

Quality Assessment of Wastewater Treatment Plant Effluents for Discharge into the Environment and Reuse

Mohammad Mahdi Emanjomeh¹,
Kamran Tari²,
Hamzeh Ali Jamali³,
Hamid Karyab³,
Maral Hosseinkhani⁴

¹ Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Social Determinant of Health Research Center, Qazvin University of medical Sciences, Qazvin, Iran

² MSc Student in Environmental Health Engineering, School of Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

³ Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Qazvin University of medical Sciences, Qazvin, Iran

⁴ MSc in Analytical Chemistry, Qazvin Department of Environment, Qazvin, Iran

(Received October 22, 2016 ; Accepted Jan 1, 2017)

Abstract

Background and purpose: The aim of this study was to evaluate the quality of wastewater treatment plant effluent in Qazvin (Alvand) industrial area for discharge into the environment and reuse.

Materials and methods: The study was conducted over a period of nine months in 2015-2016. Ninety samples of wastewater were collected to determine the concentrations of BOD₅, COD, TSS, TC, FC, and heavy metals (lead, cobalt, and Cd). The levels of pollutants were evaluated according to the standards of Iran Environmental Protection Agency for discharge to the environment and reuse.

Results: The mean concentration of COD in the effluent during autumn, winter and spring were 145.20±52.66 mg/L, 316.50±279.80 mg/L, and 177.00±124.2mg/L, respectively. The average concentration of BOD₅ were found to be 79.40±26.76 mg/L, 154.25±122.86mg/L, and 72.00±13.74 mg/L in autumn, winter, and spring, respectively. The mean values for total coliform and fecal coliform were 6×10² MPN/100 mL and 6.21×10² MPN/100 mL, respectively. The average lead and cobalt concentrations were found to be 0.21±0.11 mg/L and 0.004±0.003 mg/L, respectively. The cadmium concentration was reported to be minimal.

Conclusion: Current results showed that the wastewater quality conformed with EPA's standards for reuse, but the use of wastewater for agriculture, due to the biological and cumulative effect of some elements, should be done based on health principles.

Keywords: effluent, industrial wastewater treatment plant, reuse, agriculture, irrigation

J Mazandaran Univ Med Sci 2017; 26 (145): 283-292 (Persian).

ارزیابی کیفیت پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند قزوین جهت تخلیه به محیط زیست و استفاده مجدد از آن

محمد مهدی امام جمعه^۱

کامران تاری^۲

حمزه علی جمالی^۳

حمید کاریاب^۴

مارال حسین خانی^۵

چکیده

سابقه و هدف: این مطالعه با هدف ارزیابی کیفیت پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند قزوین جهت تخلیه به محیط زیست و استفاده از آن انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: مطالعه در طول یک دوره نه ماهه در طول سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به انجام رسید. ۹۰ نمونه از فاضلاب تصفیه خانه پس از جمع‌آوری، جهت تعیین BOD_5 ، COD ، TSS ، TC ، FC و فلزات سنگین (Cd و Co، Pb) مطابق با روش‌های استاندارد، مورد آنالیز قرار گرفت. مقادیر آلاینده‌ها با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران جهت تخلیه به محیط زیست و استفاده از پساب مقایسه گردید.

یافته‌ها: میانگین غلظت COD در پساب خروجی از تصفیه خانه در فصل‌های پاییز، زمستان و بهار به ترتیب $52/66 \pm 145/20$ ، $279/80 \pm 316/50$ و $124/2 \pm 177/00$ میلی‌گرم در لیتر و میانگین غلظت BOD_5 به ترتیب فصول ذکر شده $26/76 \pm 79/40$ ، $122/86 \pm 154/25$ و $72/00 \pm 13/74$ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد. میانگین کلی فرم کل و مدفوعی به ترتیب در پساب $MPN/100$ $6/21 \times 10^2$ و 6×10^2 و هم‌چنین میانگین غلظت سرب و کبالت به ترتیب $0/11 \pm 0/21$ و $0/003 \pm 0/004$ میلی‌گرم در لیتر گزارش شدند. غلظت کادمیوم در پساب خروجی بسیار ناچیز بود.

استنتاج: اگرچه نتایج نشان داد که کیفیت پساب با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران جهت استفاده از آن مطابقت داشت اما به دلیل آلودگی میکروبی پساب و هم‌چنین خاصیت تجمعی بعضی عناصر، انتخاب محصول و نوع مصرف پساب برای کشاورزی باید منطبق بر اصول بهداشتی باشد.

