علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره سه، خرداد ماه ۹۹

بازیابی پساب کارخانه روغن نباتی ورامین به روش IFAS

غزاله منظمی تهرانی[۱]

هستی برقعی پور[۲*]

Hasti_bo@yahoo.com

علیرضا نظام پور[۳]

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۲۶ **تاریخ پذیرش:۹۷/۳/۶**

چکیده

زمینه و هدف: از آن جا که کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک جهان قرار دارد، تامین آب جزء چالش‌های مهم حال و آینده می‌باشد. بنابراین تصفیه مناسب فاضلاب که یکی از مهمترین راه حل ها در جهت رفع چالش کمبود آب است ضروری به نظر می رسد. هدف اصلی تحقیق حاضر، بازیابی پساب صنعت روغن نباتی ورامین با رویکرد استحصال صنعتی و کشاورزی است.

روش بررسی: در این راستا به منظور تصفیه فاضلاب کارخانه مورد مطالعه، اقدامات لازم جهت طراحی پایلوت آزمایشگاهی IFAS اتخاذ گردید و پساب خروجی جهت بررسی توانایی تصفیه فرآیند پیشنهادی، در زمان ماندهای مختلف به پایلوت تزریق و مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای مهم جهت استفاده مجدد در صنعت و همچنین پارامترهای مهم در استاندارد تخلیه به محیط و آبیاری مورد آنالیز قرار گرفت.

یافته ها: نتایج نشانگر آن است که مواد آلی و مواد مغذی مهمترین سهم را در آلودگی دارند. مشخصات پساب خروجی از پایلوت در تصفیه فاضلاب خام کارخانه، استاندارد مورد نیاز برای هیچ کدام از ۴ گروه مصارف صنعتی را دارا نبود، در صورتی که مشخصات پساب خروجی از پایلوت در تصفیه پساب کارخانه، استاندارد مورد نیاز برای گروه‌های سوم و چهارم را دارد.

بحث و نتیجه گیری: با توجه به هدف این پژوهش و رویکرد مصرف پساب در حیطه صنعتی، کشاورزی و آبیاری می‌توان بیان نمود که روش IFAS یا تلفیق دو روش IFAS و انعقاد و لخته‌سازی به علت راندمان مناسب و هزینه کم راهبری و انعطاف بالا در برابر شوک‌های هیدرولیکی و آلی، گزینه مناسبی برای تصفیه فاضلاب کارخانه روغن نباتی ورامین است.

واژه‌های کلیدی: پساب، صنعت روغن نباتی، تصفیه فاضلاب، IFAS.

۱- استادیار، گروه سلامت، ایمنی و محیط زیست، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران .

۲- استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران، ایران .*(مسوول مکاتبات)

۳- کارشناسی ارشد، گروه بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE)، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، تهران، ایران

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.2, April, 2020

Reuse of Varamin Vegetable Oils Industry Wastewater by Using IFAS Method

Ghazaleh Monazami Tehrani [1]
Hasti Borgheipour [2*]
Hasti_bo@yahoo.com
Alireza Nezampour [3]

Admission Date:May 27, 2018 Date Received: March 17, 2018

Abstract

Background and Objective: Iran is located in the arid and semi-arid region of the world and water supply is a major and future challenge. Therefore, proper wastewater treatment is one of the most important solutions to the water scarcity problem. The main purpose of the present research is the wastewater reuse of varamin vegetable oil plant with the approach of industrial and agricultural production.

Methods: In this regard, in order to treat the wastewater of the study plant, the necessary measures were taken to design the IFAS laboratory pilot and the effluent was injected into the pilot at different residual times to evaluate the purification ability of the proposed process. Important parameters for reuse in industry as well as important parameters in the standard of discharge to the environment and irrigation were analyzed.

Findings: The results show that organic matter and nutrients play the most important role in pollution. Pilot effluent specifications in the factory raw wastewater treatment did not meet the required standard for any of the 4 industrial use groups, while the pilot effluent specifications in the factory effluent treatment had the required standard for the third and fourth groups.

Discussion and Conclusion: Considering the purpose of this research and the approach of wastewater usage in industrial, agricultural and irrigation life, it can be stated that IFAS method or combining two methods of IFAS and collagenization due to efficient efficiency and low cost and high flexibility against hydraulic shock and Organic is an appropriate option for treating the sewage plant of varamin vegetable oil factory.

Key words: Wastewater, Vegetable Oils Industry, Wastewater Treatment, IFAS.

1- Assistant Professor, Department of health safty and Environment, school of public health and safty, Shahid Beheshti University of Medical Sciences and Health Services, Tehran, Iran
2- Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran * (Corresponding Author)
3- M.Sc. Student, Department of Health, Safety, and Environment, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran

مقدمه

افزایش جمعیت و توسعه صنعت علاوه بر این که مشکلات موجود در زمینه تأمین آب را به مراحل بحرانی رسانده، موجب آلودگی پساب های خانگی، صنعتی، کشاورزی و آب های سطحی موجود نیز گردیده و علاوه بر خسارت های زیست محیطی، منابع آبی موجود را نیز غیرقابل استفاده نموده است. بنابراین تصفیه فاضلاب که هدف اصلی آن حفاظت محیط-زیست و منابع آب می باشد ضروری به نظر می رسد. تصفیه فاضلاب باید منطبق بر استانداردها و قوانینی باشد که از سوی سازمان‌های معتبر بهداشت در سطح بین المللی تدوین شده و کیفیت پساب خروجی تصفیه خانه‌ها باید به گونه ای تنظیم گردد که متناسب با شرایط محیط پذیرنده باشد (۱). امروزه فرآیندهای نوین تصفیه فاضلاب به ویژه فرآیندهای از نوع رشد تلفیقی (ترکیب رشد معلق و رشد چسبیده) نظیر فرآیند لجن فعال با مدیای غوطه ور (MBBR) و فرآیند لجن فعال با رشد تلفیقی (IFAS/INTEGRATED FIXED FILM ACTIVATED SLUDGE) به صورت روزافزونی برای ساخت تصفیه خانه های جدید و ارتقای تصفیه خانه های فاضلاب موجود مورد استفاده قرار می گیرند (۲).

