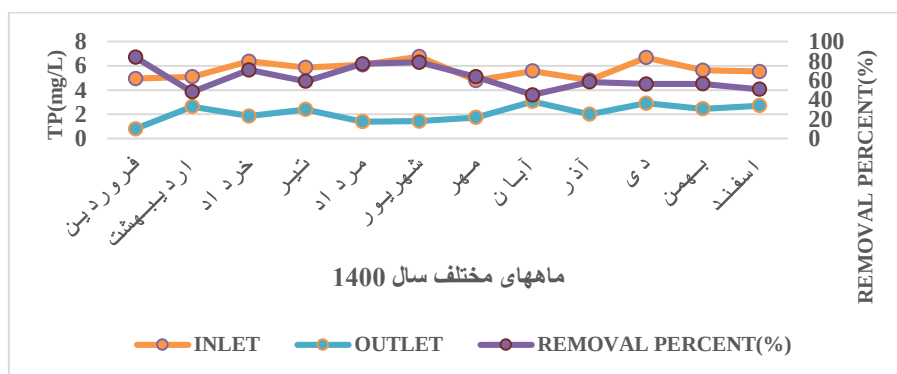


نمودار ۶- روند تغییرات NH₃ تصفیه خانه فاضلاب جنوبشرق استان تهران در سال ۱۴۰۰

Figure 6. The trend of NH₃ changes in the southeastern sewage treatment plant of Tehran province in 1400

در نمودار ۶ که مربوط به روند تغییرات NH₃ می باشد، که بیشترین ورودی در دی ماه و بهمن ماه با میزان ۵۲ میلی گرم بر لیتر و کمترین میزان ورودی در خرداد و اسفند با ۳۷ میلی گرم بر لیتر است. و در نمودار بیشترین خروجی NH₃ در تیر ماه و دی ماه با میزان ۹ میلی گرم بر لیتر و کمترین میزان خروجی در اسفند ماه با ۳ میلی گرم بر لیتر می باشد. از طرفی بیشترین میزان بازه حذف در اسفند ماه با ۹۱ درصد و کمترین بازه حذف در تیرماه با ۷۸ درصد می باشد.

در نمودار ۶ که مربوط به روند تغییرات NH₃ می باشد، که بیشترین ورودی در دی ماه و بهمن ماه با میزان ۵۲ میلی گرم بر لیتر و کمترین میزان ورودی در خرداد و اسفند با ۳۷ میلی گرم بر لیتر است. و در نمودار بیشترین خروجی NH₃ در تیر ماه و دی ماه با میزان ۹ میلی گرم بر لیتر و کمترین میزان خروجی در اسفند ماه با ۳ میلی گرم بر لیتر می باشد. از طرفی بیشترین میزان بازه حذف در اسفند ماه با ۹۱ درصد و کمترین بازه حذف در تیرماه با ۷۸ درصد می باشد.



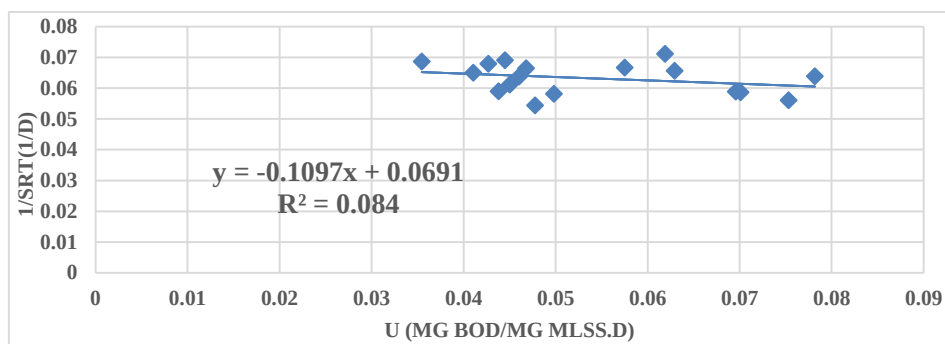
نمودار ۷- روند تغییرات TP تصفیه خانه فاضلاب جنوب شرق استان تهران در سال ۱۴۰۰

Figure 7. The trend of TP changes in the southeastern sewage treatment plant of Tehran province in 1400

ابتدا با توجه به شرایط موجود تصفیه خانه در تابستان ضرایب سینتیک رشد محاسبه و سپس برای زمستان این ضرایب محاسبه خواهد شد برای تعیین ضرایب سینتیک رشد نمودار $1/SRT$ را در مقابل U رسم می شود. با رسم خط حاصل از این داده ها مقادیر Y و K_d بدست می آید. نمودار ۸ تا ۱۱ حاصل برازش BOD و COD برای فصول تابستان و زمستان می باشد. و جدول ۱ ضرایب سینتیک به دست آمده از این برازش می باشد.

با توجه به نمودار ۷ کمترین ورودی فسفر را در فروردین، اردیبهشت، مهر و آذر (5 mg/l) و بیشترین میزان را در شهریور و دی (7 mg/l) می باشد و کمترین میزان فسفر خروجی در فروردین ماه (0.8 mg/l) و حداکثر خروجی در آبان ماه (1 mg/l) شاهد می باشیم.

۲- تعیین ضرایب سینتیک Y و K_d بر اساس پارامترهای موجود تصفیه خانه

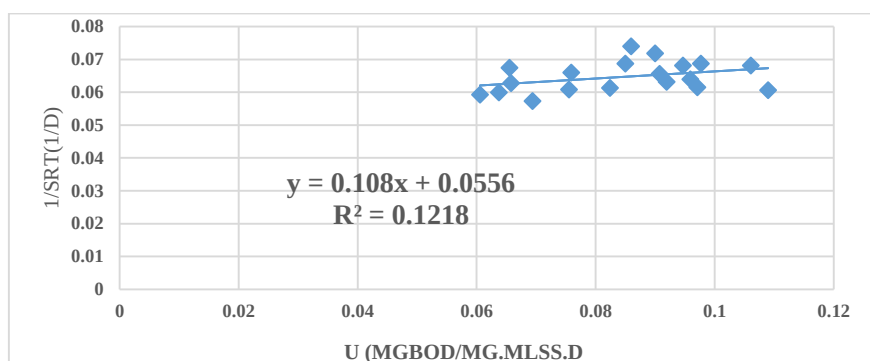


نمودار ۸- تعیین ضرایب Y و K_d پارامتر BOD در فصل تابستان بر اساس شرایط موجود

Figure 8. Determining Y and K_d coefficients of BOD parameters in the summer season based on existing conditions

$0.691/0.0691$ به دست می آید. در این نمودار ضرایب همبستگی $R^2 = 0.084$ می باشد.