واژه‌های کلیدی: پساب خروجی، تصفیه خانه فاضلاب صنعتی، استفاده مجدد، آبیاری، کشاورزی

مقدمه

خاک را به وجود آورده است (۲۰۱). یکی از مشکلاتی که در ارتباط با این مسئله، جهان با آن روبه‌رو شده است، مدیریت فاضلاب‌های تولیدی از صنایع، فعالیت‌های

افزایش جمعیت در ترکیب با صنعتی شدن فرآیندها و فعالیت‌های کشاورزی باعث تولید آلاینده‌های بیش‌تر و در نتیجه افزایش خطر برای محیط طبیعی مانند آب، هوا و

E-mail: kamerantari@yahoo.com

مؤلف مسئول: کامران تاری - قزوین: دانشگاه علوم پزشکی قزوین، دانشکده بهداشت

۱. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران

۲. دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران

۳. استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران

۴. کارشناس ارشد شیمی تجزیه، اداره کل حفاظت محیط زیست قزوین، قزوین، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۸/۱ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۵/۸/۳ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۱۰/۱۲

کشاورزی، شهری و فعالیت‌های مختلف انسانی می‌باشد (۳). امروزه در بیش‌تر کشورهای در حال توسعه، تصفیه و بازچرخش و استفاده از فاضلاب به عنوان یکی از راه‌کارهای موجود جهت جبران کمبود منابع آبی و هم‌چنین یکی از راه‌های اساسی در جهت مدیریت فاضلاب‌های تولیدی مطرح شده است. به طوری که در کشورهای در حال توسعه مستقر در مناطق خشک و نیمه خشک، کمبود منابع آبی و افزایش تقاضا برای آب شیرین جهت مصارف کشاورزی و صنعتی منجر به استفاده از فاضلاب شده است (۴). این در حالی است که هنوز هم بیش‌تر فاضلاب‌های تولیدی یا به طور کامل تصفیه نمی‌شوند، یا تا حدودی مورد تصفیه قرار می‌گیرند که استانداردهای لازم را برآورده نمی‌کنند (۵). استفاده غیر اصولی از فاضلاب‌های تولیدی در صنایع در مصارف مختلف، به علت علت دارا بودن مواد سمی، فلزات سنگین، آلاینده‌های معدنی و آلی می‌تواند به عنوان یکی از آلاینده‌های خطرناک برای محیط زیست مطرح باشد و به طور جدی سلامت بشری را مورد تهدید قرار بدهد (۶، ۷). یکی از آلاینده‌های خطرناک در پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، فلزات سنگین می‌باشند (۸). فلزات سنگین به علت خاصیت تجمع‌پذیری زیستی و سمیت بالا با جذب در گیاهان و حیوانات و در نهایت با وارد شدن به زنجیره غذایی انسان‌ها و تجمع در بدن می‌توانند مشکلاتی برای سلامت انسان‌ها ایجاد کند (۹، ۱۰). مصرف مواد غذایی آلوده به فلزات سنگین می‌تواند باعث از بین رفتن مواد مغذی در بدن و ایجاد اختلالات رفتاری و فیزیکی مرتبط با سوء تغذیه شود (۱۱). به عنوان مثال، مصرف طولانی مدت مواد غذایی آلوده به سرب باعث آسیب‌های کلیوی، عروقی، اختلال در عملکرد استخوان‌ها و هم‌چنین سرطان‌های دستگاه گوارش فوقانی می‌گردد (۱۲). یکی دیگر از مسائل خطرناک در ارتباط با پساب‌ها، وجود عوامل بیماری‌زا و انتشار آن‌ها در بین کشاورزان، کارگران، جوامع انسانی مجاور و هم‌چنین مصرف‌کنندگان محصولات تولیدی

می‌باشد. در حقیقت فاضلاب‌ها به دلیل دارا بودن میکروب، از مهم‌ترین عوامل انتقال بیولوژیکی می‌باشند. هم‌چنین نفوذ فاضلاب‌های صنعتی حاوی مواد سمی و شیمیایی به منابع آب زیرزمینی، می‌تواند باعث مخاطرات فراوانی برای مصرف‌کنندگان شود (۱۳). بنابراین با توجه به حجم عظیم فاضلاب تولیدی در صنایع و نیز تقاضا برای استفاده از فاضلاب جهت مصارف مختلف، مدیریت موثر و کارآمد فاضلاب جهت کاهش اثرات زیان‌بار آن ضروری به نظر می‌رسد (۱۴، ۱۵).

ناحیه صنعتی الوند، یک منطقه صنعتی (شهرک صنعتی) در ۱۴ کیلومتری قزوین است که حدود ۴۰۰ واحد صنعتی در آن قرار دارند. این شهرک در محدوده مستقیم شهر الوند در مختصات جغرافیایی $33^{\circ} 41'$ ، 50° طول شرقی و $22^{\circ} 9'$ ، 36° عرض شمالی واقع شده است. تصفیه‌خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند با ظرفیت ۷۰ هزار متر مکعب، به عنوان یکی از بزرگ‌ترین تصفیه‌خانه‌های فاضلاب صنعتی ایران در دو مدول ۳۵ هزار متر مکعبی در مساحت ۲۰ هکتاری در فاصله ۴ کیلومتری جنوب شهر صنعتی الوند بنا شده است. در حال حاضر، تصفیه‌خانه با ظرفیت معمول شبانه روزی ۴۷ هزار تا ۶۸ هزار متر مکعب، فاضلاب صنعتی و شهری را تصفیه می‌کند. فاضلاب واحدهای صنعتی و تجاری و بخشی از فاضلاب‌های شهری و خانگی شهر الوند و بیدستان از طریق شبکه جمع‌آوری فاضلاب به تصفیه‌خانه هدایت و تصفیه می‌شود. پساب خروجی این تصفیه‌خانه در فصول آبیاری جهت استفاده کشاورزان واقع در پایین دست تصفیه‌خانه قرار می‌گیرد و در فصول دیگر در دشت‌های قزوین رها شده و به سفره‌های آب زیرزمینی نفوذ می‌کند.