چندین ویژگی است که موجب می گردد سیستم IFAS گزینه ی مناسبی برای تصفیه انواع فاضلاب ها به ویژه فاضلاب های صنعتی باشد که از آن جمله می توان به طراحی ساده، قابلیت شوک پذیری بالا، کم بودن هزینه عملیاتی، کاهش حجم لجن تولیدی، عدم نیاز به لجن برگشتی، ته نشینی بسیار سریع لخته ها، پساب شفاف خروجی، راندمان بالاتر کاهش نیتروژن و فسفر فاضلاب، زمان ماند هیدرولیکی کم، زمان مانـد زیـاد بـرای لجـن و مقاومت نسبی به شوک های آلی و هیدرولیکی اشاره نمود (۳). در سیستم‌های IFAS زیست توده‌های معلق و متصل به صورت موثری همزمـان بکـار گرفتـه شـده‌انـد، در اصل، در سیستم IFSA مزایای مربوط به فرآیندهای رشد چسبیده به سایر مزایای لجن فعال اضافه می‌گردد (۴، ۵، ۶). مقایسه بعمل آمده بین روش IFAS و MBBR که توسط مالوونی[1] و همکاران در سال ۲۰۱۵ صورت گرفته است حاکی از آن است که راندمان سیستم IFAS در حذف ترکیب ازت یک و نیم برابر بوده و در هر دو سیستم نسبت COD/N معادل ۱/۸ بوده است. سیستم لجن فعال با رشد چسبیده برای فاضلاب‌های شهری، صنعتی و یا مخلوط آن‌ها قابل کاربرد است و با توجه به مزایای اشاره شده استفاده از آن رو به گسترش می‌باشد. همچنین این سیستم برای ارتقای تصفیه‌خانه‌هایی که از قبل ساخته شده‌اند، نیز قابل استفاده می‌باشد (۶). با توجه به کاربردی بودن روش IFAS در تصفیه پساب و خصوصیات متنوع پساب در صنایع مختلف، این پژوهش به بررسی تصفیه پساب صنایع غذایی در کارخانه روغن نباتی پرداخته است. از جمله مواردی که در فاضلاب صنایع غـذایی مهم تلقی می شود حضور آلاینده هـای سـمی در پساب اینگونه صنایع است (۷). سیستم تصفیه پساب شرکت روغن نباتی ورامین متشکل از واحد انعقاد و لخته سازی است که این سیستم هزینه زا بوده و همچنین یکی از خروجی های مهم آن تولید لجن با ماهیت خطرناک می باشد. همچنین آنالیز پساب واحد انعقاد و لخته سازی نشان می دهد که با وجود حذف آلاینده ها از فاضلاب، میزان این آلاینده ها در هنگام تخلیه به آبهای سطحی در حد استاندارد نبوده و باعث آلودگی آب های سطحی می شود. با توجه به استفاده از آب شرب در صنعت روغن نباتی ورامین جهت شستشو و آبیاری فضای سبز و بار آلودگی بالای پساب تولیدی این صنعت، که موجب به خطر افتادن سلامت انسان و دیگر جاندارن می‌شود، هدف اساسی این پژوهش ارزیابی کمی و کیفی فاضلاب تولیدی کارخانه روغن نباتی ورامین و تصفیه پساب به روش IFAS می باشد.

روش بررسی

این مطالعه از نوع توصیفی-مقطعی می‌باشد که در طی ۶ مرحله در سال ۱۳۹۶ به انجام رسیده است. درطول این مطالعه روزانه از فاضلاب کارخانه نمونه برداری صورت گرفت و در هر

1- Malovanyy

بار نمونه برداری، پارامتر های مورد نظر در ورودی و خروجی سیستم IFAS آنالیز گردید.

آزمایش های صورت گرفته بر اساس آخرین روش ارائه شده در کتاب استاندارد متد صورت پذیرفت و نتایج به دست آمده با استاندارد سازمان محیط زیست کشور مقایسه گردید (۸). روش کنونی تصفیه در کارخانه روغن نباتی ورامین، فرآیند انعقاد و لخته سازی می باشد که برای تکمیل آن یک مرحله ته نشین سازی نیز به آن افزوده شده است. نکته ی حائز اهمیت در رابطه ی با فاضلاب تولیدی کارخانجات روغن نباتی، میزان بار آلی، مواد معلق و روغن و چربی بالا می‌باشد که باید در بررسی سیستم تصفیه پساب، حذف و کاهش این پارامترها مورد توجه قرار گیرد. بنابراین نمونه برداری در فواصل زمانی معین (بر اساس روند تولید) قبل از ورود به تصفیه خانه و پس از خروج از آن انجام گردید. این نمونه برداری ها برای بررسی پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی صورت گرفت و انجام نمونه برداری تا رسیدن به دامنه تغییرات یکنواخت ادامه پیدا کرد.

طراحی و راه‌اندازی پایلوت جهت تصفیه فاضلاب شرکت روغن نباتی ورامین

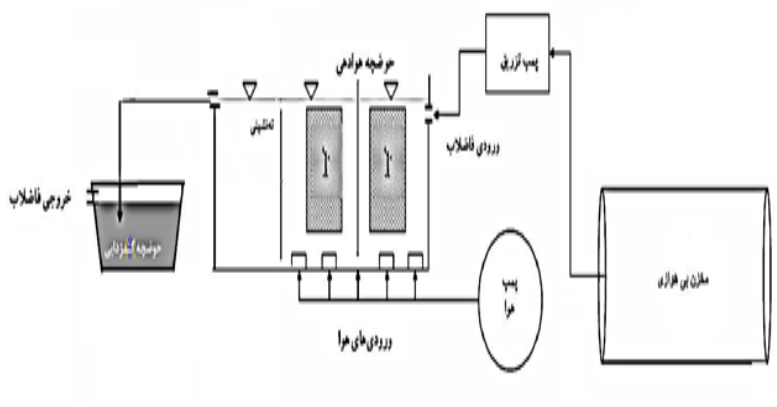
طی بررسی خصوصیات فاضلاب کارخانه روغن نباتی، پارامترهایی جهت تعیین نوع پایلوت و ابعاد آن مورد استفاده قرار گرفت که به قرار زیر است:

- دبی فاضلاب تولیدی شرکت روغن نباتی برای تعیین ابعاد عمرانی فرایند بر اساس فضای اختصاصی کارخانه جهت احداث تصفیه خانه.

- خصوصیات کیفی مانند نسبت ترکیبات آلی به ترکیبات مغذی جهت تعیین مناسب بودن فرایند بی هوازی و هوازی برای تصفیه بیولوژیکی.

- تعیین خصوصیات ترکیبات سمی جهت بررسی مناسب بودن فرایند بیولوژیکی در مقابل فرایند شیمیایی و در نهایت میزان مواد آلی جهت تعیین نوع فرایند بیولوژیکی.