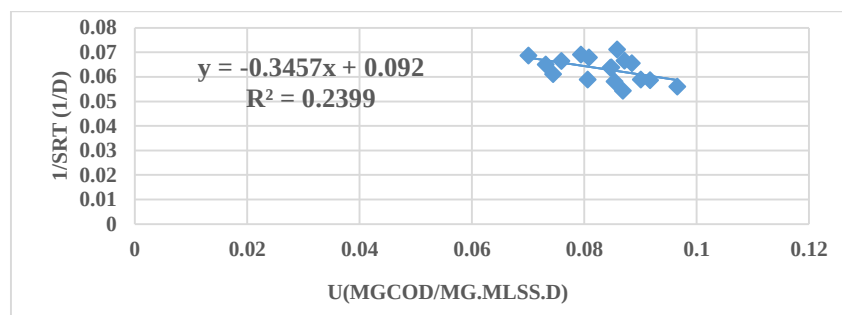
با توجه به نمودار ۸ ضرایب سینتیک رشد Y و K_d به ترتیب برابر $0.1097 \text{ (mg BOD/mgMLSS)}$ و $0.1/1 \text{ (1/day)}$



نمودار ۹- تعیین ضرایب Y و K_d پارامتر BOD در فصل زمستان بر اساس شرایط موجود

Figure 9. Determining Y and K_d coefficients of BOD parameters in the Winter season based on existing conditions

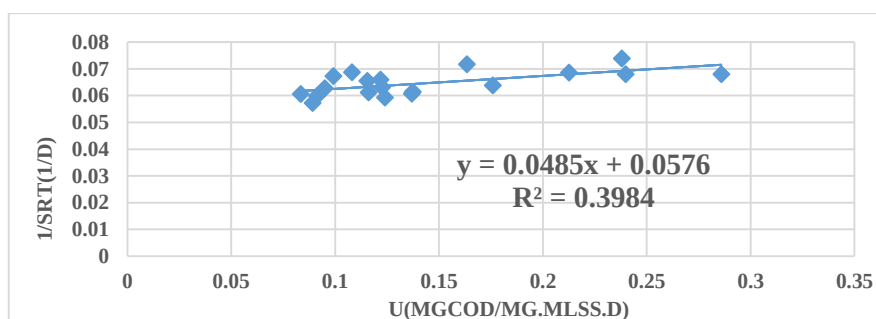
با توجه به نمودار ۹ ضرایب سنتیک رشد Y و K_d به ترتیب برابر 0.108 (mg BOD/mgMLSS) و 0.0556 (1/day) می باشد. در این نمودار ضریب همبستگی $R^2 = 0.1218$ دست می آید.



نمودار ۱۰- تعیین ضرایب Y و K_d پارامتر COD در فصل تابستان بر اساس شرایط موجود

Figure 10. Determining Y and K_d coefficients of COD parameters in the summer season based on existing conditions

با توجه به نمودار ۱۰ ضرایب سنتیک رشد Y (ضریب بازده واقعی) و K_d (ضریب خودخوری باکتری) به ترتیب برابر 0.09 (1/day) و 0.345 (mgCOD/mgmlss) می باشد. در این نمودار ضریب همبستگی $R^2 = 0.2399$ دست می آید.



نمودار ۱۱- تعیین ضرایب Y و K_d پارامتر COD در فصل زمستان بر اساس شرایط موجود

Figure 11. Determining Y and K_d coefficients of COD parameters in the Winter season based on existing conditions

در جدول ۱ ضرایب سینتیک K_d و Y محاسبه شده برای BOD و COD در فصول تابستان و زمستان ارائه گردیده است.

با توجه به نمودار ۱۱ ضرایب سینتیک رشد Y (ضریب بازده واقعی) و K_d (ضریب خودخوری باکتری) به ترتیب برابر 0.048 (mg COD/mg MLSS) و 0.057 (1/day) به دست می آید و ضریب همبستگی $R^2 = 0.3984$ می باشد.

جدول ۱- ضرایب سینتیک K_d و Y محاسبه شده برای BOD و COD در فصول تابستان و زمستان

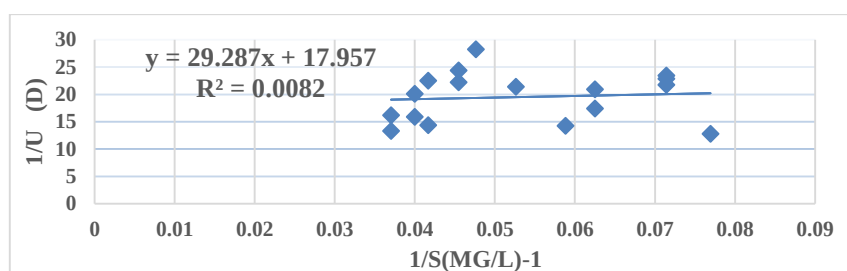
Table 3. Centetic coefficients of Y and K_d calculated for BOD and COD in summer and winter seasons

فصل سال	$Y(BOD)$ (mgBOD/mgMLSS)	$K_d(BOD)$ (mg/l)	$Y(COD)$ (mgCOD/mgMLSS)	$K_d(COD)$ (mg/l)
گرم	۰/۱۱	۰/۰۶۹	۰/۳۴۵	۰/۰۹
سرد	۰/۱۱	۰/۰۵۵	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷

بدست آوردن ضرایب سینتیک رشد K و K_S نمودار $1/S$ در مقابل $1/U$ رسم میشود با رسم خط حاصل از پرازش این داده ها ضرایب سینتیک رشد حاصل میشود. نمودار ۱۲ تا ۱۵ حاصل پرازش BOD و COD برای فصول تابستان و زمستان می باشد.