نظر به این که پساب تصفیه‌خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند قزوین، جهت فعالیت‌های کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد، بدون آن که مطالعه جامع در خصوص بررسی وجود و غلظت آلاینده‌های مختلف انجام شده باشد و با توجه به این که استفاده از پساب‌های آلوده

می تواند از جوانب مختلف باعث تاثیر بر روی خاک منطقه، محصولات کشاورزی آبیاری شده با پساب و احتمال آلوده کردن آب های سطحی و زیرزمینی شود، این مطالعه با نیل به اهداف زیر که شامل: ۱- تعیین غلظت پارامترهای فیزیکی شیمیایی و فلزات سنگین در نمونه های فاضلاب خام و تصفیه شده، ۲- ارزیابی راندمان تصفیه خانه در حذف فلزات سنگین و مواد آلی، ۳- مقایسه کیفیت پساب خروجی با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست جهت تخلیه به آب های سطحی، چاه جاذب و استفاده در کشاورزی، می باشد، طراحی شد.

مواد و روش ها

جمع آوری نمونه ها

این مطالعه به صورت توصیفی - مقطعی از پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند قزوین در طول یک دوره نه ماهه در پاییز و زمستان ۱۳۹۴ و بهار ۱۳۹۵ به انجام رسید. فاضلاب پس از طی تصفیه مقدماتی که شامل آشغال گیر، دانه گیری و ته نشینی اولیه است، وارد تصفیه ثانویه می شود. سیستم بیولوژیکی مورد استفاده در این تصفیه خانه، لجن فعال متعارف می باشد. شمتایکی از واحدهای مختلف تصفیه خانه ناحیه صنعتی الوند قزوین در تصویر شماره ۱ نشان داده شده است. نمونه گیری به صورت لحظه ای و با استفاده از ظروف شیشه ای قهوه ای رنگ با درب های تفلونی که قبلاً با اسید نیتریک (HNO_3 ۳۰ درصد) و آب مقطر شسته شده بود، از فاضلاب خام قبل از ورود به آشغالگیر (۱ لیتر) و پساب خروجی از کلر زنی (به حجم ۱ لیتر) انجام شد. نمونه های گرفته شده جهت تعیین پارامترهای میکروبی به صورت جداگانه با استفاده از ظروف شیشه ای درب دار استریل شده، با افزودن اسید سولفوریک جهت خنثی کردن کلر باقیمانده انجام شد. نمونه برداری جهت پارامترهای فیزیکی شیمیایی و میکروبی دو هفته یک بار و فلزات سنگین به صورت ماهیانه انجام شد. در نتیجه ۹۰

نمونه (۱۸ نمونه برای فلزات سنگین و ۳۶ نمونه برای میکروبی و ۳۶ نمونه برای هر کدام از پارامترهای فیزیکی شیمیایی) مورد آزمایش قرار گرفتند.

روزهای نمونه برداری به صورت تصادفی در طول هفته انتخاب شدند

نمونه های گرفته شده تحت شرایط خاص دمایی (نگهداری در ۴- درجه سانتی گراد) تا مدت آنالیز (۲۴ ساعت) به آزمایشگاه های میکروبی و شیمیایی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی قزوین و آزمایشگاه سازمان حفاظت محیط زیست استان قزوین منتقل شدند. نمونه برداری و آنالیز نمونه ها بر اساس روش های ارایه شده در کتاب روش های استاندارد برای آزمایشات آب و فاضلاب انجام شد (۱۶).

تجزیه تحلیل نمونه ها

برای تعیین میزان فلزات سنگین از دستگاه جذب اتمی کوره گرافیتی (Varian 220 SpectraAA) استفاده شد. اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) با هضم در راکتور با آنالیزور Hack DR 6000، اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی (BOD) با روش مانومتریک با استفاده از اکسیژن سنج Oxitop (۱۶) و برای اندازه گیری pH از pH متر مدل Metrohm 827 استفاده شد. پارامترهای میکروبی کلیفرم کل (TC) و کلیفرم های مدفوعی (FC) با استفاده از روش تخمیر چند لوله ای (۳ لوله ای) با استفاده از جدول MPN تعیین شدند.