در نهایت طراحی پایلوت در مقیاس آزمایشگاهی جهت ارزیابی کارایی راکتور سیستم تلفیقی لجن فعال با بستر ثابت (IFAS) جهت تصفیه فاضلاب شرکت صورت پذیرفت. دیاگرام شماتیک پایلوت مورد استفاده در این مطالعه به شرح شکل ۱ می باشد.



شکل ۱- نمای شماتیک راکتور لجن فعال دارای بستر ثابت رشد میکروبی

Figure 1. Schematic view of activated sludge reactor with fixed microbial growth platform

مواد آلی استفاده‌شده برای مطالعه اندرکنش با بنتونیت به نحوی انتخاب شدند که دارای ثابت‌های دی‌الکتریک و اندازه مولکولی متفاوتی باشند. بر این اساس در این تحقیق از اتانول و اسید استیک به عنوان آلاینده‌های آلی استفاده شده است. کلیه مواد فوق از شرکت مرک تهیه شدند. مشخصات آلاینده ها در جدول (۳) آورده شده است.

جدول ۱- نتایج آنالیز خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، میکروبی و فلزات سنگین فاضلاب خام کارخانه پیش از تصفیه

Table 1. Analysis of the physical, chemical, microbial and heavy metals of the raw sewage of the pre-purification plant

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی فاضلاب خام کارخانه پیش از تصفیه	**پارامتر**	pH	TSS	TDS	کلسیم	کلر آزاد	کلراید	فرمالدئید	فنل	سیانور	فلوراید	منگنز
	واحد	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	نتایج	۸/۸۵	۲۵۶۰	۷۸۰	۱۳۰	ناچیز	۱۸۰	ناچیز	ناچیز	۰/۰۶	۰/۶۳	۰/۱۰
	انحراف معیار	۰/۳۴	۱۲۷	۵۱	۱۵	۰	۲۲	۰	۰	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۵
	پارامتر	فسفات	سولفیت	سولفات	چربی و روغن	دترجنت	BOD 5	COD	آمونیوم	نیتریت	نیترات	منیزیوم
	واحد	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	نتایج	۱۴/۲	ناچیز	۱۲۸	۱۷۶۰	۰/۰۰۱	۲۲۰۰	۳۶۰۰	۲۷/۲	۰/۰۶۰	۹/۵	۷
	انحراف معیار	۰/۸	۰	۱۱	۵۱۰	۰	۱۳۰	۲۴۰	۰/۴	۰/۰۱۸	۱/۲	۲
خصوصیات میکروبی و فلزات سنگین فاضلاب خام کارخانه	**پارامتر**	نقره	آلومنیوم	آرسنیک	بر	باریم	بریلیوم	نیکل	سرب	سلنیوم	وانادیوم	کادمیوم
	واحد	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	نتایج	ناچیز	ناچیز	۰/۰۵	ناچیز	۰/۰۷	ناچیز	ناچیز	ناچیز	ناچیز	ناچیز	ناچیز
	پارامتر	کبالت	کروم	مس	جیوه	آهن	مولیبدن	روی	لیتیوم	کلیفرم گوارش	کل کلیفرم ها	تخم انگل
	واحد	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	MPN/ 100cc	MPN/ 100cc	N/l
	نتایج	ناچیز	ناچیز	ناچیز	ناچیز	۱/۲	۰/۰۵	۰/۰۵	ناچیز	>۲۴۰۰	>۲۴۰۰	۰

وجود عوامل میکروبی در پساب بیانگر حضور یا عدم حضور میکروارگانیسم ها و کمک به تصفیه بیولوژیکی می باشد به طوری که در صورت فقدان میکروارگانیسم در پساب، اضافه کردن آن ها با فرایند (بذر دهی) ضروری است (۳).

نتایج آنالیز پساب کارخانه پس از انعقاد و لخته سازی

در این بخش پساب خروجی از واحدهای انعقاد و لخته سازی مورد آنالیز قرار گرفته است. با توجه به نتایج به دست آمده میزان مواد آلی پساب خروجی و مواد مغذی از واحد انعقاد و لخته سازی بیشتر از حد استاندارد برای مصارف کشاورزی و صنعتی می‌باشد (۸).

جدول ۲- نتایج آنالیز خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، میکروبی و فلزات سنگین پساب کارخانه پس از انعقاد و لخته سازی

Table 2- Results of analysis of physical and chemical properties, microbial and heavy metals of factory waste after coagulation and flocculation

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پساب کارخانه پس از انعقاد و لخته سازی	**پارامتر**	pH	رنگ	TSS	TDS	کلسیم	کلراید	فلوراید	آهن	منگنز
	واحد	-	Pt-Co	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	نتایج	۷/۶۶	۱۲۶	۱۰۷	۷۰۵	۹۶	۱۳۰	۰/۵۸	۰/۹۰	۰/۱۱
	انحراف معیار	۰/۲۳	۱۸	۱۲	۳۰	۷	۱۴	۰/۰۶	۰/۱۵	۰/۰۸
	پارامتر	فسفات	سولفات	چربی و روغن	BOD5	COD	آمونیوم	نیتریت	نیترات	منیزیوم
	واحد	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	نتایج	۱/۶۳	۱۳۸	۱۴۳	۱۲۰	۲۹۵	۵/۸	۰/۰۲۱	۴/۲	۵
	انحراف معیار	۰/۴۵	۴۷	۲۸	۹	۲۶	۰/۵	۰/۰۰۳	۱/۵	۲
خصوصیات میکروبی و فلزات سنگین پس از انعقاد و لخته سازی	پارامتر	آلومنیوم	آرسنیک	باریم	سرب					
	واحد	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l					
	نتایج	۰/۹۴	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۲۱					
	پارامتر	روی	کلیفرم گوارش	کل کلیفرم ها	تخم انگل					
	واحد	mg/l	MPN/ 100cc	MPN/ 100cc	N/l					
	نتایج	۰/۳۶	>۲۴۰۰	>۲۴۰۰	۰					

نتایج سنجش خصوصیات بیولوژیکی و غلظت فلزات سنگین در جدول ۲ نشان داده شده است. علی رغم آن که میزان فلزات سنگین در ورودی واحد انعقاد و لخته سازی ناچیز می باشد، اما به خاطر افزودن مواد شیمیایی جهت انعقاد و لخته سازی، آنالیز فلزات سنگین در خروجی این واحد نیز انجام گرفت. با توجه به جدول ۲، میزان غلظت برخی از فلزات به صورت جزئی افزایش پیدا کرده است و دلیل این امر می تواند ناشی از اضافه کردن مواد شیمیایی به فرایند باشد. نتایج به دست آمده از سنجش پساب سیستم انعقاد و لخته سازی و مقایسه با استاندارد سازمان محیط زیست به روشنی بیان می کند که این سیستم در برخی از موارد مانند اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، اکسیژن مورد نیاز بیولوژکی و چربی و روغن، استاندارد تخلیه به محیط را نمی‌تواند تامین کند. شایان ذکر است که غلظت پارامترهای کلر آزاد، فرمالدئید، فنل، سیانور، دترجنت، سولفیت، سولفید، نقره، بر، بریلیوم، نیکل، سلنیوم، وانادیوم، کادمیوم، کبالت، کرم، مس، جیوه، لیتیوم و مولیبدن در پساب خروجی در حد ناچیز بوده و به همین دلیل در جدول ۲ قرار نگرفته است.

