(DOI): 10.22034/AEJ.2020.130405

مقاله پژوهشی

امکان‌سنجی استفاده از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهری در کشاورزی و آبزی‌پروری با مدل CWQI (مطالعه موردی، شهرستان زابل، استان سیستان و بلوچستان، ایران)

- **فاطمه عین‌الهی‌پیر***: گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
- **مصطفی غفاری**: گروه شیلات، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران
- **رضا دهمرده‌بهروز**: گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

تاریخ دریافت: شهریور ١٣٩٩ تاریخ پذیرش: آذر ١٣٩٩

چکیده

هدف از مطالعه حاضر تعیین کیفیت پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهرستان زابل در استان سیستان و بلوچستان براساس استانداردهای مربوطه و بررسی امکان کاربری پساب تصفیه شده در کشاورزی و آبزی‌پروری با استفاده از مدل CWQI بود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی فاضلاب ورودی و خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری شهرستان زابل شامل pH، EC، COD، BOD5، TSS، TDS، TKN، NO، NO۲-، NO۳- و PO٤-۳ با استفاده از روش‌های استاندارد آب و پساب طی سه ماه در میانه تیر، شهریور و آبان ١٣٩٨ اندازه‌گیری شد. در ادامه، کیفیت فاضلاب با شاخص CWQI (Canadian Water Quality Index) مورد بررسی قرار گرفت. براساس مقایسه مقادیر هر یک از فاکتورهای فیزیکوشیمیایی و غلظت فلزات سنگین در پساب ورودی و خروجی تصفیه‌خانه، مقادیر فلزات سنگین پایین‌تر از سطح استاندارد بودند، درحالی‌که، میزان BOD5، COD و PO4-3 بالاتر از سطح استاندارد قرار داشتند. به‌طورکلی الگوی غلظت ترکیبات آلی پساب به شکل NO ۲- < NO۳-< PO٤-۳ به‌دست آمد. هم‌چنین براساس نتایج CWQI، بهترین کاربری برای پساب تصفیه‌خانه زابل در بحث کشاورزی و آبیاری (٧١)، دام و طیور (٨٥) و هم‌چنین تفریح و تفرج (١٠٠) بوده، اما پساب تصفیه شده، جهت استفاده در آبزی‌پروری (١٤) و آشامیدن (٤٥) مناسب نیست.

کلمات کلیدی: پساب، CWQI، تصفیه‌خانه، زابل، فاضلاب

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: fatemeheinollahi@uoz.ac.ir