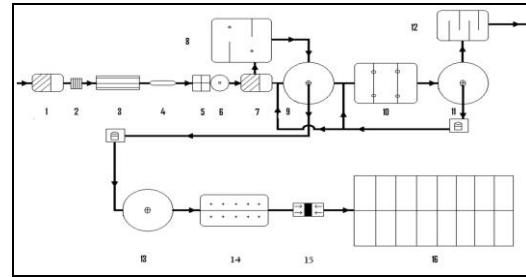
آنالیز آماری

آنالیز آماری داده ها بر اساس آزمون T-test تک گروهی برای مقایسه مقادیر متغیرها در پساب با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست و آزمون Paired Sample Test با هدف مقایسه غلظت پارامترها در فاضلاب خام و تصفیه شده با استفاده از نرم افزار آماری SPSS ورژن ۱۹ انجام پذیرفت.

ثبت شد. پارامتر COD در مدت مطالعه در فصول مختلف حاوی تغییرات زیادی نبود، به طوری که بیشترین مقدار آن $40.4/14 \pm 3366/67$ میلی گرم در لیتر در فصل بهار و کمترین مقدار آن در فصل پاییز با میزان $1167/48 \pm 3292/60$ میلی گرم در لیتر ثبت شد. میانگین غلظت پارامترهای میکروبی کلیفرم کل و مدفوعی در فاضلاب خام نیز در فصول مختلف $1/1 \times 10^3$ شناسایی شد.

آنالیز نمونه‌های برداشت شده از خروجی تصفیه‌خانه نشان داد که میانگین غلظت COD در فاضلاب تصفیه شده در فصول پاییز، زمستان و بهار به ترتیب $177/00 \pm 124/2$ و $316/50 \pm 279/80$ ، $145/20 \pm 52/66$ میلی گرم در لیتر بود (جدول شماره ۲).

متوسط غلظت فلزات در فاضلاب خام (تصفیه نشده) و تصفیه شده در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. کادمیم (Cd) در فصول مختلف دارای کمترین غلظت در فاضلاب خام و تصفیه شده بود. بیشترین غلظت مربوط به سرب (Pb) بود که در فاضلاب خام در پاییز با میانگین $0/27 \pm 0/52$ میلی گرم در لیتر مشاهده شد و کمترین مقدار آن نیز در زمستان با مقدار $0/44 \pm 0/43$ میلی گرم در لیتر ثبت شد (جدول شماره ۳).



تصویر شماره ۱: نمایی شماتیکی از واحدهای مختلف تصفیه‌خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند قزوین

۱- تلمبه خانه اولیه، ۲- آشغال‌گیر، ۳- حوض دانه‌گیر، ۴- مجرای تنگ گذر، ۵- استخر خنثی سازی، ۶- تلمبه‌خانه ثانویه، ۷- استخر تعادل، ۸- استخر ته‌نشینی نخستین، ۹- هوادهی، ۱۰- ته‌نشینی ثانویه، ۱۱- کلرزنی، ۱۲- تغلیظ لجن، ۱۳- هضم بیهواری لجن، ۱۴- تاسیسات خشک کن لجن، ۱۵- بسترهای خشک کن لجن

یافته‌ها

میانگین نتایج آنالیز پارامترهای فیزیکوشیمیایی فاضلاب خام در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. کمترین و بیشترین مقدار pH در فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه در طول دوره مطالعه به ترتیب در زمستان و پاییز با مقادیر $7/47 \pm 0/84$ و $8/61 \pm 1/28$ مشاهده شد. این در حالی است که بیشترین مقدار برای BOD₅ و TSS در زمستان و با مقادیر $354/05 \pm 1665/50$ و $1717/84 \pm 1747/00$ میلی گرم در لیتر

جدول شماره ۱: مشخصات فاضلاب خام (تصفیه نشده) تصفیه‌خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند قزوین

پارامتر	واحد	تعداد نمونه	پاییز			زمستان			بهار
			کمترین	بیشترین	میانگین	کمترین	بیشترین	میانگین	
pH	-	۱۸	۶/۸۴	۹/۸۱	$8/61 \pm 1/28$	۶/۶۲	۸/۵۶	$7/47 \pm 0/84$	۱۰/۳۶
BOD ₅	mgL ⁻¹	۱۸	۶۳۵/۰۰	۱۴۹۶/۰۰	$1197/371 \pm 20/50$	۱۲۴۳/۰۰	۲۰۷۵/۰۰	$1665/50 \pm 354/05$	۱۶۴۴/۰۰
COD	mgL ⁻¹	۱۸	۱۵۷۵/۰۰	۴۸۰۰/۰۰	$3292/60 \pm 1167/48$	۲۳۰۰/۰۰	۴۱۵۰/۰۰	$3366/67 \pm 404/14$	۳۸۰۰/۰۰
TSS	mgL ⁻¹	۱۸	۲۰۰/۰۰	۳۰۰۰/۰۰	$1121/02 \pm 1121/02$	۲۳۸/۰۰	۴۱۰۰/۰۰	$1717/84 \pm 1717/84$	۱۶۶۸/۰۰
TC	MPN در ۱۰۰ میلی لیتر	۱۸	$1/1 \times 10^3$	$1/1 \times 10^3$	$1/1 \times 10^3$	$1/1 \times 10^3$	$1/1 \times 10^3$	$1/1 \times 10^3$	$1/1 \times 10^3$
FC	MPN در ۱۰۰ میلی لیتر	۱۸	$1/1 \times 10^3$	$1/1 \times 10^3$	$1/1 \times 10^3$	$1/1 \times 10^3$	$1/1 \times 10^3$	$1/1 \times 10^3$	$1/1 \times 10^3$