نتایج آنالیز خروجی پایلوت IFAS در تصفیه فاضلاب خام کارخانه

بالا بودن غلظت مواد آلی فاضلاب خام موجب شد علاوه بر سیستم IFAS از حوضچه بی‌هوازی برای کاهش میزان بار آلی استفاده شود. فاضلاب خام بعد از انتقال از کارخانه به ترتیب به حوض بی‌هوازی منتقل گردید و بعد از تصفیه در این حوض خروجی آن به سیستم IFAS انتقال داده شد. جهت تصفیه فاضلاب خام ۶ فاز بهره برداری تدوین شد به صورتی که به ترتیب فاضلاب خام با زمان ماند ۲ روز بی‌هوازی ۴،۶ و۸ ساعت هوازی،۱ روز بی‌هوازی ۴،۶ و۸ ساعت هوازی مورد تصفیه قرار گرفت. برای بررسی میزان توانایی سیستم پیشنهادی، فاضلاب ورودی به حوض بی‌هوازی و پساب خروجی از حوض هوازی مورد آنالیز قرار گرفت. اکسیژن مورد نیاز شیمیایی از ورودی حوض بی‌هوازی، خروجی حوض بی‌هوازی (که خود ورودی حوض هوازی می‌باشد) و خروجی IFAS، در تمامی روزها جهت مشخص شدن پایداری سیستم مورد آنالیز قرار گرفت و پایدار شدن سیستم با عدم تغییر معنی دار پارامتر معیار تعیین گردید. بعد از پایدار شدن سیستم پارامتر BOD و COD در ورودی حوض بی‌هوازی، خروجی حوض بی‌هوازی و خروجی IFAS آنالیز شد. همچنین مواد مغذی و کل مواد معلق تنها در ورودی حوض بی‌هوازی و خروجی IFAS سنجش شد. لازم

به ذکر است مهمترین کاربرد حوض بی‌هوازی کاهش دادن مواد آلی فاضلاب ورودی می‌باشد، به همین دلیل فقط پارامتر BOD و COD مورد سنجش قرار گرفتند. نتایج حاصل از آنالیز پارامترهای معیار در فاضلاب خام ورودی به حوض بی-هوازی و پساب خروجی از سیستم IFAS در زمان‌ماندهای ۱ و ۲روز بی‌هوازی، ۱ روز بی‌هوازی ۴، ۶ و ۸ ساعت هوازی و همچنین ۲ روز بی‌هوازی ۴، ۶ و ۸ ساعت هوازی در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۳، حوض بی‌هوازی بیش از ۵۰ درصد از بار آلی فاضلاب خام را حذف نموده است بنابراین طراحی این حوض باعث کاهش بار آلی بر روی سیستم IFAS شده و به تبع آن باعث بهبود کارکرد سیستم هوازی شده است. نتایج آنالیز خصوصیات شیمیایی پساب خروجی حاصل از تصفیه فاضلاب خام در زمان‌ماندهای مختلف (۱ روز بی‌هوازی۴، ۶ و ۸ ساعت هوازی و ۲ روز بی‌هوازی ۴، ۶ و ۸ ساعت هوازی) نیز در جدول۳ نشان داده شده است. طی آنالیز های انجام یافته از پساب سیستم IFAS، غلظت عناصر آرسنیک، باریم، سیانید، مولیبدن، روی، منگنز، نقره، آلومینیوم، بر، بریلیوم، کادمیوم، کبالت، کرم، مس، نیکل، سلنیوم، کمتر از حد تشخیص دستگاه مورد استفاده بود و بدین علت در جدول ذکر نشده است. سیستم های بیولوژیکی توانایی کمی در حذف فلزات سنگین، آنیون و کاتیون ها از فاضلاب دارند و آنالیز این پارامترها در خروجی سیستم IFAS بیشتر به دلیل بررسی ماهیت پساب جهت استفاده در کشاورزی و صنعت می‌باشد. پساب خروجی از سیستم IFAS به واحد گندزدایی انتقال داده شد تا اثر گندزدای کلر بر حذف شاخص بیولوژیکی بررسی شود.

جدول ۳- نتایج آنالیز پارامترهای معیار فاضلاب ورودی و آنالیز شیمیایی و میکروبی پساب خروجی، در تصفیه فاضلاب خام از سیستم IFAS در زمان ماندهای مختلف

Table 3. Results of analysis of input parameters and chemical and microbiological analysis of wastewater effluent in raw sewage treatment of the IFAS system at different residual times