۳- تعیین ضرایب سینتیک K و K_S بر اساس پارامترهای موجود تصفیه خانه

باتوجه به اطلاعات به دست آمده از اندازه گیری پارامترهای موثر در ضرایب سینتیک رشد در فصل تابستان و زمستان، برای

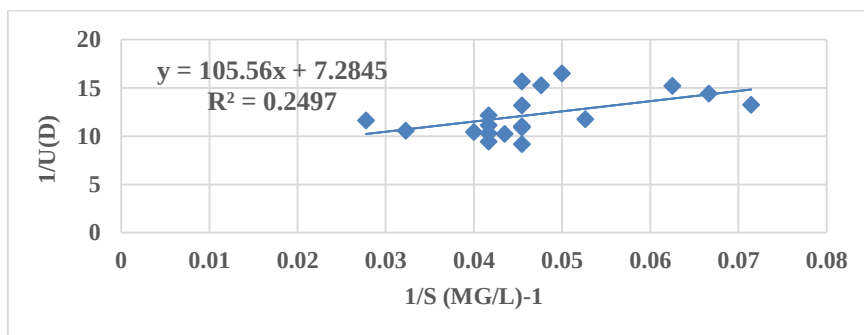


نمودار ۱۲- تعیین ضرایب K و K_S پارامتر BOD در فصل تابستان بر اساس شرایط موجود

Figure 12. Determining K and K_S coefficients of BOD parameters in the summer season based on existing conditions

می آید. در این نمودار ضریب همبستگی $R^2 = 0.0082$ می باشد

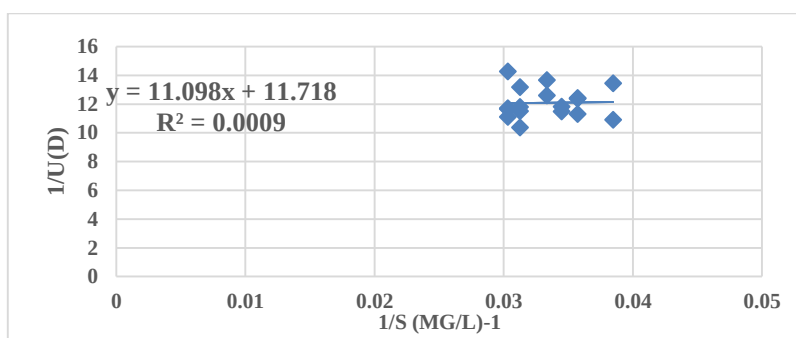
با توجه به نمودار ۱۲ ضرایب رشد سینتیک K و K_S به ترتیب برابر 0.055 (mgBOD/mgmlss) و $1/63$ (mg/l) به دست



نمودار ۱۳ - تعیین ضرایب K و K_s پارامتر BOD در فصل زمستان بر اساس شرایط موجود

Figure 13. Determining K and K_s coefficients of BOD parameters in the Winter season based on existing conditions

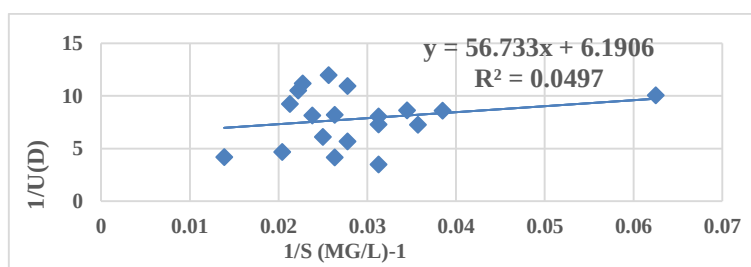
با توجه به نمودار ۱۳ ضرایب رشد سنتیک K و K_s به ترتیب برابر 0.137 (mgBOD/mgmlss) و $14/92$ (mg/l) به دست می آید. در این نمودار ضریب همبستگی $R^2 = 0.2497$ می باشد.



نمودار ۱۴ - تعیین ضرایب K و K_s پارامتر COD در فصل تابستان بر اساس شرایط موجود

Figure 14. Determining K and K_s coefficients of COD parameters in the summer season based on existing conditions

با توجه به نمودار ۱۴ ضرایب رشد سنتیک K و K_s به ترتیب برابر 0.004 (mgCOD/mgMLSS) و $2/03$ (mg/l) به دست می آید. در این نمودار ضریب همبستگی $R^2 = 0.0009$ می باشد.



نمودار ۱۵ - تعیین ضرایب K و K_s پارامتر COD در فصل زمستان بر اساس شرایط موجود

Figure 15. Determining K and K_s coefficients of COD parameters in the Winter season based on existing conditions

با توجه به نمودار ۱۵ ضرایب سنتیک رشد K (ماکزیمم مصرف سرعت ویژه سوپسترا) و K_s (ثابت نیم سرعت) به ترتیب برابر 0.161 (mgCOD/mgMLSS) و $9/16$ (mg/l) به دست می آید. و ضریب همبستگی $R^2 = 0.497$ بدست می آید.

در جدول ۲ ضرایب سنتیکی K و K_s محاسبه شده برای BOD و COD در فصول تابستان و زمستان ارائه گردیده است.

جدول ۲- ضرایب سنتیکی K_S و K محاسبه شده برای BOD و COD در فصول تابستان و زمستان

Table 2. Centetic coefficients of K and K_S calculated for BOD and COD in summer and winter seasons

فصل سال	Y(BOD) (mgBOD/mgMLSS)	K_S (BOD) (mg/l)	Y(COD) (mgCOD/mgMLSS)	K_S (COD) (mg/l)
گرم	۰/۰۵۵	۱/۶۳	۰/۰۸۵	۰/۹۴
سرد	۰/۱۳۷	۱۴/۴۹	۰/۱۶۱	۹/۱۶

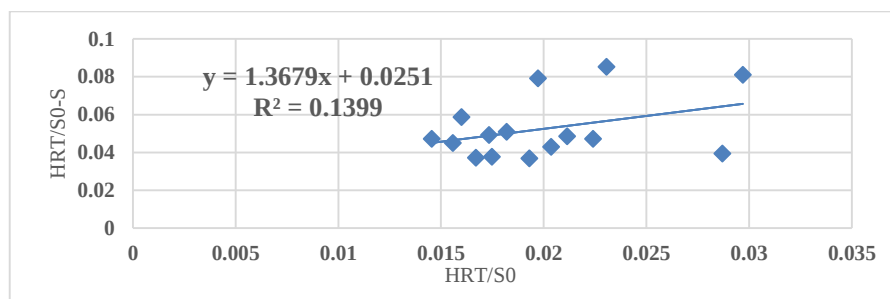
در مقابل HRT/S_0-S رسم شده و با رسم خط حاصل از برازش این داده ها مقادیر U_{max} و K_B به دست می آید. نمودار ۱۶ تا ۱۹ حاصل برازش TN و TP برای فصل تابستان و زمستان است.