جدول شماره ۲: مشخصات فاضلاب تصفیه شده تصفیه‌خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند قزوین

پارامتر	واحد	تعداد نمونه	پاییز			زمستان			بهار
			کمترین	بیشترین	میانگین	کمترین	بیشترین	میانگین	
pH	-	۱۸	۷/۳۰	۷/۸۳	$7/58 \pm 0/21$	۷/۲۳	۷/۶۲	$7/46 \pm 0/17$	۷/۷۴
BOD ₅	mgL ⁻¹	۱۸	۴۸۰/۰۰	۱۰۸۰/۰۰	$79/40 \pm 26/76$	۴۱/۰۰	۳۲۴/۰۰	$154/25 \pm 122/86$	۸۷/۰۰
COD	mgL ⁻¹	۱۸	۹۰/۰۰	۲۰۴/۰۰	$145/20 \pm 52/66$	۶۶/۰۰	۷۰۰/۰۰	$316/50 \pm 279/80$	۹۶/۰۰
TSS	mgL ⁻¹	۱۸	۱۲/۰۰	۱۱۰/۰۰	$68/75 \pm 41/45$	۱۸/۰۰	۲۱۲/۰۰	$106/25 \pm 79/86$	۱۸۰/۰۰
TC	MPN/100 mL	۱۸	۳۰	$3/27 \times 10^2$	$3/27 \times 10^2$	۷۵۰	$1/1 \times 10^3$	$9/83 \times 10^2$	۲۱۰
FC	MPN/100 mL	۱۸	۳۰	$3/27 \times 10^2$	$3/27 \times 10^2$	۷۵۰	$1/1 \times 10^3$	$9/83 \times 10^2$	۲۱۰

جدول شماره ۳: میانگین غلظت فلزات سنگین در فاضلاب خام و تصفیه شده تصفیه خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند قزوین *Not Detective

فاضلاب	فلزات	واحد	تعداد نمونه	پاییز		زمستان		بهار	
				کمترین	بیشترین	کمترین	بیشترین	کمترین	بیشترین
ورودی	Pb	mgL ⁻¹	۹	۰/۳۳	۰/۷۲	۰/۵۲ ± ۰/۲۷	*ND	۰/۸۹	۰/۴۳ ± ۰/۴۴
	Co	mgL ⁻¹	۹	۰/۱۹	۰/۲۷	۰/۲۳ ± ۰/۰۰۶	*ND	۰/۶۷	۰/۲۲ ± ۰/۰۳۸
	Cd	mgL ⁻¹	۹	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND
خروجی	Pb	mgL ⁻¹	۹	۰/۱۹	۰/۲۴	۰/۲۲ ± ۰/۰۳۵	۰/۱۹	۰/۳۸	۰/۲۱ ± ۰/۱۸
	Co	mgL ⁻¹	۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۵ ± ۰/۰۰۳	*ND	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲ ± ۰/۰۰۳
	Cd	mgL ⁻¹	۹	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND	*ND

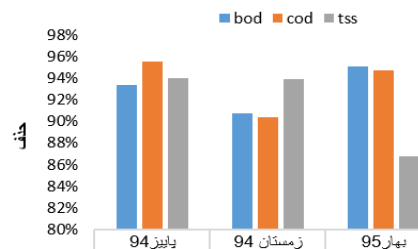
* شناسایی نشد (Not Detected)

بحث

با توجه به نتایج ارایه شده در جدول شماره ۲، میانگین غلظت پارامترهای مورد مطالعه (به جز کلیفرم مدفوعی) در فصول مورد مطالعه (به جز فصل زمستان) کم تر از حداکثر مجاز استاندارد وضع شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایران مندرج در جدول شماره ۴ بود. نتایج جدول شماره ۳ نیز نشان داد که غلظت فلزات سنگین (Pb، Co و Cd) در پساب تصفیه خانه از حداکثر مجاز استاندارد این سازمان کم تر بود، لذا استفاده از پساب برای آبیاری زمین های کشاورزی منطقه با توجه به خاصیت تجمعی بعضی عناصر و هم چنین آلودگی میکروبی پساب، با مطالعات جامع در خصوص غلظت دیگر آلاینده های احتمالی موجود در پساب و بررسی ویژگی های خاک منطقه تحت شرایط کنترل شده و در دوره های مشخص برای محصولاتی خاص می تواند کاربرد داشته باشد.