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.130405

مقدمه

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، به‌دلیل کمبود منابع آبی در دسترس،استفاده‌از فاضلاب تصفیه شده‌برای آبیاری‌زمین‌های کشاورزی و هم‌چنین فضای سبز، می‌تواند موجب مدیریت بهتر منابع آب شود. به این منابع آبی که به‌طور مستقیم قابل استفاده نبوده و نیاز به اعمال یک‌سری فرایندهای بهبودسازی دارد، آب نامتعارف گفته می‌شود. چرا که جهت استفاده از آن‌ها بایستی سیاست‌های مدیریتی و کارشناسی شده ویژه‌ای مدنظر قرار بگیرد (موسوی و همکاران، ۱۳۹۲؛ رودباری و همکاران، ۱۳۹۶). یکی از موارد مدنظر در مناطق مختلف به‌ویژه خشک و نیمه‌خشک، تصفیه پساب شهری و بازچرخش آن به منابع آبی و استفاده دربخش‌های مختلف است.معمولاً پساب تصفیه‌شده در زمین‌های بایر جهت حفظ خاک رهاسازی شده و یا به اکوسیستم‌های طبیعی به‌منظور تأمین آب آن‌ها افزوده می‌شوند. هم‌چنین به‌منظور آبیاری مراتع، جنگل‌ها و در برخی موارد زمین‌های کشاورزی و آبزی پروری نیز استفاده می‌شود. در این موارد، تنها در شرایطی که پساب تصفیه شده دارای استانداردهای کیفی لازم باشد، قابل استفاده است (نادری‌راد و همکاران، ۱۳۹۷؛ موسوی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Zaibel و همکاران، ۲۰۱۹). یکی از مهم‌ترین کاربردهای پساب تصفیه شده، آبیاری زمین‌های کشاورزی است. استفاده مجدد از پساب تصفیه‌خانه فاضلاب در کشاورزی، نه‌تنها به‌عنوان یک منبع ثابت و در دسترس و ارزان بوده، بلکه با توجه به وجود مقادیر بالای ترکیباتی از قبیل پتاس، فسفات و ازت می‌تواند نقش‌موثری در بهبود موادمغذی خاک‌و کاهش مصرف‌کود داشته‌و موجب افزایش محصولات‌کشاورزی شود.هم‌چنین با استفاده از این منابع امکان افزایش میزان سطح زیرکشت در این مناطق نیز می‌باشد (ناصری و همکاران، ۱۳۹۱؛ ابوالحسنی و همکاران، ۱۳۹۵). در عین‌حال در صورت عدم تصفیه کامل فاضلاب و ورود آلاینده‌های‌مختلف فیزیکی،شیمیایی‌و بیولوژیکی‌آن به‌محیط می‌تواند در کوتاه‌مدت و درازمدت اثرات زیان‌باری برخاک،گیاهان و اکوسیستم منطقه‌داشته باشد(Hospido و همکاران، ۲۰۰۸).بدین‌ترتیب، استفاده از پساب تصفیه نشده در کشاورزی و یا آبزی‌پروری و یا ورود فاضلاب تصفیه نشده به محیط، در کنار فوائد موثر خطرات بهداشتی را به همراه داشته و از طریق کاهش کیفیت خاک و به‌دنبال آن کاهش کیفیت محصول، استفاده از آن می‌تواند نگرانی‌هایی را به‌همراه داشته باشد(صابری‌وهمکاران، ۱۳۹۳).بنابراین،جهت‌افزایش‌کیفیت فاضلاب به‌منظور توجه به مسائل محیط‌زیستی و حفاظت از منابع‌مختلف به ویژه آب و خاک، طراحی تصفیه‌خانه فاضلاب به‌گونه‌ای انجام‌می‌شود که پساب حاصل از لحاظ شیمیایی، میکروبی و فیزیکی مطابق با استانداردهای موجود باشد. چراکه وجود مقدار به ظاهر اندک برخی از ترکیبات، نیز می‌تواند لطمات جبران‌ناپذیری را به محیط‌زیست وارد کند (عباسپور، ۱۳۷۷؛ رفعت‌متولی و همکاران، ۱۳۹۱؛ جلیل‌زاده و همکاران، ۱۳۸۴).علاوه‌بر تغییرات فاکتورهای مختلف فیزیکوشیمیایی و میکروبی پساب، وجود فلزات‌سنگین از قبیل کادمیم، کرم، جیوه، سرب، مس،روی و غیره‌در پساب و ورود آن به‌طبیعت به‌دلیل خاصیت تجمعی در سطوح مختلف و عدم تجزیه آن‌ها مانند سایر آلاینده‌ها می‌تواند مشکلات قابل ملاحظه محیط‌زیستی و بهداشتی را ایجاد کرده که بایستی مدنظر قرار بگیرد (اسماعیلی‌ساری، ۱۳۸۱). فلزات سنگین نه تنها بر ویژگی‌های مختلف خاک موثر بوده بلکه موجب کاهش دستیابی زیستی به مواد مغذی خاک برای گیاه خواهد شد (Srivastava و همکاران، ۲۰۱۷). استفاده از پساب حاوی غلظت بالاتر از حدمجاز یون‌هایی مانند آهن، لیتیم، مولیبدن و منگنز، موجب کاهش رشد و تغییر شکل گیاه شده و حتی کاهش میزان محصول برداشتی را به‌همراه خواهد شد. بخش قابل‌توجهی از این فلزات در حین نفوذ به خاک به‌صورت ترکیبات نامحلول درآمده‌که برای گیاهان قابل جذب نیستند. اما انتقال این بخش از عناصر به ریشه گیاه در سال‌های بعد توسط شخم، جذب آن‌ها را توسط ریشه ممکن می‌سازد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که هرچه ظرفیت تبادل کاتیونی خاک بیش‌تر باشد، میزان‌تجمع فلزات سنگین درخاک بیش‌تر خواهد شد.هم‌چنین استفاده از پساب آلوده به فلزات سنگین در آبیاری محصولات باغی و سیفی موجب انتقال و تجمع مداوم این عناصر در بدن مصرف‌کننده مانند دام و حتی انسان‌شده و خطراتی را به‌همراه داشته‌باشد (Kausar و همکاران، ۲۰۱۷؛ ترکاشوند و همکاران، ۱۳۹۷). ازجمله این خطرات می‌توان به تجمع عنصر کادمیم در کلیه‌ها و کبد و گرفتگی مجاری ادرار و افزایش سنگ کلیه و بیماری‌های قلبی و عروقی و فشار خون و حتی سرطان اشاره کرد. عنصر کرم نیز پس از تجمع در بدن انسان قادر است عوارض مختلفی از جمله اختلال در عملکرد کبد را به همراه داشته‌باشد. درصورت افزایش غلظت فلز مس در منابع دریافتی انسان، ایجاد ناراحتی‌های کبدی، تهوع و استفراغ پیش‌بینی می‌شود. هم‌چنین فلز نیکل قادر به ایجاد سرطان ریه و کبالت نیز افزایش فشار خون و ایجاد بیماری گواتر را به‌همراه خواهد داشت (Jaishankar و همکاران، ۲۰۱۴).لذاتعیین‌مقادیر غلظت‌احتمالی ترکیبات‌مختلف‌کیفی فاضلاب به‌همراه برخی فلزات‌سنگین در پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهری و مقایسه آن با استانداردهای موجود جهت ارزیابی عملکرد سیستم تصفیه ضروری است.

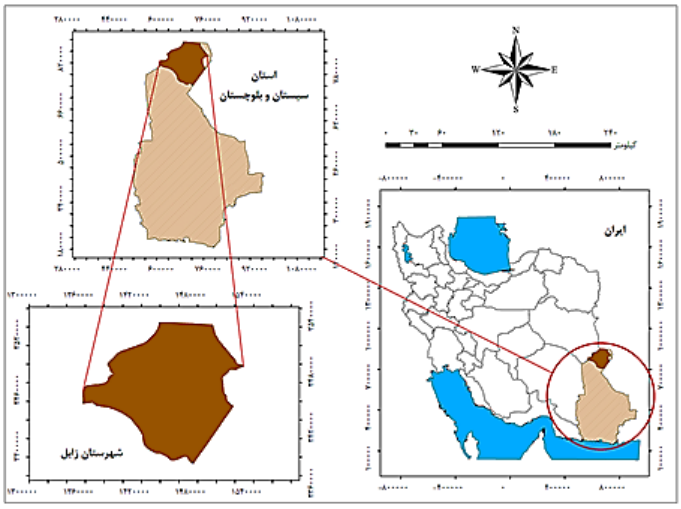
شهرستان‌زابل‌واقع در استان سیستان‌وبلوچستان،شهری وابسته به کشاورزی و دامداری بوده که در زمان پرآبی تالاب هامون و رود هیرمند، یکی ازمراکز عمده تولیدگندم در ایران بوده است. به‌طوری‌که در زمان‌پرآبی، انواع محصولات‌کشاورزی به‌ویژه گندم و جو در سطحی معادل۴۶۰۰۰ هکتار از اراضی منطقه سیستان کشت می‌گردید.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.130405

متأسفانه در طی خشکسالی‌های اخیر و کمبود منابع آبی کشاورزی در منطقه، برخی از کشاورزان حاشیه تصفیه خانه فاضلاب شهرستان زابل، اقدام به استفاده از فاضلاب خام و تصفیه شده جهت کشت گندم و ذرات علوفه‌ای می‌نمایند. درنتیجه با توجه به عدم وجود اطلاعات مبنی بر صحت سلامت فاضلاب در این منطقه، احتمال بروز خطر استفاده از فاضلاب ناسالم می‌تواند وجود داشته باشد (Khalid و همکاران، ۲۰۱۸). بنابراین هدف از مطالعه حاضر بررسی کیفیت پساب تصفیه خانه فاضلاب شهرستان زابل، مقایسه با استانداردهای مربوطه و امکان‌سنجی استفاده از پساب موجود برای مصرف در بخش کشاورزی و آبزی‌پروری است.