۴- تعیین ضرایب سنتیک U_{max} و K_B بر اساس شرایط

موجود تصفیه خانه

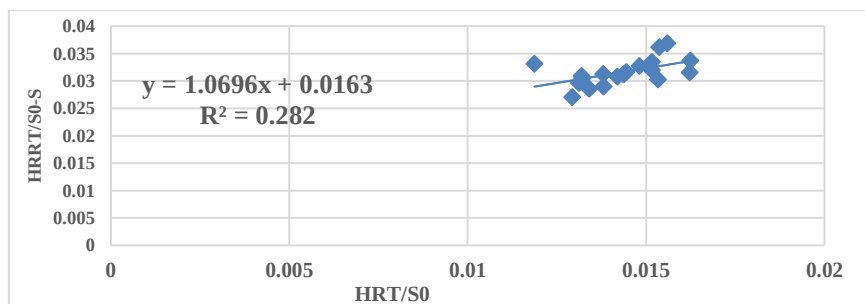
برای تعیین ضرایب سنتیک رشد TN و TP بر اساس شرایط

موجود در تابستان و زمستان، نمودار مربوط به HRT/S_0 را



نمودار ۱۶- تعیین ضرایب U_{max} و K_B پارامتر TN در فصل تابستان بر اساس شرایط موجود

Figure 16. Determining U_{max} and K_B coefficients of TN parameters in the summer season based on existing conditions

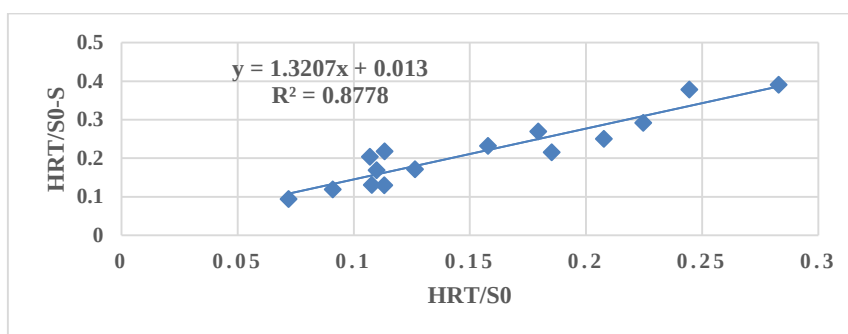


نمودار ۱۷- تعیین ضرایب U_{max} و K_B پارامتر TN در فصل زمستان بر اساس شرایط موجود

Figure 17. Determining U_{max} and K_B coefficients of TN parameters in the Winter season based on existing conditions

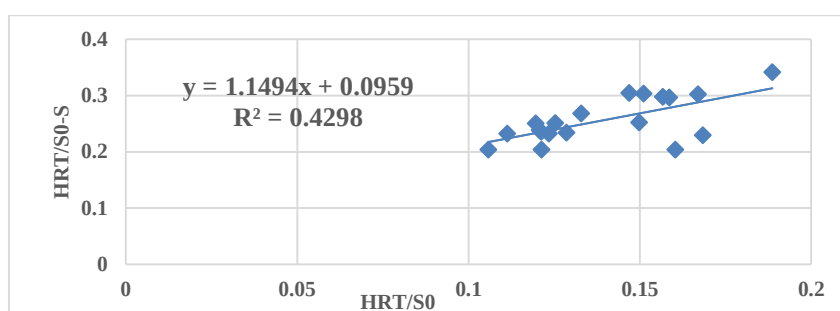
ترتیب برابر ۵۴/۴۹۸ و ۳۹/۸۴ و برای زمستان به ترتیب برابر ۳۸۳/۶۴۳ و ۶۱/۳۴۹ و ضریب همبستگی نیز به ترتیب برابر $R^2 = ۰/۱۳۹۹$ و $R^2 = ۰/۲۸۲$ به دست آمده است.

با توجه به نمودار ۱۶ و ۱۷ ضرایب سنتیک رشد K_B (ثابت نیمه اشباع) بر حسب (g/l.day) و U_{MAX} (حداکثر سرعت ویژه مصرف سوپسترا) بر حسب (mg/l.day) برای تابستان به



نمودار ۱۸- تعیین ضرایب U_{max} و K_B پارامتر TP در فصل تابستان بر اساس شرایط موجود

Figure 18. Determining U_{max} and K_B coefficients of TP parameters in the summer season based on existing conditions



نمودار ۱۹- تعیین ضرایب U_{max} و K_B پارامتر TP در فصل زمستان بر اساس شرایط موجود

Figure 19. Determining U_{max} and K_B coefficients of TP parameters in the Winter season based on existing conditions

برابر ۱۱/۹۸۵ و ۱۰/۴۲۷ و ضریب همبستگی نیز به ترتیب برابر $R^2 = ۰/۸۷۷۸$ و $R^2 = ۰/۴۲۹۸$ به دست آمده است. در جدول ۳ ضرایب سنتیکی U_{max} و K_B محاسبه شده برای TN و TP در فصول تابستان و زمستان ارائه شده است.