همان طور که در جدول شماره ۲ نشان داده شده است، افزایش نسبتاً دو برابری در غلظت COD در پساب در فصل زمستان نسبت به دو فصل دیگر وجود دارد که باعث شده است مقدار این متغیر از حدود مجاز استاندارد تجاوز کند. این افزایش به علت انجام عملیات لجن رویی در برکه های ته نشینی ثانویه در ارتباط با فعالیت های مربوط به بهره برداری و نگهداری از تصفیه خانه در دو ماه بهمن و اسفند رخ داده است که باعث افزایش بار آلی و هیدرولیکی، کاهش زمان ماند و کاهش راندمان ته نشینی ثانویه و در نتیجه افزایش میزان مواد آلی در پساب خروجی شده است. این افزایش را می توان در

همان طور که در نمودار شماره ۱ قابل مشاهده است بیشترین راندمان در حذف BOD₅ در فصل بهار با میزان ۹۵/۱۳ درصد محاسبه شد. این در حالی است که، برای COD و TSS بیشترین راندمان در فصل پاییز به ترتیب با میزان ۹۵/۵۹ و ۹۳/۹۸ درصد به دست آمد. مقایسه میانگین غلظت فلزات در پساب با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست نشان داد که از لحاظ آماری، تفاوت معنی داری بین غلظت این فلزات در پساب با استانداردهای این سازمان وجود دارد ($p < 0/001$) (جدول شماره ۴).



نمودار شماره ۱: کارایی حذف BOD₅، COD و TSS در تصفیه خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند قزوین

جدول شماره ۴: استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست برای دفع فاضلاب ها و استفاده مجدد از آن ها

پارامتر	واحد	تخلیه به آب های سطحی	تخلیه به مصارف کشاورزی و آبیاری	تخلیه به چاه جاذب
pH	-	۶/۵-۸/۵	۶-۸/۵	۵-۹
BOD	میلی گرم در لیتر	۵۰	۱۰۰	۵۰
COD	میلی گرم در لیتر	۱۰۰	۲۰۰	۱۰۰
TSS	میلی گرم در لیتر	۴۰	۱۰۰	-
TC	میلی ۱۰۰ در لیتر	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
FC	میلی ۱۰۰ در لیتر	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰
Pb	میلی گرم در لیتر	۱	۱	۱
Co	میلی گرم در لیتر	۱	۱	۰/۵
Cd	میلی گرم در لیتر	۰/۱	۰/۱	۰/۵

میزان BOD₅ خروجی و تا حدودی TSS نیز مشاهده کرد. اما به نظر نمی‌رسد محدودیتی در خصوص استفاده از پساب در دوره‌ای کوتاه مدت ایجاد کند.

در مطالعه که توسط ناصری و همکاران با هدف استفاده از پساب در کشاورزی در تصفیه‌خانه فاضلاب اردبیل انجام شده است، به نتایجی مشابه با یافته‌های ما دست یافتند، به طوری که پساب تصفیه‌خانه اردبیل از لحاظ میکروبی نتوانسته است استانداردهای مورد نظر را برآورده کند. اما غلظت دیگر آلاینده‌ها با حدود مجاز استاندارد مطابقت داشته است (۱۱). از دلایل وقوع این امر می‌توان به وجود هزینه‌های بهره‌برداری در واحد گندزدایی اشاره کرد که باعث عدم بهره‌برداری مناسب از این واحد می‌شود. به طوری که در اکثر مطالعات انجام شده در کشور، پساب خروجی از لحاظ میکروبی نتوانسته است استانداردهای لازم را برآورده کند.

در پژوهش دیگری که توسط belhaj و همکاران در بررسی کیفیت پساب تصفیه‌خانه فاضلاب صنعتی در تونس، جهت تخلیه به محیط زیست انجام شده بود، نشان دادند که پساب از لحاظ پارامترهای BOD، COD و TSS توانست استانداردهای مورد نظر جهت استفاده از پساب را برآورده کند (۱۷) که با نتایج به دست آمده در این مطالعه هم سو بود.

نتایج ارایه شده در نمودار شماره ۱ نشان داده است که تصفیه‌خانه، عملکرد مطلوبی در حذف آلاینده‌ها داشته است، به طوری که به جزء TSS که در فصل پاییز راندمانی در حدود ۸۶/۷۵ درصد داشت، در تمامی فصول برای کلیه پارامترها راندمانی بیش از ۹۰ درصد وجود داشت. نتایج به دست آمده در این مطالعه با مطالعه انجام شده در گلستان توسط ززولی و همکاران تطابق داشت (۱۸)، اما با نتایج گزارش شده توسط ندافی و همکاران که در تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک صنعتی همدان انجام شده بود هم راستا نبود (۱۹). از علل تطابق و عدم تطابق در نتایج را می‌توان به نوع سیستم مورد استفاده برای تصفیه اشاره کرد؛ به طوری که در شهرک

صنعتی بوعلی همدان جهت تصفیه فاضلاب صنعتی از لاگون‌های هوادهی استفاده شده است، که راندمان کم تری در حذف آلاینده‌ها نشان داده است. به طوری که در مطالعه که در کشور شیلی نیز انجام شده بود، نتایج نشان داده است که لاگون‌های هوادهی، عملکرد پایین تری نسبت به سیستم‌های لجن فعال دارند (۲۰).