مواد و روش‌ها

تصفیه‌خانه فاضلاب زابل در استان سیستان و بلوچستان، در سال ۱۳۷۵ احداث و با ۹ ایستگاه پمپاژ به بهره‌برداری رسید (شکل ۱). سپس در سال ۱۳۸۷، به ظرفیت دریافت میزان فاضلاب ۲۰۰ هزار مشترک ارتقاء یافت. در این تصفیه‌خانه، نوع تصفیه از نوع برکه تثبیت بوده و هم‌چنین زمین‌های اطراف تصفیه‌خانه از پساب حاصله در آبیاری زمین‌های کشاورزی استفاده می‌کنند (کهخامقدم و بانژاد، ۱۳۹۸).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی شهرستان زابل

در این مطالعه نمونه برداری طی سه ماه در میانه تیر، شهریور و آبان ۱۳۹۸ انجام شد. فاضلاب از ورودی و خروجی تصفیه‌خانه زابل نمونه‌برداری و در ظروف مخصوص طبق روش‌های استاندارد آب و پساب ذخیره و نگه‌داری و برای آنالیزهای شیمیایی به آزمایشگاه انتقال یافت. در هر بار نمونه‌برداری، تعداد ۱۰ نمونه برداشت گردید. برای محافظت از نمونه‌ها تا زمان انجام برخی آنالیزها، pH به کم‌تر از ۲ رسانده شد (APHA، ۱۹۹۸). جهت بررسی اثر فاضلاب بر غلظت فلزات‌سنگین در زمین‌های کشاورزی، نمونه‌های خاک نیز در دو حالت تصفیه با فاضلاب تصفیه‌شده و فاضلاب تصفیه‌نشده برداشت گردید. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی فاضلاب ورودی و خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرستان زابل شامل pH، EC، COD، BOD، TSS، TDS، TKN، NO_2^-، NO_3^-، PO_4^{-3} با استفاده از روش‌های استاندارد آب و پساب اندازه‌گیری شد (APHA، ۱۹۹۸). در این تحقیق نمونه‌برداری طی سه مرحله در میانه تیر، شهریور و آبان انجام شد. نمونه‌ها در ظروف پلی اتیلنی به حجم ۲۰۰ میلی‌لیتر برداشت شده و سپس میزان اسیدیته فاضلاب برای برخی از فاکتورها به زیر ۲ رسانده شد. جهت انجام کار، از روش استاندارد APHA (۱۹۹۸) استفاده گردید. برای تعیین pH و EC از روش ۲۵۱۰A روش‌های استاندارد آب و پساب استفاده شد و میزان pH و EC فاضلاب با استفاده از دستگاه pH/EC متر مدل ۵۵۰۰ Eutech با الکترود pHمتر و ECمتر اندازه‌گیری گردید. میزان نیتروژن کجلدال فاضلاب با استفاده از روش هضم اسیدی (۴۵۰۰-N_{org} D) استاندارد آب و پساب (APHA، ۱۹۹۸)، با دستگاه کجلدال اتوماتیک شرکت Velp مدل UDK۱۴۲ ساخت کشور ایتالیا براساس تیتراسیون به‌دست آمد. میزان نیتریت نمونه‌های فاضلاب به‌وسیله روش رنگ‌سنجی، روش ۸۰۳۸ شرکت Hack با استفاده از دستگاه palintest ۸۰۰۰ در طول موج ۴۲۵ نانومتر قرائت گردید. میزان نیترات نمونه‌های فاضلاب نیز به‌وسیله روش رنگ‌سنجی احیای پودر روی با استفاده از دستگاه فتومتر (Palintest۸۰۰۰, England) در طول موج ۵۷۰ نانومتر قرائت گردید. میزان فسفات نمونه‌های فاضلاب نیز با استفاده از روش رنگ سنجی اسیداسکوربیک، روش ۸۰۴۸ شرکت Hack با استفاده از دستگاه اسپکترفتومتری (unico Spectrophotometer ۲۱۰۰) در طول موج ۸۸۰نانومتر سنجش شد. جهت میزان اکسیژن‌خواهی شیمیایی نمونه‌ها نیز از روش رفلاکس (Closed Reflux, Colorometric Method) استفاده شد. نمونه‌ها برای انجام تست BOD به‌میزان کافی با آب که به‌مدت ۲۴ ساعت هوادهی شده تا اکسیژن محلول آن به حدود ۹ میلی‌گرم در لیتر برسد، براساس غلظت COD رقیق گردید. سپس در شیشه‌های مخصوص BOD ریخته و سنسورهای BOD متر روی شیشه‌ها قرار گرفت. شیشه‌ها در انکوباتور شرکت WTW آلمان مدل OxiTOP در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۵ روز قرار داده شد و در نهایت مقدار BOD بعد از ۵ روز اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان کل جامدات معلق (TSS) و مقدار جامدات کل محلول (TDS) نیز از روش APHA (۱۹۹۸) استفاده شده و داده‌های به‌دست آمده برای اندازه‌گیری مقدار کل جامدات معلق و محلول به‌ترتیب در رابطه ۱ و ۲ قرار داده شدند:

$$TSS\ \left(\frac{mg}{l}\right) = \frac{(A-B)}{V} \times 1000vh \qquad \text{رابطه ۱}$$

$$TDS\ \left(\frac{mg}{l}\right) = \frac{(A-B)}{V} \times 1000vh \qquad \text{رابطه ۲}$$