نمونه گیری	کلیفرم مدفوعی	کلیفرم کل	فسفر کل	نیترات	نیتریت	آمونیاک	فنل	سیانور	کدورت	pH	کلر باقیمانده	TDS	کلر	TKN	فسفات	pH	سیانور	کدورت	TSS	BOD	COD	زمان ماند هیدرولیکی
-	MPN/100cc	MPN/100cc	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	Pt-Co	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	-	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	
خروجی	خروجی	خروجی	خروجی	خروجی	خروجی	خروجی	خروجی	خروجی	خروجی	خروجی	خروجی	خروجی	خروجی	خروجی	خروجی	خروجی	خروجی	خروجی	خروجی	خروجی	خروجی	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۸/۸۴	۹/۵۷	-	۲۶۲۸	۸۷۴	۱۶۴۹	۳۶۳۹
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۸/۹۱	۱۰/۳۰	-	۲۵۰۶	۷۵۸	۱۴۱۴	۳۵۸۲
۰	۳	۹۳	۰/۵۰	۱۱/۹	۶	۱۳۴	۸۷	۹۵	۹۵	۰/۰۷	۱۱۶	۷۲۸	۶۵۷	۹/۴۶	۶/۲۰	۸/۳۴	-	۱۰۷	-	۱۴۹	۲۹۰	۱۶۴۷
۰	۰	۹۳	۰/۵۶	۱۰/۲	۶	۱۲۰	۹۵	۱۰۷	۹۵	<۰/۰۱	۱۳۳	۶۵۷	۶۸۴	۷/۰۱	۵/۵۸	۸/۶۴	-	۹۷	-	۱۲۸	۲۱۶	۱۶۷۷
۰	۲۳	۹۳	۰/۵۳	۴/۶	۷	۱۴۶	۹۴	۷۳	۹۴	<۰/۰۱	۱۲۹	۶۸۴	۶۸۴	۶/۲۸	۵/۱۵	۸/۰۳	-	۵۶	-	۵۸	۱۲۵	۱۶۲۴
۰	۰	۴۳	۰/۶۸	۵/۲	۴	۱۰۸	۸۷	۵۱	۴۵	۰/۱۱	۱۴۶	۵۴۵	۵۴۵	۱۱/۸۹	۵/۷۰	۸/۴۵	-	۵۷	-	۶۵	۱۲۷	۱۴۳۵
۰	۹/۱	۲۹۰	۰/۶۱	۵/۴	۸	۱۱۶	۸۳	۴۷	۴۵	<۰/۰۱	۱۳۳	۶۶۷	۶۶۷	۱/۹۳	۴/۳۴	۷/۷۰	-	۶۱	-	۶۸	۱۱۰	۱۴۴۸
۰	۰	۹۳	۰/۵۷	۳/۰	۵	۱۰۶	۹۰	۶۰	۴۵	<۰/۰۱	۱۳۷	۷۳۸	۷۳۸	۱/۱۹	۳/۹۸	۸/۰۱	-	۳۴	-	۳۸	۷۶	۱۳۵۹

نتایج آنالیز خروجی پایلوت IFAS در تصفیه پساب کارخانه

در تحقیق حاضر پساب خروجی به صورت روزانه از کارخانه به محل استقرار پایلوت انتقال داده شد. برای تصفیه پساب کارخانه مانند تصفیه پساب خام نیازی به حوض بی هوازی نمی باشد، دلیل این امر پایین بودن مقدار مواد آلی است که به واسطه فرایند انعقاد و لخته سازی حذف شده است. پایلوت در سه زمان ماند ۴، ۶ و ۸ ساعت هوازی راهبری شد. غلظت اکسیژن مورد نیاز شیمیایی برای تعیین پایداری سیستم به صورت روزانه در ورودی و خروجی IFAS سنجش شد. جهت بررسی کارایی سیستم IFAS به عنوان سیستم مکمل واحد انعقاد و لخته سازی پارامترهای معیار در ورودی و خروجی پساب سنجش شد. آنالیز شیمیایی تنها از پساب خروجی انجام شد که شامل فلزات سنگین، آنیون ها و کاتیون های مهم می-باشد. نتایج حاصل از آنالیز کیفیت فاضلاب (پساب کارخانه) ورودی به سیستم IFAS به همراه نتایج آنالیز پساب خروجی از این سیستم در زمان ماندهای مختلف (۴، ۶ و ۸ ساعته هوازی) در جدول ۴ نشان داده شده است.بر این اساس، سیستم IFAS قادر است در کمترین زمان ماند هیدرولیکی آلاینده های معیار را به کمترین سطح ممکن برساند.

غلظت عناصر آهن، منگنز، رنگ، چربی و روغن، سیانید و فلزات سنگین در خروجی پایلوت کمتر از حد تشخیص بوده است. پساب خروجی از سیستم IFAS به حوض کلرزنی انتقال داده شد تا کارایی حذف میکروارگانیسم‌ها مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به نتایج به دست آمده شاخص میکروبی و انگل در پساب خروجی وجود ندارد که دلیل این امر پایین بودن غلظت مواد آلی و ذرات معلق می‌باشد.

جدول ۴- نتایج آنالیز فاضلاب ورودی و پساب خروجی از سیستم IFAS در تصفیه پساب خروجی کارخانه

Results of inlet and wastewater sewage analysis from the IFAS system in the factory wastewater treatment plant-Table 4

زمان ماند هیدرولیکی			۴ساعت هوازی	۶ساعت هوازی	۸ساعت هوازی
COD	mg/l	ورودی	۱۸۸	۱۸۳	۲۱۳
		خروجی	<۵	<۵	<۵
BOD	mg/l	ورودی	۱۲۰	۱۱۲	۱۲۸
		خروجی	<۳	<۳	<۳
TSS	mg/l	ورودی	۲۳۶	۱۹۲	۲۰۸
		خروجی	<۵	<۵	<۵
TKN	mg/l	ورودی	۶/۶	۶/۳	۶/۲
		خروجی	۱/۲	۰/۸	۰/۲
فسفات	mg/l	ورودی	۱/۶۰	۱/۴۸	۱/۵۴
		خروجی	۰/۸۸	۰/۵۰	۰/۶۶
pH	mg/l	ورودی	۷/۵۴	۷/۸۵	۷/۷۹
		خروجی	۷/۰۹	۷/۶۱	۷/۸۷
آلومینیوم	mg/l	خروجی	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۰۷
کلراید	mg/l	خروجی	۹۳	۷۵	۷۸
TDS	mg/l	خروجی	۴۸۳	۴۵۸	۵۳۸
کلسیم	mg/l	خروجی	۸۷	۸۴	۸۵

منیزیم	mg/l	خروجی	۶	۶	۴
سولفات	mg/l	خروجی	۹۷	۹۹	۸۶
فلوراید	mg/l	خروجی	۰/۵۹	۰/۶۸	۰/۶۵

(<X) : روش سنجش و دستگاه های مورد استفاده کمتر از آن غلظت را نمی توانند سنجش کنند.