در جدول شماره ۳، نتایج مربوط به غلظت فلزات در فاضلاب ورودی و خروجی نشان داده است که در این پژوهش در همه اندازه‌گیری‌های انجام شده، معمولاً مقادیر خروجی فلزات نسبت به مقادیر ورودی کم‌تر بود و این تفاوت از لحاظ آماری بین غلظت فلزات در فاضلاب خام و تصفیه شده وجود داشت ($p < 0.05$ ، $df=7$ و $t=2.72$). بنابراین اگرچه به طور اساسی، لجن فعال برای حذف مواد آلی به وسیله میکروارگانیسم‌ها طراحی شده است، اما حذف فلزات سنگین ممکن است از مزایای جانبی این گونه سیستم‌ها باشد که می‌تواند مورد توجه قرار بگیرد. این کاهش در میزان فلزات ممکن است به علت حذف فلزات در ته‌نشینی اولیه (جذب بخشی از فلزات بر روی ذرات) و در تصفیه ثانویه (حذف فلزات به وسیله جذب بیولوژیکی) اتفاق افتاده باشد (۲۱). نتایج به دست آمده از این مطالعه در مورد کاهش فلزات با مطالعات پیشین هم‌خوانی داشت (۲۲، ۲۳). مقایسه نتایج ارایه شده در جدول شماره ۳ در ارتباط با غلظت فلزات در پساب با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران مندرج در جدول شماره ۴، نشان داد غلظت Cd و Co، pb در پساب خروجی غالباً در محدوده استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران جهت استفاده از پساب بوده است. این نشان‌دهنده آن است که امکان کاربرد پساب تحت شرایط خاص و کنترل شده می‌تواند جهت آبیاری محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار بگیرد. در مطالعه‌ای که ظفر زاده و همکاران در خصوص کاربرد پساب و لجن تصفیه‌خانه آق قلا بر روی تجمع فلزات سنگین در خاک انجام دادند، گزارش کردند که

زیست جهت استفاده از پساب در آبیاری کم تر بود. به طور کلی، احتمالاً استفاده از پساب در آبیاری کشاورزی و فضای سبز با کاهش آلودگی های میکروبی پساب و رعایت استانداردهای زیست محیطی کشوری و با مطالعات جامع در خصوص ویژگی های خاک منطقه، نوع محصولات مورد کشت و ارزیابی غلظت دیگر آلاینده های موجود در فاضلاب صنعتی، تحت شرایط کنترل شده و تحت نظارت سازمان های مربوطه طی دوره های مشخص می تواند مورد بهره برداری قرار گیرد.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل پایان نامه دوره کارشناسی ارشد است که در چارچوب طرح تحقیقاتی مصوب با شماره IR.QUMS.REC.1394.242 معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی قزوین انجام شد. بدین وسیله نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی قزوین و اداره کل حفاظت محیط زیست استان قزوین جهت مساعدت در اجرای این طرح را اعلام می نمایند.

References

1. Darvishi HH, Manshouri M, Farahani HA. The effect of irrigation by domestic waste water on soil properties. *J Soil Sci Environ Manage* 2010; 1(2): 30-33.
2. Mandour R, Azab Y. Toxic levels of some heavy metals in drinking groundwater in Dakahlyia Governorate, Egypt in the year 2010. *Int J Occup Environ Med* 2011; 2(2): 112-117.
3. Akpor O, Muchie B. Environmental and public health implications of wastewater quality. *Afr J Biotechnol* 2011; 10(13): 2379-2387.
4. Thapliyal A, Vasudevan P, Dastidar M, Tandon M, Mishra S. Irrigation with domestic wastewater: Responses on growth and yield of ladyfinger *Abelmoschus esculentus* and on soil nutrients. *J Environ Biol* 2011; 32(5): 645-651.
5. Khalil S, Kakar MK. Agricultural use of untreated wastewater in Pakistan. *Asian J Agri Rural Develop* 2011; 1: 21-26.
6. Keraita B, Drechsel P, Razak Seidu P, Amerasinghe O, Konradsen F. Harnessing farmers' knowledge and perceptions for health-risk reduction in wastewater-irrigated agriculture. In: *Wastewater irrigation and health*. Drechsel P, Scott CA, Raschid-Sally L, Redwood M, Bahri A. London, UK: IWMI; 2010. p. 337-354.