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.130405

در رابطه ۱ کل جامدات معلق برحسب میلی‌گرم در لیتر، A وزن کاغذ صافی به‌علاوه جامدات معلق برحسب گرم، B وزن کاغذ صافی برحسب گرم و V حجم نمونه برحسب میلی‌لیتر است. در رابطه ۲ (TDS) کل جامدات محلول برحسب میلی‌گرم در لیتر، A وزن بشر به‌علاوه جامدات حل شده برحسب گرم، B وزن بشر خالی بر حسب گرم و V حجم نمونه برحسب میلی‌لیتر است. جهت تعیین غلظت فلزات سنگین،قبل از انجام هضم‌اسیدی نمونه‌ها برای حذف آلاینده‌های ظروف مورد استفاده، تمام ظروف در محلول اسیدنیتریک ۵٪ به‌مدت ۱۲ ساعت خیسانده شدند. سپس برای تعیین مقادیر عناصر فلزات سنگین (نیکل، کبالت، کروم، آهن، روی، مس، منگنز، سرب و کادمیم، لیتیم و مولیبدن)، ۵۰ میلی‌لیتر از نمونه‌های فاضلاب در لوله‌های شیشه‌ای ریخته شده و به نمونه‌ها ۵ میلی‌لیتر اسیدنیتریک ۶۵٪ به آرامی اضافه شد. سپس نمونه‌ها به‌مدت یک ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و سپس ۱ ساعت در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد برای هضم‌کامل در دستگاه ترموراکتور قرار داده‌شدند (Oygard و همکاران، ۲۰۰۴). پس از هضم کامل اسیدی نمونه‌ها برای صاف کردن، از کاغذ صافی واتمن ۴۲ میکرون عبور داده شدند، در نهایت نمونه‌ها با آب دیونایز به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شدند. اندازه‌گیری مقادیر فلزات سنگین در نمونه‌های فاضلاب هضم شده با استفاده از دستگاه ICP انجام شد. در نهایت غلظت عناصر و فلزات سنگین با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردید:

$$M\left(\frac{mg}{l}\right) = \frac{(C \times V)}{v} \times A$$ رابطه ۳

که M غلظت نهایی عناصر و فلزات سنگین نمونه براساس میلی‌گرم در لیتر، C غلظت به‌دست آمده از دستگاه برحسب میلی‌گرم در لیتر، V حجم نهایی نمونه برحسب میلی‌لیتر، V حجم نمونه اولیه برای هضم اسیدی و A ضریب رقت است. به‌منظور ارزیابی راندمان حذف هر یک از ترکیبات در پساب نیز از فرمول زیر استفاده شد (Zhang و همکاران، ۲۰۱۴). در این رابطه RE نشان‌دهنده درصد راندمان حذف، C_o غلظت اولیه محلول و C_e غلظت تعادلی محلول است.

$$RE = (C_o-C_e)/C_o \times ۱۰۰$$

شاخص بررسی کیفیت پساب تصفیه شده: شاخص CWQI (Canadian water quality index) یکی از شاخص‌های موجود در ارتباط با بررسی کیفیت آب و پساب و تعیین نوع کاربرد مطلوب آن است. این شاخص با عددی بین ۰ تا ۱۰۰ بیان شده که به هر مقدار که این شاخص بالاتر باشد، کیفیت آب مورد آزمایش بهتر است. فاکتورهای موثر در این شاخص، سه فاکتور $F_۱$، $F_۲$ و $F_۳$ بوده که در این مدل بررسی شده و نتایج نهایی نشان داده می‌شود. فاکتور $F_۱$ مربوط به درصد پارامترهای رد شده به کل پارامترهای اندازه‌گیری شده × ۱۰۰ است که براساس رابطه ۴ به‌دست می‌آید.

فاکتور $F_۲$ نیز که فراوانی را نشان می‌دهد، درصد کل آزمایشات منفردی را نشان می‌دهد که با مشاهدات تطابق ندارد و براساس رابطه ۵ به‌دست می‌آید. فاکتور $F_۳$ نیز که مربوط به بزرگی است، میزان انحراف آزماش‌های ردشده را در مقایسه با استاندارد نشان می‌دهد.

$$F1 = \frac{\text{Number of failed variables}}{\text{total number variables}} \times 100$$ رابطه ۴

$$F2 = \frac{\text{Number of failed tests}}{\text{total number variables}} \times 100$$ رابطه ۵

مقدار $F_۳$ نیز به‌وسیله یک فرایند سه مرحله‌ای محاسبه شده که بر اساس معادله‌های ۳، ۴، ۵ و ۶ قابل انجام است. مرحله اول محاسبه مقدار Excursion بوده و درصورتی‌که مقدار شاخص‌های مدنظر از استاندارد تعیین شده بیش‌تر باشند، مقدار آن براساس معادله ۶ محاسبه می‌شود. درصورتی‌که مقدار این شاخص از استاندارد تعیین شده کم‌تر باشند، از طریق رابطه ۷ قابل محاسبه است. مرحله بعد نیز محاسبه میزان انحراف شاخص‌های مختلف یا Nse: net standard error بوده که از رابطه ۸ به‌دست می‌آید.

$$\text{Excursioni} = \frac{\text{failed tests value i}}{\text{objective i}} - 1$$ رابطه ۶

$$\text{Excursioni} = \frac{\text{Number of failed tests}}{\text{total number variables}} - 1$$ رابطه ۷

$$\text{Nse} = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} Excursioni}{\text{number of tests}} - 1\right.$$ رابطه ۸

مرحله بعد محاسبه $F_۳$ بر اساس رابطه ۹ بوده که مجموع طبیعی شده انحرافات موجود از ۰ تا ۱۰۰ را رتبه‌بندی می‌کند. در نهایت نیز شاخص CWQI براساس رابطه ۱۰ به‌دست می‌آید (خادم‌پور و شهیدی، ۱۳۹۶؛رودباری و همکاران، ۱۳۹۶).به‌منظور تعیین نوع کاربرد مناسب پساب تصفیه شده نتایج حاصل از بررسی اخیر، توسط شاخص CWQI نیز بررسی گردید. به‌طورکلی نتایج این مدل از ۰ تا ۱۰۰ متغیر بوده که براساس مقدار به‌دست آمده و مقایسه آن با شاخص موجود می‌توان کاربری مناسب را تعیین نمود.