بحث و نتیجه گیری

با توجه به نتایج آزمایش ها می‌توان مشاهده نمود در زمان‌ماند هیدرولیکی ۲ روز بی‌هوازی، راندمان حذف بیشتر از زمان‌ماند یک روزه می‌باشد. دلیل افزایش راندمان را می‌توان این‌گونه بیان کرد که هر چه میزان زمان ماند در حوض بی‌هوازی بیشتر باشد، فرصت کافی برای حذف آلاینده‌های آلی در اختیار میکروارگانیسم‌ها قرار می‌گیرد (۳). همچنین با افزایش زمان ماند، میزان ته نشینی ذرات معلق نیز افزایش می‌یابد. حداکثر میزان حذف COD در حوض بی‌هوازی ۶۰/۵ درصد در زمان-ماند هیدرولیکی ۲ روز به دست آمد. در بررسی رضایی و همکاران در سال ۱۳۹۵ بر روی تصفیه فاضلاب فاز ۱ و ۲ شهرک صنعتی ارومیه، میزان حذف COD به ترتیب ۴۵ و ۵۵ درصد به دست آمده است که نسبت به مطالعه حاضر راندمان کمی را دارد و دلیل این امر را می‌توان به حضور ترکیبات آلی دیر تجزیه پذیر نسبت داد(۹). مقایسه راندمان پایلوت با راندمان تصفیه‌خانه کارخانه روغن‌نباتی نشان از راندمان بالای IFAS در حذف COD می باشد. در مطالعات انجام یافته توسط شائو [1] و همکاران در سال ۲۰۱۷ و همچنین مطالعات کومار سینک [2] و همکاران در سال ۲۰۱۶، میزان حذف COD کمتر از مقدار حذف این پارامتر در مطالعه حاضر می‌باشد (۱۰، ۱۱). این تفاوت را می‌توان به دلیل سهل تجزیه پذیر بودن مواد آلی فاضلاب روغن نباتی دانست. میزان حذف COD در مطالعه آندرئوتولا [3] و همکاران در سال ۲۰۰۲ بر روی تصفیه فاضلاب کارخانجات لبنیات و همچنین ملمکوئیست [4] و همکاران در سال ۲۰۰۳ در تصفیه فاضلاب خروجی کارخانجات چوب و کاغذ به ترتیب برابر ۸۰ و ۶۶ درصد بوده است و نشانگر راندمان پایین در هر دو مطالعه یاد شده نسبت به مطالعه حاضر است (۱۳، ۱۲). با توجه به سهل تجزیه پذیر بودن پساب خروجی روغن نباتی و بار آلی کم، میزان حذف COD در مطالعه حاضر در زمان ماند هیدرولیکی ۴، ۶ و۸ ساعت به ترتیب ۹۷/۳< ، ۹۷/۳< و ۹۷/۷< می‌باشد. ترکیبات معلق (TSS) در پساب خروجی می‌تواند باعث اختلال در مصرف مجدد پساب گردد. ذرات معلق کارایی سیستم گندزدایی را پایین می‌آورد و می-تواند نشانه‌ای بر عملکرد نا مناسب حوض ته‌نشینی باشد (۳).

در کل سیستم (راکتور بی‌هوازی و IFAS) کمترین و بیشترین راندمان حذف BOD به ترتیب مربوط به زمان‌ماند هیدرولیکی ۱ روز بی‌هوازی ۴ ساعت هوازی(۹۳/۶ درصد) و ۲ روز بی‌هوازی ۸ ساعت هوازی(۹۸/۲ درصد) می‌باشد. رضایی و همکاران در سال ۱۳۹۵ بالاترین میزان حذف BOD را در زمان ماند هیدرولیکی ۳ روز بی‌هوازی ۸ ساعت هوازی برای تصفیه فاضلاب شهرک صنعتی ارومیه فاز ۱ و ۲ به ترتیب ۹۸ و ۹۵ درصد به دست آوردند. نتایج نشان می‌دهد کارایی سیستم IFAS در مطالعه یاد شده و مطالعه حاضر نزدیک به هم است، با این تفاوت که میزان زمان ماند برای مطالعه رضایی و همکاران در سال ۱۳۹۵ بیشتر از مطالعه حاضر می‌باشد (۹). در مطالعه کومار سینگ [2] و همکاران در سال ۲۰۱۶ میزان حذف BOD در تصفیه فاضلاب شهری ۹۲ درصد بوده و کمتر از مطالعه حاضر می‌باشد که این امر می‌تواند به دلیل دیر تجزیه پذیر بودن فاضلاب ورودی باشد(۱۱). نتایج نشان داد که بیشترین میزان حذف ذرات معلق در زمان ماند هیدرولیکی ۲ روز بی‌هوازی ۸ ساعت هوازی رخ داده است. به دلیل جریان پیوسته فاضلاب درون سیستم و ثابت بودن حجم واحد ته-نشینی ثانویه، با افزایش زمان ماند هیدرولیکی درون این حوضچه میزان حذف TSS افزایش پیدا می‌کند. مقایسه نتایج

1- Shao
2- Kumar Singh
3- Andreottola
4- Malmqvist

راندمان حذف BOD و TSS پایلوت با داده‌های واقعی به دست آمده از تصفیه‌خانه نشان داد که استفاده از IFAS با کاهش محسوس این پارامترها همراه است. بیشترین میزان حذف TSS در مطالعه رضایی و همکاران در سال ۱۳۹۵ مربوط به زمان‌ماند ۲ روز بی هوازی ۸ ساعت هوازی ۹۶ درصد می‌باشد (۹). همچنین در مطالعه کومار سینگ[۲] و همکاران در سال ۲۰۱۶ میزان کارایی ۸۸ درصد می‌باشد (۱۱). سیستم IFAS در مطالعه حاضر توانایی بیشتری در حذف TSS نسبت به مطالعات یاد شده دارد و دلیل این امر توجه به تخلیه مناسب لجن و راهبری مناسب سیستم می‌باشد. کارایی سیستم تصفیه بیولوژیکی IFAS در حذف TSS از فاضلاب خام در زمان-ماندهای مختلف نشان می‌دهد که غلظت TSS همانند BOD در خروجی سیستم IFAS کمترین مقدار را دارا می‌باشد. راندمان حذف سیستم IFAS در تصفیه پساب کارخانه بسیار مطلوب‌تر از مطالعه رضایی و همکاران در سال ۱۳۹۵ و مطالعه کومار سینگ و همکاران در سال ۲۰۱۶ می‌باشد. تصفیه بهتر در این مطالعه نسبت به مطالعات ذکر شده به دلیل پایین بودن بار آلی ورودی می‌باشد.