استفاده از پساب به تنهایی موجب افزایش معنی داری در غلظت عناصر در خاک نشده است (۲۴)؛ اما این نکته باید مورد توجه قرار بگیرد که استفاده از فاضلاب در تجمع فلزات سنگین در خاک به عوامل متعددی چون طول مدت استفاده، نوع بافت خاک و ظرفیت تبادل یونی خاک بستگی دارد که این مورد نیز بسته به مناطق مختلف، می تواند متفاوت باشد و باید در استفاده از پساب، مدنظر قرار بگیرد. لذا اگرچه در مطالعه حاضر، غلظت فلزات در پساب کم تر از حد استانداردهای مورد نظر بود و در حال حاضر ممکن است استفاده کوتاه مدت مشکلی را برای خاک و مردم منطقه ایجاد نکند، اما مطالعات انجام شده نشان داده است که استفاده طولانی مدت از پساب می تواند بر روی مقادیر فلزات سنگین در خاک موثر باشد و باید دوره های مورد استفاده و شرایط دیگر مورد توجه قرار بگیرد (۲۵). در مطالعه حاضر، غلظت پارامترهای فیزیکی شیمیایی، میکروبی (به غیر از کلیفرم مدفوعی) و فلزات سنگین Cd، Co، pb و در پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب ناحیه صنعتی الوند قزوین از حد استانداردهای سازمان حفاظت محیط

7. Trinh T, van den Akker B, Coleman HM, Stuetz RM, Drewes JE, Le-Clech P, et al. Seasonal variations in fate and removal of trace organic chemical contaminants while operating a full-scale membrane bioreactor. *Sci Total Environ* 2016; 550: 176-183.
8. Al-Muzaini S. Industrial wastewater management in Kuwait. *Desalination* 1998; 115(1): 57-62.
9. Borba C, Guirardello R, Silva E, Veit M, Tavares C. Removal of nickel (II) ions from aqueous solution by biosorption in a fixed bed column: experimental and theoretical breakthrough curves. *Biochem Eng J* 2006; 30(2): 184-191.
10. Wojnárovits L, Földváry CM, Takács E. Radiation-induced grafting of cellulose for adsorption of hazardous water pollutants: A review. *Radiat Phys Chem* 2010; 79(8): 848-862.
11. Nasser S, Sadeghi T, Vaezi F, Naddafi K. Quality of Ardabil Wastewater Treatment Plant Effluent for Reuse in Agriculture. *Journal of Health*. 2012; 3(3): 73-80 (Persian).
12. Chandorkar S, Deota P. Heavy metal content of foods and health risk assessment in the study population of vadodara. *Curr World Environ* 2013; 8(2): 291-297.
13. Hajjami K, Ennaji M, Fouad S, Oubrim N, Khallayoune K, Cohen N. Assessment of helminths health risk associated with reuse of raw and treated wastewater of the Settat City (Morocco). *Resources and Environment* 2012; 2(5): 193-201.
14. Rao DG, Senthilkumar R, Byrne JA, Feroz S. Wastewater treatment: advanced processes and technologies. Boca Raton CRC Press; 2012.
15. Tortajada C. Water management in Singapore. *Int J Water Resour D* 2006; 22(2): 227-240.
16. Clescerl LS, Greenberg AE, Eaton A. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. Washington Dc: Amer Public Health Assn; 2005.
17. Belhaj D, Ghrab S, Medhioub M, Kallel M. Performance evaluation of an industrial wastewater treatment plant in South-Eastern Tunisia. *Desalination Water Treat* 2014; 52(10-12): 2174-2179.
18. Zazouli M, Ghahramani E, Ghorbanian AlahAbad M, Nikouie A, Hashemi M. Survey of Activated Sludge Process Performance in Treatment of Agghala Industrial Town Wastewater in Golestan Province in 2007. *IJHE* 2010; 3(1): 59-66 (Persian).
19. Naddafi K, Vaezi F, Farzadkia M, Kimiaei AR. Study of Aerated Lagoons in Treating Industrial Effluent from Industrial Bou-ali Zone in Hamedan. *Water & Wastewater* 2005; 16(2): 47-57 (Persian).
20. Vera I, Sáez K, Vidal G. Performance of 14 full-scale sewage treatment plants: Comparison between four aerobic technologies regarding effluent quality, sludge production and energy consumption. *Environmental Technology* 2013; 34(15): 2267-2275.
21. Grady Jr CL, Daigger GT, Love NG, Filipe CD. Biological wastewater treatment. 3thed. Boca Raton: CRC press; 2011.
22. da Silva Oliveira A, Bocio A, Trevilato TMB, Takayanagui AMM, Domingo JL, Segura-Muñoz SI. Heavy metals in untreated/treated urban effluent and sludge from a biological wastewater treatment plant. *Environ Sci Pollut Res Int* 2007; 14(7): 483-489.
23. Üstün GE. Occurrence and removal of metals in urban wastewater treatment plants. *J Hazard Mater* 2009; 172(2): 833-838.

24. Zafarzadeh A, Mehdinejad M, Amanidaz N. Accumulation of Heavy Metals in Agricultural Soil Irrigated by Sewage Sludge and Industrial Effluent (Case Study: Agh ghallah Industrial Estate. J Mazandaran Univ Med Sci 2015; 24(121): 217-226 (Persian).
25. Smith C, Hopmans P, Cook F. Accumulation of Cr, Pb, Cu, Ni, Zn and Cd in soil following irrigation with treated urban effluent in Australia. Environ Pollut 1996; 94(3): 317-323.