با توجه به نمودار ۱۸ و ۱۹ ضرایب سنتیک رشد K_B (ثابت نیمه اشباع) بر حسب (g/l.day) و U_{MAX} (حداکثر سرعت ویژه مصرف سوپسترا) بر حسب (mg/l.day) برای تابستان به ترتیب برابر ۱۰۱/۵۹۲۳ و ۷۶/۹۲۳۱ و برای زمستان به ترتیب

جدول ۳- ضرایب سنتیکی U_{max} و K_B محاسبه شده برای TN و TP در فصول تابستان و زمستان

Table 3-Centetic coefficients of U_{max} and K_B calculated for TN and TP in summer and winter seasons

فصل سال	نوع آزمایش	U_{max} (g/l.day)	K_B (g/l.day)
گرم	TN	۳۹/۸۴	۵۴/۴۹۸
	TP	۷۶/۹۲	۱۰۱/۵۹
سرد	TN	۶۱/۳۵	۳۸۳/۶۴
	TP	۱۰/۴۳	۱۱/۹۹

در جدول ۴ مقادیر ضرایب محاسبه شده در این تحقیق و ضرایب موجود در مراجع موجود می باشد.

۵- مقایسه ضرایب بیو سنتیک محاسبه شده با مقدار

پیشنهادی در طراحی

در طراحی تصفیه خانه فاضلاب جنوبشرق استان تهران از ضرایب سنتیک پیشنهادی در مراجع استفاده گردیده است که

جدول ۴- نتایج مقایسه ضرایب سنتیک محاسبه شده با مقدار پیشنهادی در مراجع

Table 4. The results of comparing the calculated synthetic coefficients with the value suggested in the references

Coefficients	Unit	Typical values of coeficint		Results of this research	
		Range	Typical	summer	winter
K	gCOD/gvss.d	۱۰-۲	۵	۰/۰۸۵	۰/۱۶۱
k_s	mg/l BOD	۱۰۰-۲۵	۶۰	۱/۶۳	۱۴/۴۹
	mg/l COD	۶۰-۱۰	۴۰	۰/۹۴	۹/۱۶
Y	mgBOD/ mgBiomass	۰/۰-۴/۸	۰/۶	۰/۱۱	۰/۱۱
	mgCOD/ mgBiomass	۰/۰-۳/۶	۰/۴	۰/۳۵	۰/۰۴۸
K_d	gvss/gvss.d	۰/۰-۰۶/۱۵	۰/۱	۰/۰۶۹	۰/۰۵۵
μ_{max}	d ⁻¹	۰/۳-۳	۱	۰/۰۰۶	۰/۰۱۵

*مقادیر فوق برای دمای ۲۰ درجه سلسیوس گزارش شده است.

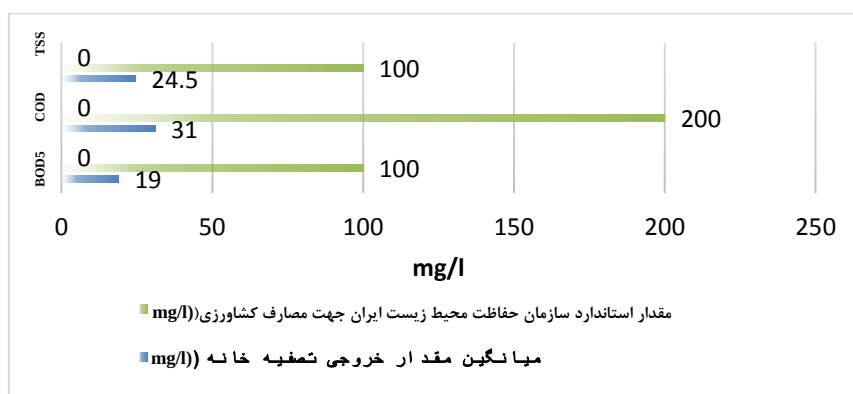
بحث و نتیجه گیری

فاضلاب ۲۵ و ۲۳ درجه بوده است، در فصل سرد سال برای مقابله با تاثیر منفی سرمای هوا، دبی خط برگشت لجن افزایش یافته تا غلظت میکروارگانیسم ها در حوض هوادهی افزایش یابد و زمان ماند سلولی مناسب تامین گردد. از طرفی به دلیل بالا رفتن زمان ماند سلولی، باکتریهای اتوتروف نیتریفایر نیز در کنار هتروتروف فرصت رشد بیشتری پیدا کرده که نتیجه آن حذف ازت بیشتر می باشد. همچنین به دلیل افزایش زمان ماند سلولی در فصل زمستان، قدرت جذب مازاد فسفر (Luxury uptake) کاهش یافته و به این ترتیب راندمان حذف فسفر کاهش می یابد راندمان حذف برای هر سه پارامتر BOD_5 ، COD، TSS در محدوده قابل قبول می باشد که نشان دهنده کارایی خوب سیستم بیولوژیکی در این تصفیه خانه است ضمن اینکه بالاتر بودن میزان حذف BOD_5 نسبت به COD با توجه به فرایند بیولوژیکی لجن فعال قابل توجیه است زیرا تجزیه مواد بیولوژیکی نسبت به مواد آلی ساده تر بوده و از سوی دیگر میزان بارگذاری مواد آلی در تصفیه خانه به مراتب بالاتر بوده است. با توجه به نمودار ۲۰ بر اساس استانداردهای زیست محیطی تدوین شده در ایران، حد استاندارد خروجی BOD_5 ، COD، TSS از حد استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران برای مصارف کشاورزی کمتر بوده و بنابراین پساب حاصل از تصفیه استانداردهای لازم برای مصارف کشاورزی را دارد.

بهره برداری مناسب از تصفیه خانه های فاضلاب شهری نقش مهمی در ارتقاء کیفیت محیط زیست جامعه دارد. کنترل و پایش مداوم فرایند تصفیه به ویژه فرایندهای بیولوژیکی امری ضروری است، چرا که تغییر پارامترهای مختلف مانند pH، غلظت MLSS، دما، بار آلی ورودی و غیره، بر عملکرد سیستم تصفیه بسیار تأثیرگذار است.

بررسی فاضلاب ورودی و پساب خروجی از تصفیه خانه فاضلاب جنوبشرق استان تهران در یک دوره یک ساله نشان داد که راندمان حذف پارامترهای کیفی فاضلاب در این تصفیه خانه شامل BOD_5 ، COD، TSS، TN در فصل سرد سال بیشتر از فصل گرم و پارامتر کیفی TP راندمان حذف در فصل گرم بیشتر از فصل سرد می باشد.