$$F3 = \frac{\text{nse}}{0.01\ \text{nse}+0.01}$$ رابطه ۹

$$\text{CWQI} = 100 - \frac{\sqrt{F12+F22+F32}}{1.732}$$ رابطه ۱۰

آنالیزهای آماری: در این تحقیق جهت بررسی آماری داده‌ها، از نرم‌افزار SPSS۱۶/۰۰ استفاده شد. بدین‌ترتیب که پراکنش داده‌ها با استفاده از آزمون نرمالیتی Kolmogorov-Smirnov بررسی گردید. براساس نوع نرمالیتی داده‌ها، مقایسه فاکتورهای فیزیکوشیمیایی فاضلاب با استفاده از آزمون Mann-Whitney U و مقایسه غلظت فلزات سنگین نیز با استفاده از آزمون ANOVA انجام شد. جهت جداسازی غلظت فلزات سنگین در بین گروه‌های مختلف نیز از پس آزمون LSD استفاده گردید. ارتباط معنی‌دار بین فاکتورهای مختلف نیز با استفاده از آزمون همبستگی Spearman بررسی شد.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.130405

نتایج

مقادیر هر یک از فاکتورهای فیزیکوشیمیایی و هم‌چنین نتایج کلی حاصل از بررسی اختلاف معنی‌دار بین مقادیر ورودی و خروجی از تصفیه‌خانه به‌همراه راندمان حذف برخی از ترکیبات در جدول ۱ آورده شده است. براساس نتایج به‌دست آمده میانگین pH در ماه‌های تیر، شهریور و آبان به‌ترتیب ۸، ۷/۹ و ۸/۳ قبل از تصفیه و ۷/۹۱، ۷/۶۵ و ۸/۲ بعد از تصفیه اندازه‌گیری شد، که بین مقادیر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. هم‌چنین مقدار EC در ماه‌های مورد بررسی به‌ترتیب ۱۴۰۶،۱۴۱۰ و ۱۳۹۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر قبل از تصفیه و ۱۳۴۵، ۱۳۱۲ و ۱۳۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بعد از تصفیه اندازه گیری شد، که مقدار آن پس از تصفیه کاهش پیدا کرد ($p<۰/۰۵$). غلظت DO برحسب میلی‌گرم در لیتر در ماه‌های تیر، شهریور و آبان به‌ترتیب ۱/۹۸، ۱/۹۰ و ۲/۰۳ میلی‌گرم در لیتر قبل از تصفیه و ۱/۶۹، ۱/۸۱ و ۲ میلی‌گرم در لیتر بعد از تصفیه اندازه‌گیری شد که این مقادیر اختلاف معنی‌داری نداشتند. مقدار TSS قبل از تصفیه در تیر، شهریور و آبان به‌ترتیب ۷۶، ۸۶/۴ و ۷۲ میلی‌گرم در لیتر و با اختلاف معنی‌داری، پس از تصفیه نیز به‌ترتیب ۶۵، ۶۹ و ۶۸/۴ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد ($p<۰/۰۵$). مقدار TDS نیز برای ماه‌های تیر، شهریور و آبان به‌ترتیب ۳۱/۷۲، ۴۴/۲۳ و ۳۱/۹۶ میلی‌گرم در لیتر قبل از تصفیه و بدون اختلاف معنی‌داری، ۳۱/۷۰۸، ۳۱/۶۵۵ و ۳۲/۱۸ میلی‌گرم در لیتر بعد از فرایند تصفیه اندازه‌گیری گردید. میزان BOD قبل از فرایند تصفیه فاضلاب به‌ترتیب ۸۵/۴۶، ۸۱/۷۶ و ۸۲/۳۲ میلی‌گرم در لیتر و با افزایش معنی‌داری پس از تصفیه به‌ترتیب ۹۲/۲۳، ۸۹/۵۵ و ۹۳/۸۰ میلی‌گرم‌در لیتراندازه‌گیری شد ($p<۰/۰۵$). این نتایج نشان داد که فرایند تصفیه بر روی این فاکتور به‌درستی صورت نمی‌گیرد و به‌دلیل رشد احتمالی ترکیبات آلی موجب افزایش مقدار BOD پس از فرایند تصفیه می‌گردد. غلظت COD ورودی فاضلاب در ماه‌های تیر، شهریور و آبان به‌ترتیب ۱۲۶، ۱۲۳ و ۱۱۰ میلی‌گرم در لیتر و با کاهش معنی‌داری، در خروجی فاضلاب نیز به‌ترتیب ۱۹۴، ۱۸۵ و ۱۷۸ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد ($p<۰/۰۵$). قلیائیت کل فاضلاب قبل از تصفیه نیز ۴۵۵، ۴۶۲ و ۴۶۰ میلی‌گرم در لیتر و در خروجی نیز ۴۶۷، ۴۸۱ و ۴۷۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد که تفاوت این فاکتور در بین دو حالت قبل و بعد از تصفیه معنی‌دار بود. مقدار TKN فاضلاب نیز قبل از تصفیه به‌ترتیب ۱/۹۸، ۱/۷۵ و ۱/۲۳ و بدون اختلاف معنی‌داری، پس از تصفیه نیز ۱/۸، ۱/۷۶ و ۱/۵۵ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد. مقدار نیترات NO_3^- فاضلاب به‌ترتیب ۱/۶۷، ۱/۴۵ و ۱/۹۸ میلی‌گرم در لیتر قبل از تصفیه و با کاهش معنی‌داری ۰/۶۸، ۰/۷۲ و ۰/۷۶ میلی‌گرم در لیتر بعد از تصفیه اندازه‌گیری شد ($p<۰/۰۵$). غلظت NO_2^- نیتریت در ماه‌های تیر، شهریور و آبان نیز به‌ترتیب ۰/۰۱۵، ۰/۰۱۳ و ۰/۰۱۶ میلی‌گرم در لیتر قبل از فرایند تصفیه و ۰/۰۱۴، ۰/۰۲۰ و ۰/۰۲۲ میلی‌گرم در لیتر پس از تصفیه به‌دست آمد که مقادیر در بین دو حالت قبل و بعد از تصفیه تفاوت معنی‌داری داشت($p<۰/۰۵$).غلظت $PO^3_4^-$ در فاضلاب تصفیه نشده به‌ترتیب ۸/۷، ۸/۶۶ و ۹/۱ میلی‌گرم در لیتر و پس از تصفیه نیز با افزایش معنی‌داری ۱۹/۸، ۱۷/۶۷ و ۲۰/۱ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد ($p<۰/۰۵$). به‌طورکلی وضعیت نوترینت‌های (ازت نیتراتی، نیتریتی و ارتوفسفات) ورودی و خروجی فاضلاب شهرستان زابل به شکل زیر به‌دست آمد: $NO_۲^- < NO_۳^- < PO_۴^{-۳}$

بررسی راندمان حذف فاکتورهای TSS، TDS، BOD_5، COD، قلیائیت، TKN، نیترات، نیتریت و فسفات نیز حاکی از آن بود که سیستم تصفیه فاضلاب تنها برای فاکتور نیترات (۶۸/۰۵) مطلوب بوده و سایر فاکتورها دارای راندمان پایینی بودند.