بیشترین و کمترین میزان حذف فسفر در زمان ماند هیدرولیکی ۲ روز بی‌هوازی ۸ ساعت هوازی ۶۲/۵ درصد و ۱ روز بی‌هوازی ۴ ساعت هوازی ۳۶/۱ درصد می‌باشد. با توجه به بالا بودن غلظت فسفر در پساب خروجی ضروری است که فرایند بی-هوازی تغییر یابد و یا زمان ماند هیدرولیکی حوض بی‌هوازی بیشتر شود. میزان حذف ترکیبات نیتروژنه و فسفره در مطالعه خسروی و همکاران در سال ۱۳۹۴ به ترتیب برابر ۷۴ تا ۹۸ درصد و ۵۱ تا ۹۲ درصد می‌باشد (۱۴). همچنین میزان حذف فسفات در مطالعه محمدیاری در سال ۱۳۸۰ بیش از ۹۰ درصد و حذف آمونیاک در مطالعه شائو و همکاران در سال ۲۰۱۶ بیش از ۸۹ درصد به دست آمده است(۱۰و۱۵). در تمامی مطالعات ذکر شده میزان حذف ترکیبات مغذی بیشتر از مطالعه حاضر بوده است و دلیل این امر استفاده از حوض‌های انوکسیک و بی‌هوازی قبل از واحد هوازی می‌باشد. استفاده از حوض‌های بی‌هوازی و انوکسیک توانایی سیستم برای حذف ترکیبات مغذی را بالا می‌برد. در مطالعه محمدیاری، نسبت COD به فسفر در ورودی سیستم مساوی یا بیشتر از ۱۰۰ بوده است، اما علی‌رغم وجود تناسب مناسب COD/P با افزایش زمان ماند از ۶ ساعت هوازی به ۸ ساعت هوازی افزایش راندمانی مشاهده نگردید و دلیل این امر می‌تواند به علت از بین رفتن تعادل باکتری‌های تجزیه کننده فسفر باشد. لازم به ذکر است که استفاده از یک واحد کوچک بی‌هوازی قبل از سیستم IFAS می‌تواند راندمان حذف فسفر را به حد استاندارد مورد نیاز برساند. به دلیل کاهش جمعیت میکروبی برای حذف ترکیبات فسفره راندمان حذف این ترکیب در مطالعه حاضر کمتر از مطالعه یاد شده می‌باشد (۱۵). مطالعه ای که مصطفایی و همکاران در سال ۱۳۸۶ بر روی حذف ترکیبات مغذی با استفاده از فرایند IFAS به همراه استفاده از حوض های انوکسیک و بی هوازی انجام دادند، مشخص می‌کند بالا بودن راندمان حذف ترکیبات مغذی استفاده از حوض‌های انوکسیک و بی‌هوازی می‌باشد(۱۶). به دلیل بافریت مناسب در فاضلاب خام و پساب کارخانه تغییرات کمی در pH طی عمل تصفیه رخ داده است.

جهت بررسی قابلیت استفاده از پساب خروجی از پایلوت برای مصارف صنعتی لازم است خصوصیات این پساب در ۴ گروه تعیین شده مورد مقایسه قرار گیرد (۱۷).

جدول۵- مقایسه مشخصات پساب خروجی و آب خروجی از سیستم IFAS با استاندارد آب صنعتی

Table 5.Comparison of output and output water discharge from the IFAS system with industrial water standard

مشخصات پساب خروجی از سیستم IFAS در تصفیه پساب خام با استاندارد آب صنعتی								مشخصات آب خروجی از سیستم IFAS در تصفیه پساب کارخانه با استاندارد آب صنعتی							
شاخص	۲ روز بی-هوازی ۶ ساعت هوازی	۲ روز بی-هوازی ۸ ساعت هوازی	مطابقت نتایج با استاندارد ۴ گروه از استاندارد آب صنعتی					زمان ماند هیدرولیکی (ساعت)			مطابقت نتایج با استاندارد ۴ گروه از استاندارد آب صنعتی			
			گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳	گروه ۴	۴	۶	۸	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳	گروه ۴
آهن	<۰/۰۱	<۰/۰۱	√	✓	✓	✓	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱		✓	✓	✓
منگنز	<۰/۰۱	<۰/۰۱	✓	✓	✓	✓	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	✓	✓	✓	✓
pH	۷/۷۰	۸/۰۱	✓	✓	✓	✓	۷/۰۹	۷/۶۱	۷/۸۷	✓	✓	✓	✓
COD	۱۱۰	۷۶	×	×	×	×	<۵	<۵	<۵	✓	✓	✓	✓
موادمعلق	۶۱	۳۴	×	×	×	✓	<۵	<۵	<۵	✓	✓	✓	✓
TDS	۶۶۷	۷۳۸	×	×	×	✓	۴۸۳	۴۵۸	۵۳۸	×	×	✓	✓
کلراید	۱۳۳	۱۳۷	×	×	✓	✓	۹۳	۷۵	۷۸	×	✓	✓	✓

با توجه به جدول ۵، مشخصات پساب خروجی از پایلوت در تصفیه فاضلاب خام استاندارد مورد نیاز برای مصارف صنعتی را دارا نمی‌باشد در حالی که مشخصات پساب خروجی از پایلوت در تصفیه پساب کارخانه، استاندارد گروه سوم و چهارم آب صنعتی را دارد. استاندارد میزان TDS در گروه ۱ و ۲ و میزان کلراید در گروه ۱ توسط تصفیه پیشنهادی در این تحقیق تامین نشده است، اما در صورت استفاده از تصفیه پیشرفته مانند اسمز معکوس می‌توان به این استانداردها نیز دست یافت. براساس نتایج به دست آمده از مطالعه رضایی و همکاران در سال ۱۳۹۵، سیستم IFAS در تصفیه بیولوژیکی فاضلاب‌های فاز ۱ و ۲ شهرک صنعتی ارومیه، پساب فاز ۲ جزو گروه ۲ ، ۳ و ۴ قرار می‌گیرد، در حالی که پساب فاز ۱ فقط در سه زمان‌ماند ۲ روز بی‌هوازی ۸ ساعت هوازی، ۳ روز بی‌هوازی ۶ ساعت هوازی و ۳ روز بی‌هوازی ۸ ساعت هوازی می‌تواند در گروه ۲، ۳ و ۴ قرار گیرد (۹). همچنین نتایج مطالعه حسنی و همکاران در سال ۱۳۹۲ نشان داد پساب تصفیه خانه انباج تنها برای مصارف صنعتی گروه ۳ و ۴ مناسب می‌باشد (۱۸). از نتایج مطالعات استنباط می‌شود که سیستم بیولوژیکی توانایی تصفیه فاضلاب برای مقاصد صنعتی مطابق با استانداردهای گروه ۱ را ندارد و تامین استاندارد گروه‌های ۲، ۳ و ۴ نیز وابستگی شدیدی به کیفیت پساب ورودی دارد.