همچنین میزان MLSS در حوض هوادهی تصفیه خانه به طور میانگین در فصل زمستان بیشتر از فصل تابستان می باشد. دلیل تغییرات فوق و راندمان بالاتر حذف پارامترهای کیفی فاضلاب در فصل سرد سال و بر خلاف انتظار این می باشد که زمان راه اندازی این تصفیه خانه در فصل بهار سال ۱۴۰۰ بوده و بنابراین تصفیه خانه در فصل تابستان در حال سازگاری و ایجاد شرایط پایدار در سیستم بوده است که در فصل زمستان شرایط پایداری سیستم ایجاد گردیده است. همچنین با توجه به این که در فصل تابستان و زمستان میانگین دمای محیط ۳۱ و ۹ درجه و میانگین دمای



نمودار ۲۰- مقایسه مقادیر پارامترهای پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب جنوب شرق استان تهران با استاندارد سازمان

حفاظت محیط زیست ایران

Figure 20. Comparing the values of the effluent parameters of the southeast wastewater treatment plant of Tehran province with the standards of the Iranian Environmental Protection Organization

از عوامل مؤثر دیگر بر میزان ضرایب سینتیکی، دمای محیط و دمای فاضلاب است که در طرح حاضر در دو بازه زمانی فصل گرم و سرد سال ضرایب سینتیکی محاسبه و تأثیر دما بر ضرایب مورد اشاره بررسی شدند.

ضرایب سنتیک رشد بیولوژیکی BOD ، TP ، COD و TN برای سه ماه گرم و سه ماه سرد سال برای تصفیه خانه موجود مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به جداول ۱ تا ۳ ضرایب سینتیکی رشد BOD ، فقط ضرایب K_d و Y در فصل گرم بیشتر از فصل سرد است و ضرایب K و K_s در فصل سرد بیشتر از فصل گرم است. همچنین برای ضرایب سنتیک رشد COD ، ضرایب Y و K_d در فصل گرم بیشتر از فصل سرد است و ضرایب K و K_s در فصل سرد بیشتر از فصل گرم است.

با توجه به این که در سیستم تصفیه فاضلاب جنوب شرقی تهران سیستمی برای حذف TP طراحی نشده است و برای حذف فسفر باید یک مرحله بی هوازی در سیستم وجود داشته باشد به همین دلیل محاسبه ضرایب سنتیک برای فسفر ضرورت چندانی ندارد. در جدول ۵ ضرایب سنتیک محاسبه شده از مطالعه حاضر با پژوهش های صورت گرفته در این زمینه آورده شده است. بیشترین عامل اختلاف ضرایب به دست آمده با این مطالعه تفاوت زمان ماند سلولی و هیدرولیکی، میزان مواد غذایی آنها و نوع فاضلاب در هر مطالعه می باشد.

بر اساس بررسی متون مختلف، مقادیر ضرایب بیوسینتیکی به دلیل متأثر بودن از تغییرات $MLSS$ از الگوی خاصی پیروی نمی کنند که این امر را به ماهیت فرآیند نسبت میدهند. عدم پیروی از الگوی خاص نمایانگر حضور گونه های مختلف میکروبی در طول فرایند است که با تغییر در جمعیت میکروبی، ضرایب متفاوتی محاسبه می شود. از این رو بررسی و شناسایی گونه های مختلف میکروبی دخیل در فرایند به درک بهتر تغییرات می انجامد. در نهایت با بررسی نتایج حاصل از این مطالعه، عملکرد سیستم تصفیه کاملاً مناسب بوده و از این حیث شرایط راهبری واحدهای بیولوژیکی تصفیه خانه از لحاظ راندمان حذف و شرایط بیولوژیکی انجام فرایند در شرایط مطلوبی قرار دارد که البته با تغییراتی در پارامترهای بهره برداری و فرایندی میتوان ظرفیت سیستم را افزایش داد. از این رو شاخص مهمی که در این سیستم باید کنترل شود نسبت غذا به میکروارگانیسم (F/M)، غلظت $MLSS$ و تأمین اکسیژن محلول است. بر اساس منابع موجود میزان F/M مورد نیاز برای سیستم های لجن فعال به روش هوادهی گسترده بین $0.1 - 0.4 \text{ KgBOD/Kg.MLVSS.d}$ در نظر گرفته شده است و بر اساس نتایج به دست آمده در تصفیه خانه موجود، میانگین F/M برای فصل زمستان در محدوده ذکر شده در منابع ولی در فصل تابستان اختلاف اندکی وجود دارد. لذا تنظیم کردن نسبت غذایی در عمل سوخت و ساز و رشد باکتری های لجن فعال نقش حیاتی ایفا می کند.

جدول ۵- مقایسه نتایج پژوهش های صورت گرفته در زمینه ضرایب سینتیک با مطالعه حاضر

Table 5. Comparison of the results of the research conducted in the field of kinetic coefficients with the present study

K (d ⁻¹)	K _d (d ⁻¹)	Y	K _s (mg/l)	μ _{max} (d ⁻¹)	Type of wastewater	Basis	Ref
-	۰/۱ - ۰/۲	۰/۵ - ۰/۷	۳-۳۰	۴-۸	شهری	COD	(Henz&Harremos 2006)
-	۰/۰۱۶ - ۰/۰۶۸	۰/۳۱ - ۰/۳۵	۴۳-۲۲۳	۱/۷	شهری	COD	(Mosted et al 2010)
-	۰/۰۲۵ - ۰/۰۷۵	۰/۴ - ۰/۸	۲۵-۱۰۰	۰/۸-۸	شهری	BOD	(Chow et al .2006)
۲-۱۰	۰/۱۵ - ۰/۰۶	۰/۴ - ۰/۸	۲۵-۱۰۰	۰/۳-۳	خانگی	BOD	(Tchobangoglous et al.2003)
۴/۲۹	۰/۱۴	۰/۴۶	۵۹	۱/۷۱	شهری	COD	(shiroor et al2010)
۴/۲	۰/۰۵۳	۰/۳۱	۸۳/۷	۱/۵۴	بیمارستان	BOD	(Khusropour et al .2013)
۰/۱۸۸	۰/۰۴	۲/۳۹	۳۶/۷	۰/۳۹	بیمارستان	BOD	(Majlesi Naser &Yazdanbakhsh 2008)
۲/۱۹	۰/۰۶	۰/۳۹	۹۰/۷۴	۰/۸۵	بیمارستان	BOD	(Takdastan et al 2017)
۰/۰۵۵	۰/۰۶۹	۰/۱۱	۱/۶۳	۰/۰۰۶	شهری (گرم)	BOD	This research
۰/۱۳۷	۰/۰۵۵	۰/۱۱	۱۴/۴۹	۰/۰۱۵	شهری (سرد)	BOD	
۰/۰۸۵	۰/۰۹	۰/۳۵	۰/۹۴	۰/۰۳	شهری (گرم)	COD	
۰/۱۶۱	۰/۰۵۷	۰/۰۴۸	۹/۱۶	۰/۰۰۸	شهری (سرد)	COD	