جدول ۱: مقادیر فاکتورهای فیزیکوشیمیایی فاضلاب شهرستان زابل (میلی‌گرم در لیتر)

	pH	EC	DO	TSS	TDS	BOD_5	COD	قلیائیت	TKN	نیترات	نیتریت	فسفات
ورودی	۸/۰۰±۰/۲	۱۴۰۳±۹	۱/۹۷±۰	۷۸/۶۷±۶/۰۴	۳۵/۹۶±۶/۱	۱۸/۸۳±۷/۱	۱۲۰±۷/۵	۴۵۸/۸±۳/۴	۱/۶۵±۰/۳۳	۰/۷۲±۰/۲۳	۰/۰۲±۰	۸/۸۱±۰/۱۹
خروجی	۷/۹۱±۰/۳	۱۳۱۹±۱۹	۱/۸۲±۰/۱	۶۶/۵۳±۲/۵۲	۳۱/۸۴±۰/۲۵	۹۱/۸۵±۱/۸۶	۱۸۵/۹±۸/۲	۴۷۲/۶±۶/۲	۱/۷۰±۰/۱	۰/۲۳±۰	۰/۰۲±۰	۱۹/۱۹±۱/۲
RE (%)	-	-	-	۱۵/۴۳	۱۱/۴۵	-۱۰/۴۲	-۵۴/۹۱	-۳	-۰/۰۳	۶۸.۶۸/۰۵	۰	-۱۱۷/۸۲
Sig.	۰/۱۹	۰ ns	۰/۰۷	۰ ns	۰/۰۹۴	۰ a	۰ a	۰ a	۰/۷۹	۰ a	۰/۰۳ a	۰ a

جدول ۲: مقادیر فلزات سنگین در فاضلاب و خاک‌های کشاورزی اطراف تصفیه‌خانه فاضلاب شهرستان زابل (میلی‌گرم در لیتر)

	Ni	Co	Cr	Fe	Zn	Cu	Mn	Pb	Cd	Li	Mo
فاضلاب ورودی	۰/۰۷۶±۰ c	۰/۰۶±۰ c	۰/۰۱±۰ c	۲/۱۵±۰/۲۵ c	۱/۳۳±۰/۰۷ c	۱/۲۲±۰/۰۴ c	۳/۴۷±۰/۱۸ c	۰/۹۳±۰/۱۲ b	۰b	۰/۱۴±۰/۰۳ c	۰c
فاضلاب خروجی	۰/۰۵±۰ c	۰±۰ c	۰±۰ c	۰/۶۰±۰/۰۲ c	۰/۳۲±۰/۰۴ c	۰/۳۲±۰/۰۵ c	۰/۹۱±۰/۳۲ c	۰/۲۹±۰/۰۷ b	۰b	۰/۱۳±۰/۰۳ c	۰c
آبیاری با فاضلاب خام	۱۰۴/۱۶±۱۲/۳ a	۱۵/۶±۰/۲۸ a	۶۸/۶±۶/۵۳ a	۲۶۳۰±۴۶/۱۳ a	۹۶/۱۰±۹/۰۴ a	۴۱/۴±۴/۰۲ a	۷۱۰/۱±۳۴/۶۱ a	۴۷/۵۴±۴/۱۷ a	۰/۹±۰/۰۲a	۱۱۹/۵±۹/۵ a	۲/۹۵±۰/۰۸ a
آبیاری با فاضلاب تصفیه شده	۷۶/۳۲±۸/۱۷ b	۱۱/۴۰±۱/۲۶ b	۵۳/۱±۲/۲۰ b	۲۲۸۰±۳۵/۵۵ b	۵۶±۳/۲۱ b	۲۷±۱/۳۶ b	۵۸۴/۳±۴۱/۳۱ b	۴۶/۸۳±۶/۳۳ a	۰/۸۶±۰ a	۹۸/۱±۷/۵۷ b	۱±۰/۰۳ b
Sig.(2-tailed)	۰/۰۵	۰/۰۳۷	۰/۰۳۷	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	۰/۰۶۹		۰/۰۲۵	۰

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.130405

بررسی غلظت فلزات سنگین در فاضلاب قبل و بعد از تصفیه و هم‌چنین فلزات‌سنگین اندازه‌گیری شده در خاک زمین‌های کشاورزی آبیاری شده با فاضلاب در دو حالت تصفیه شده و تصفیه نشده روند مشابهی از تجمع را نشان‌داد که نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است. براساس نتایج حاصل از آزمون ANOVA و هم‌چنین پس آزمون LSD غلظت فلزات سنگین در خاک‌های آبیاری شده با فاضلاب تصفیه نشده بالاتر از سایر گروه‌ها بود ($p<۰/۰۵$). درحالی‌که اختلاف بین غلظت فلزات سنگین در بین فاضلاب تصفیه شده و خام معنی‌دار نبود ($p<۰/۰۵$). جدول ۳ نیز ارتباط بین فاکتورهای فیزیکوشیمیایی فاضلاب را نشان می‌دهد. براساس نتایج به‌دست آمده، فاکتور pH با اکسیژن محلول، نیترات و نیتریت ارتباط معنی‌دار مستقیم و با فاکتورهای COD و TKN ارتباط معنی‌دار معکوس داشت ($p<۰/۰۵$). فاکتور EC فاضلاب با هر یک از فاکتورهای TSS، نیترات، نیتریت و فسفات ارتباط مثبت وبافاکتورهای BOD، COD وقلیائیت ارتباط منفی نشان داد ($p<۰/۰۵$). بررسی همبستگی بین داده‌ها هم‌چنین نشان داد که با افزایش غلظت اکسیژن محلول و TSS، مقادیر COD و TKN و نیتریت و فسفات کاهش و مقدار نیترات افزایش یافت ($p<۰/۰۵$).