با توجه به نتایج به دست آمده از آب خروجی از سیستم IFAS در تصفیه پساب کارخانه روغن و مقایسه با استاندارد سازمان محیط زیست ایران، سیستم پیشنهادی در سه زمان - ماند هیدرولیکی ۴، ۶ و ۸ ساعت هوازی با استاندارد مطابقت دارد. همچنین پساب‌های خروجی از سیستم IFAS با زمان ماندهای ۲ روز بی‌هوازی ۶ ساعت هوازی و ۲ روز بی‌هوازی ۸ ساعت هوازی برای فاضلاب خام و تمامی زمان ماندهای هیدرولیکی برای تصفیه پساب کارخانه از نظر WHO برای آبیاری قطره‌ای، سنتی، آبیاری بارانی برای مراتع و درختان، آبیاری چمن‌ها، زمین‌های ورزشی و فضای سبز مناسب می‌باشد (۳). نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که پساب خروجی از سیستم IFAS جهت مصارف کشاورزی کاربرد داشته است اما ذکر این نکته ضروری است که استفاده از پساب برای کشاورزی تنها به کیفیت پساب بستگی نداشته و کیفیت خاک زراعی، نوع کشت و سیستم آبیاری نیز در این امر موثر است. بنابراین با توجه به اینکه بعد از تصفیه فاضلاب می‌توان از پساب در آبیاری فضای سبز و صنعت استفاده نمود، فاضلاب تصفیه شده می‌تواند یک منبع ثابت و قابل دسترس برای مصارف فوق باشد. بر اساس آب بهای منتشر شده سال ۱۳۹۶ سازمان آب و فاضلاب کشور و میزان پساب به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که با احداث سیستم پیشنهادی حاضر (با صرف نظر از هزینه ساخت

اولیه تصفیه خانه) سالانه ۵۰۰ میلیون تومان صرفه اقتصادی برای کارخانه به همراه خواهد داشت.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از مدیریت محترم شرکت روغن‌نباتی ورامین، مدیریت بخش محیط زیست و کلیه کارکنان تصفیه خانه این شرکت که نهایت همکاری را به عمل آوردند، قدردانی می‌نمایند.

Reference

1. Ashegh Moalla, M., Mohammadi Fazel, A. & Homami, M., 2014. The role of Assimilative capacity of the river in determination of limit parameters of Effluent quality. Environmental Science and Engineering, Volume 1, pp. 37-49. (In Persian)
2. Azimi, A., Hoshyari, B., Mehrdadi, N., Nabi bidehendi, G., 2008. Increasing the efficiency of removal of organic carbon, nitrogen and phosphorus in the process of hybrid activated sludge with integrated growth. Iranian Journal of Science and Technology, Volume 31, pp. 523-533. (In Persian)
3. Metcalf & Eddy, Burton FL, Stensel HD, Tchobanoglous G. Wastewater engineering: treatment and reuse. McGraw Hill; 2003.
4. Randall CW, Sen D. Full-scale evaluation of an integrated fixed-film activated sludge (IFAS) process for enhanced nitrogen removal. Water science and Technology. 1996 Jun 1; 33(12):155-62.
5. Ben-Asher, Y., Feldman, M., Feldman, S. & Gurfil, P., 2007. IFAS: Interactive flexible ad hoc simulator. Simulation Modelling Practice and Theory, 15(7), pp. 817-830.
6. Malovanyy, A., Trela, J. & Plaza, E., 2015. Mainstream wastewater treatment in integrated fixed film activated sludge (IFAS) reactor by partial nitritation/anammox process. Bioresource Technology, Volume 198, pp. 478-487.
7. Mohammadi, N. & Dadallahi Sohrab, A., 2012. Investigating the Effect of Vegetable Vegetable Oil Plant and Dough Filling in Dezful Province on Water Consumption of Agriculture. Quarterly Journal of Environmental Science and Technology, Volume 13, pp. 55-62. (In Persian)
8. Iran Department of Environment, 1998. Regulations and Environmental Standards [Online], Tehran: s.n.
9. Rezaei, M., Samiy Bareq, A., Rahimi, S., Meshkini, M., 2016. Reuse of treated wastewater in industrial towns of Urmia 1 and 2 with the approach of industrial water extraction from wastewater. Mining and Environmental Research Group of Research Vice-Chancellor of Jihad University of Amir Kabir Industrial Complex. (In Persian)
10. Shao, Y., Shi, Y., Mohammed, A., Liu, Y., 2017. Wastewater ammonia removal using an integrated fixed-film activated sludge-sequencing batch biofilm reactor (IFAS-SBR): Comparison of suspended flocs and attached biofilm. International Biodeterioration & Biodegradation, Volume 116, p. 38e47.
11. Kumar Singh, N. & Ahmad Kazmi, A., 2016. Environmental performance and microbial investigation of a single stage aerobic integrated treating

municipal wastewater. Journal of Environmental Chemical Engineering, Volume 4, p. 2225–2237.

12. Andreottola, G., Foladori, P., Ragazzi, M. & Villa, R., 2002. Dairy wastewater treatment in a moving bed biofilm reactor. Water Science & Technology, 45(12), pp. 321-328.
13. Malmqvist, A., Welander, T. & Berggren, B., 2003. Removal of chronic toxicity and organic matter from a paper mill effluent in a MBBR process. United States, Environmental Science (miscellaneous).
14. Khosravi, M., Hassani, A., Khani, M., Yagmayan, K., 2015. The kinetics of nitrogen and phosphorus removal from municipal wastewater by continuous batch reactor with fixed bed biofilm. Environmental science and technology, Volume 67, pp. 64-75. (In Persian)
15. Mohammadyari, N., 2002. Comparison of Biofilm Reactor Performance with Movable Substrate with Active Sludge Reactor. Sharif University of Technology: Master's thesis - Chemistry Engineering (Environment). (In Persian)
16. Mostafaei, F., Movahedian Attar, H., Parvaresh, A., Bina, B., 2008. Investigating the Function of the Activated Mud Activated Asbestos System (IFAS) in Removing Nutrients from Wastewater. 10th National Conference on Environmental Health. (In Persian)
17. Guidelines for the classification of raw water, wastewater and water for industrial and recreational purposes. Issue No. 462 (2008). Vice President of Strategic Planning and Control. (In Persian)
18. Hassani, A., Salary, M., Javid, A., Saiady, M., Bahram Nejad, Z., 2014. Feasibility of reuse of sewage treatment plant wastewater for various uses, with emphasis on artificial nutrition of groundwater. Journal of Environmental Geology, Volume 22, pp. 22-31. (In Persian)