جدول ۶- مقایسه نتایج پژوهش های صورت گرفته در زمینه ضرایب سینتیک حذف نیتروژن و فسفر با مطالعه حاضر

Table 6. Comparison of the results of the research conducted in the field of kinetic coefficients of nitrogen and phosphorus removal with the present study

K _B (g/l.d)	U _{MAX} (g/l.d)	Type of wastewater	Basis	Ref
۸/۳۷	۲/۸۱۰	خانگی	TN	(Thi Neg et al 2020)
۳۷	۷۶/۹۲	شهری	TN	(Farzdakia et al 2013)
۰/۰۹۵	۱/۶۴		TP	
۴۳/۳۰۵	۳۵/۰۸۸	فاضلاب سنتتیک	TN	(Kermani et al 2009)
۸/۵۰۳۵	۷/۷۱		TP	
-	۱۴/۴	صنعتی	آنیلین	(Delnavaz et al 2009)
-	۱۲	خانگی	TN	(Pena et al 2000)
۵۴/۴۹۸	۳۹/۸۴	شهری (گرم)	TN	This research
۳۸۳/۶۴	۶۱/۳۵	شهری (سرد)	TN	
۱۰۱/۵۹	۷۶/۹۲	شهری (گرم)	TP	
۸/۳۷	۲/۸۱۰	شهری (سرد)	TP	

4. Kim J, Cho KJ, Han G, Lee C, Hwang S. Effects of temperature and pH on the biokinetic properties of thiocyanate biodegradation under autotrophic conditions. *Water Res.* 2013; 47(1): 251-8.
5. Metcalf & Eddy. *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. 5th Edition. New York : McGraw-Hill; 2014.
6. Massoudinejad M.R, khashij M, M S. Survey of Electrocoagulation Process in the Removal of Pathogen Bacteria from Wastewater before Discharge in the Acceptor Water. *Journal of Safety Promotion and Injury Prevention*. 2014;2(1):9-14.
7. Klok JB, de Graaff M, van den Bosch PL, Boelee NC, Keesman KJ, Janssen AJ. A physiologically based kinetic model for bacterial sulfide oxidation. *Water research*. 2013;47(2):483-92
8. Imbierowicz M, Chacuk A. Kinetic model of excess activated sludge thermohydrolysis. *Water research*. 2012;46(17):5747-55
9. Liwarska-Bizukojc E, Bizukojc M. A new approach to determine the kinetic parameters for nitrifying microorganisms in the activated sludge systems. *Bioresource technology*. 2012;109 (2):21-5
10. Talaie Khozani A, Talaie Khozani M, Beheshti M. The Determination of Bio-kinetic Coefficients of Crude Oil Biodegradation Using *Pseudomonas Aeruginosa* Bacteria. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2010; 3(2):111-22
11. Sadeghi M., Fadaei A., Khairy S., Najafi Chaleshtary A and Shakri K. Investigating biokinetic coefficients for biological treatment of urban wastewater in cold regions of the country. *Journal of Shahrekord University of Medical Sciences* 2013; 15:41-52. (In Persian)

به طور معمول ضرایب سینتیکی 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 بهره برداری، تغییر در سوبسترا و یا ترکیبات مغذی ورودی مانند ترکیبات نیتروژنه میبا شد. از طرفی چون تصفیه خانه فاضلاب جنوبشرق استان تهران از زمان اجرا پژوهش حاضر به تازگی در مدار بهره برداری قرار گرفته بود به همین دلیل این عامل در کنار عوامل دیگر میتواند به نوعی در تفاوت ضرایب سینتیک با مطالعات و کتابهای مراجع توجیه پذیر باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که تغییرات درجه حرارت تاثیر متفاوتی برروی ضرایب بیولوژیکی حذف کربن، ازت و فسفر داشته و اثر آن از یک الگوی خاص تبعیت نمی کند. و تغییرات میزان لجن برگشتی تاثیری بر میزان ضرایب بیولوژیکی حذف کربن، ازت و فسفر ندارد و تغییرات پارامترهای سینتیکی K_s و k_d با غلظت مواد غذایی خروجی از تصفیه خانه به تفکیک کربن، ازت و فسفر ارتباط مستقیم دارد.

قدردانی

به این وسیله از همکاری و مساعدت شرکت آب و فاضلاب جنوب شرقی استان تهران که در اجرای این پژوهش ما را یاری نموده اند کمال تشکر را داریم.