هم‌چنین با افزایش مقدار TDS فاضلاب غلظت COD افزایش و غلظت TKN کاهش یافت ($p<۰/۰۵$). تغییرات میزان BOD نیز با تغییرات مقادیر COD، قلیائیت، نیتریت و فسفات ارتباط مثبت و با تغییرات نیترات ارتباط منفی نشان داد ($p<۰/۰۵$). فاکتور COD و قلیائیت نیز با مقادیر نیترات ارتیاط منفی و با مقادیر فسفات ارتباط مثبت و معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۵$). ارتباط بین نیترات و فسفات منفی بود، درحالی‌که‌این‌فاکتور با تغییرات‌نیتریت‌ارتباط‌مثبت‌و معنی‌داری نشان داد ($p<۰/۰۵$). جدول ۴ نیز تأثیر معنی‌دار فاکتورهای فیزیکوشیمیایی فاضلاب بر تغییرات غلظت فلزات سنگین را نشان می‌دهد. به‌طورکلی نتایج نشان دهنده تأثیر مثبت و معنی‌دار تغییرات pH، EC، TSS و TKN بر تغییرات غلظت Fe بود. غلظت Mn نیز با تغییرات EC، نیترات و نیتریت ارتباط مثبت و معنی‌داری نشان داد. هم‌چنین عنصر Pb نیز ارتباط منفی و معنی‌داری با تغییرات فاکتورهای BOD، نیترات و نیتریت را نشان داد. نتایج هم‌چنین نشان دادند که تغییرات فاکتور TKN فاضلاب می‌تواند تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تغییرات عناصر Cd و Co داشته باشد ($p<۰/۰۵$).

جدول ۳: همبستگی بین فاکتورهای فیزیکوشیمیایی فاضلاب شهرستان زابل

	pH	EC	DO	TSS	TDS	BOD_5	COD	قلیائیت	TKN	Nitrate	Nitrite
pH											
EC	-۰/۰۶۲										
DO	.۸۴*	-۰/۰۱									
TSS	۰/۱۲	۰/۷۸*	۰/۳۹								
TDS	۰/۴۰	۰/۳۴	۰/۵۰*	۰/۵۵*							
BOD_5	۰/۰۴	-۰/۸۷*	-۰/۱۳	-۰/۷۹*	-۰/۳۱						
COD	-۰/۵۶*	-۰/۵۷*	-۰/۷۵*	-۰/۷۸*	۰/۶۰*	۰/۷۳*					
قلیائیت	-۰/۴۳	-۰/۵۷*	-۰/۳۱	-۰/۶۶*	-۰/۲۸	۰/۶۱*	۰/۶۶*				
TKN	-۰/۵۰*	-۰/۷۸*	-۰/۶۲*	-۰/۰۸	-۰/۵۲*	۰/۱۲	۰/۴۵	-۰/۱۸			
Nitrate	۰/۶۲*	۰/۵۴*	۰/۷۶*	۰/۷۴*	۰/۴۱	-۰/۶۴*	-۰/۹۵*	-۰/۷۵*	-۰/۳۶		
Nitrite	۰/۶۲*	-۰/۸۲*	۰/۴۱	-۰/۴۲	-۰/۲۱	۰/۶۱*	۰/۱۲	۰/۵۶*	-۰/۳۸	-۰/۰۶	
PO_4^{-3}	۰/۱۶	-۰/۹۳*	-۰/۰۳	-۰/۸۵*	-۰/۲۵	۰/۹۴*	۰/۶۳*	۰/۶۸*	-۰/۱۶	-۰/۵۹*	۰/۶۶*

جدول ۴: همبستگی بین غلظت فلزات سنگین و فاکتورهای فیزیکوشیمیایی فاضلاب شهرستان زابل

	Ni	Co	Cr	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cd	Li
pH	۰/۷۱	۰/۷۵	۰/۹۷**	۰/۸۸*	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۷۹	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۰۸
EC	۰/۷۳	۰/۸۹*	۰/۶۴	۰/۸۱*	۰/۹۹**	۰/۸۴*	۰/۸۹*	۰/۷۷	۰/۸۹*	۰/۳۷
DO	۰/۷۲	۰/۷۶	۰/۹۴**	۰/۸۸*	۰/۷۲	۰/۶۶	۰/۸۸*	۰/۷۰	۰/۷۶	۰/۲۵
TSS	۰/۸۴*	۰/۹۲**	۰/۸۱*	۰/۹۳**	۰/۷۶	۰/۸۱*	۰/۹۳**	۰/۸۳*	۰/۹۲**	۰/۵۵
TDS	۰/۰۹	۰/۲۸	۰/۳۵	۰/۵۳	۰/۴۴	۰/۱۷	۰/۶۲	۰/۰۰	۰/۲۸	۰/۲۶
BOD_5	-۰/۷۵	-۰/۷۷	-۰/۷۵	-۰/۶۷	-۰/۷۵	-۰/۸۱*	-۰/۵۸	-۰/۸۹*	-۰/۷۷	۰/۰۳
COD	-۰/۶۴	-۰/۷۴	-۰/۷۵	-۰/۷۳	-۰/۷۴	-۰/۷۵	-۰/۷۳	-۰/۷۴	-۰/۷۴	۰/۰۳
قلیائیت	-۰/۶۲	-۰/۷۵	-۰/۷۹	-۰/۷۹	-۰/۷۱	-۰/۷۹	-۰/۷۱	-۰/۷۵	-۰/۷۵	۰/۲۰
TKN	۰/۸۸*	۰/۹۴**	۰/۷۹	۰/۸۸*	۰/۷۱	۰/۸۸*	۰/۷۹	۰/۹۴**	۰/۹۴**	۰/۰۸
Nitrate	۰/۵۸	۰/۷۷	۰/۷۵	۰/۸۴*	۰/۹۳**	۰/۸۱*	۰/۷۵	۰/۷۱	۰/۷۷	۰/۴۴
Nitrite	۰/۴۱	۰/۶۶	۰/۶۲	۰/۸۳*	۰/۸۳*	۰/۶۲	۰/۸۳*	۰/۴۴	۰/۶۶	۰/۰۳
PO_4^{3-}	-۰/۷۱	-۰/۷۵	-۰/۷۹	-۰/۷۱	-۰/۷۹	-۰/۷۹	-۰/۶۲	-۰/۸۴*	-۰/۷۵	۰/۲۰