References

1. Mousavi SA, Khashij M, Sohrabi P. Adsorption Isotherm Study and Factor Affected on Methylene Blue Decolorization using Activated Carbon Powder Prepared Grapevine Leaf. *Journal of Safety Promotion and Injury Prevention*. 201 ; 3(4) :249-56
2. Cho S, Luong TT, Lee D, Oh Y-K, Lee T. Reuse of effluent water from a municipal wastewater treatment plant in microalgae cultivation for biofuel production. *Bioresource technology*. 2011;102(18):8639-45
3. Galkina E, Vasyutina O. Reuse of treated wastewater. *Journal of Materials Science and Engineering* 2018

- River. Journal of Alasmarya University 2021 6; Vol. 6 No. 2
19. Faekah I.N., Fatihah S, and Z.S. Mohamed. Kinetic evaluation of a partially packed upflow anaerobic fixed film reactor treating low-strength synthetic rubber wastewater. Heliyon, 2020; 6(3): p. e03594
 20. Thi Nga D, Trung Hiep N, Tri Quang Hung N. Kinetic modeling of organic and nitrogen removal from domestic wastewater in a down-flow hanging sponge bioreactor. Journal of Environ. Eng 2020; 25(2): 243-250
 21. Singh K.K and R. Vaishya. A biodegradation based kinetic study of UASB Reactor in treating municipal wastewater through various models. 49th. Annual Convention of Indian: water works Association; 2017.
 22. Enitan A.M. and J. Adeyemo. Estimation of bio-kinetic coefficients for treatment of brewery wastewater. International Journal of Environmental and Ecological Engineering 2014; 8(6): p. 407-411
 23. Yousefi R., Takdastan A. Wastewater treatment concepts and principles of design. first edition Shahr Ab Tehran Publications; 2017. (In Persian)
 24. APHA, AWWA, WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 23th ed. Washington: American Public Health Association; 2017.
 25. Azimi N., Taherion M. Performance of combined activated sludge process with fixed bed in food industry wastewater treatment (Case study: Amol Industrial Town's treatment plant). Water and Sewage 2013; 24(3(series 87)) (In Persian)
 26. Hennz M and Harremoes P. Characterization of wastewater for modeling of activated sludge processes. Journal Water Science Technology 2006 ; 25(6) , 1-15
 12. Grady C.P, Diagger G, Love N and Filip C. Biological wastewater treatment, 3nd edition, IWA Publishing; 2011.
 13. Khosravi M., Hassani A., Khani M., Yaghmaeian K. Synthetic Analysis of Nitrogen and Phosphorous Removal from Municipal Wastewater Using Sequencing Batch Bio-film Reactor with Fixed Bed. Environmental Science and Technology 2014; 17(4): 59-73. (In Persian)
 14. Rafati M., Pazuki M., ghadamian H., Jalilzadeh A. and Hosseinnia A. Evaluating the performance and determining the kinetic coefficients of the Aksaish stream process using pollutant removal models in the sewage treatment plant in the south of Tehran. Environmental Journal 2018; 45:47-64. (In Persian)
 15. NoShadi M., Ahadi A. Determining the kinetic coefficients of the sewage treatment plant in Shiraz city using the intermittent reactor. Civil Engineering and Environment Engineer 2016; 47(2): 63-73. (In Persian)
 16. Saleh Al-dhawi B.N, Mohamed Kutty S.R, Baloo L, Jagaba A.H, Saeed Ghaleb A.A, Yahya Almahbashi N.M, et al. Kinetics study of nutrients removal from synthetic wastewater using media as submerged in continuous activated sludge system. Journal of Sustainable Processes and Clean Energy Transition 29 (2023) 87-97
 17. Bhattacharya R. and Mazumder D. Evaluation of nitrification kinetics for treating ammonium nitrogen enriched wastewater in moving bed hybrid bioreactor. Journal of Environmental Chemical Engineering 2021; 9(1): p. 104589.
 18. Alfeluo J.K, Aljfairi K.S, Hawege E.F. Biokinetic Coefficients Determination for the Biological Treatment of Langat

- Iranian Journal Environmental Health, Sciece Engineering, 5(3), 211-215
33. Takdastan, A., Kordestani, B., Neisi, A.K. & Jalilzadeh Yengjeh, R., 2017, "Determination of biokinetic coefficients for the extended aeration activated sludge system treating hospital effluents in hot climate conditions", Journal of water and Wastewater, Vol .28 No .2(108) , 97-102. (In Persian)
34. Farzadkia M, Ihrampoosh M, Kermani M, Nadafi K, Ayubi Mehrizi E. Investigating the efficiency and determination of the kinetic coefficients of nutrients removal in the subsurface flow of Yazd wastewater treatment plant. Journal of Health and Health 1392 1;4 1. (In Persian)
35. Kermani M, Bina B, Movahedian H, Amin m.m, Nikaeen M. Performance analysis and modeling, moving-bed biofilm process to remove nutrients from wastewater compounds, Journal of Water and Wastewater, 2009: 21(3), 9-19 [Full text in Persian]
36. Peña MR, Rodríguez J, Mara DD, Sepulveda M. UASBs or anaerobic ponds in warm climates A preliminary answer from Colombia. Water Science and Technology. Vol 42 IWA Publishing 2000: pp 59-65.
37. Delnavaz M, Ayati B, GanjiDost H. Wastewater containing aniline reaction kinetics in moving bed biofilm reactor", Environmental Health Science, spring 1388: 2 (I), 76 – 87. (In Persian)
27. 27-Mostaed S, Amin M.M., Hassani A. & Takdastan A. Anaerobic biofilm reactor system efficeinyc in sugar cane industry wastewater treatment. Journal of Health System Reserarch 2010; 6, 1002-1014.
28. 28-Chow V.T., Eliassan R. & Linsley R.K. Wastewater engineering. New York: McGraw-Hill;2006
29. 29-Tchobanoglous G., Burton F.L. & Stensel H.D. Wastewater engineering treatment and reuse 4th Ed. New Dehli: McGraw-Hill, Metcalf and Eddy Inc; 2003
30. 30-Shirooi S, Takdastan A. & Ahmadi Moghaddam M., 2010, "Perfomance evaluation and determination of keniticks coefficients of biological process unit of activated sludge of Ahvaz wastewater treatment plant", National Conference on Health, Environment and Sustainable Development, Islamic Azad University of Bandar Abbas, Iran. (Persian)
31. Khosropour, L., Mehrdadi, N. & Takdastan, A. 2013, "Extended aeration activated sludge biological process to evaluate the performance of hospital sewage treatment in Ahwaz oil company hospital", The First National Environment Conference, Payammnour University, Isfahan. (In Persian)
32. Majlesi Nasr, M. & Yazdanbakhsh, A.R., 2008, "Study on wastewater treatment systems in hospitals of Iran",