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.130405

بحث

درکشورهای مختلف پساب تصفیه‌شده کاربردهای متنوعی داشته و این مصرف در راستای ضوابط تعیین شده محیط‌زیستی بوده و هدف اصلی حفظ سلامتی انسان، حفاظت از محیط‌زیست و جلوگیری از تخریب آن است (Zopounidis و همکاران، ۲۰۱۴). به‌منظور کاربرد پساب در کشاورزی، انتخاب محصولات بایستی به گونه‌ای صورت بگیرد که موجب حداقل آلودگی محصولات به عوامل بیماری‌زا و انتقال آن به مصرف‌کننده نهایی شود. بر این اساس، توصیه می‌شود که گیاهانی کشت شود که محصولات آن‌ها مستقیماً با فاضلاب در تماس نیست. به‌عنوان مثال، آبیاری محصولاتی که به‌صورت خام مصرف می‌شود مانند سبزیجات و هم‌چنین محصولاتی مانند هویج و سیب زمینی که تماس مستقیم با خاک دارند توصیه نمی‌شود (ناصری و همکاران، ۱۳۹۱؛WHO، ۲۰۰۶).مطالعه اخیر نشان داد که فاکتورهایی از قبیل pH و EC پساب ورودی و خروجی در دامنه استاندارد قرار دارد. درحالی‌که مقادیر COD و BOD_5 بالاتر از سطح استاندارد محیط زیست ایران است. در مصارف آبیاری درصورتی‌که EC کم‌تر از ۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر باشد برای همه نوع گیاه قابل استفاده بوده و جزو آب‌های غیرشور دسته‌بندی خواهد شد. درصورتی‌که مقدار آن بین ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر قرار بگیرد کم شور بوده و درخاک‌های دارای بافت سبک و متوسط بی‌خطر و درخاک‌های رسی باید زهکشی انجام شود. در مواردی که مقدار شوری تا ۵۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر افزایش یابد، بایستی برای هیچ‌گونه گیاه حساس به شوری استفاده نشود. هم‌چنین هنگامی که مقدار شوری به ۱۲۰۰۰ برسد،فقط در شرایط اضطرار مانندخشکسالی قابل استفاده بوده و برای مقادیر بالاتر از ۱۳۰۰۰ نیز برای آبیاری مجاز نیست. با توجه به مقدار به‌دست آمده از فاکتور EC در مطالعه اخیر، کاربرد آن در خاک‌های سبک بلامانع بوده و اما در خاک‌های رسی با احتیاط و توجه قابل استفاده است. مقدار EC آب برای شرب دام و طیور در صورتی‌که کم‌تر از ۱۵۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر باشد، برای همه گونه دام و طیور مناسب است. اما در صورتی‌که بین ۱۵۰۰ تا ۸۰۰۰ قرار بگیرد تنها برای دام مناسب خواهد بود. در صورت افزایش مقدار تا ۱۱۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر کاربرد آن برای دام نیز محدود خواهد شد. در این بررسی بیش‌ترین مقدار EC پساب ورودی ۱۴۱۰ میکروزیمنس برسانتی‌متر به‌دست آمد.هرچنددرسطح زابل‌از فاضلاب جهت مصرف دام، استفاده نمی‌شود. اما فاضلاب از نظر این فاکتور، برای دام مناسب است. براساس استانداردهای موجود، حداقل میزان اکسیژن محلول فاضلاب جهت ورود به محیط، ۲ میلی‌گرم بر لیتر بوده که این فاکتور در ماه‌های تیر و شهریور پایین‌تر از حدمجاز بوده و اگر مدیریت بهتری در بخش تصفیه صورت گیرد، بهبود این پارامتر میسر خواهدبود. کهخامقدم و بانژاد(۱۳۹۸)دربررسی برخی فاکتورهای کیفی فاضلاب شهرستان زابل نشان دادند که این فاکتورها با استاندارد محیط‌زیست ایران در زمینه استفاده‌مجدد پساب در کشاورزی مطابقت داشته، درحالی‌که فاکتور COD و EC نسبت به استاندارد تعیین شده برای آبیاری فضای سبز بالاتر بودند. آن‌ها عنوان کردند که فاضلاب تصفیه شده شهر زابل تنها در صورت اعمال مدیریت صحیح می‌تواند برای کشاورزی و فضای سبز مناسب باشد. در بررسی اثر فاضلاب تصفیه شده شهری بر تغییرات اسیدیته در خاک شهرستان یزد توسط ابوالحسنی‌زرجوع و همکاران (۱۳۹۴) نشان داده شد که استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده در منطقه باعث افزایش میزان اسیدیته در مقایسه با منطقه‌شاهد گردیده‌است.بررسی ارزیابی عملکرد تصفیه‌خانه فاضلاب شهر ایلام در برخی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی و حذف کلی‌فرم مدفوعی نیز نشان داد که تصفیه‌خانه فاضلاب ایلام کارایی لازم جهت تولید پساب مطابق با استانداردهای محیط‌زیستی را نداشته و نیاز است اقدامات اساسی درخصوص اصلاح و ارتقاء ظرفیت واحدهای تصفیه انجام پذیرد (نورمرادی و همکاران، ۱۳۹۳). غلظت ازت کل در صورتی‌که بین ۲۰ تا ۸۵ میلی‌گرم در لیتر شد، اثری بر خاک نداشته و درصورتی‌که غلظت نیتروژن نیتراتی بیش از ۳۰ میلی‌گرم در لیتر برسد، می‌تواند مشکلاتی را برای خاک به‌همراه داشته باشد. هم‌چنین کاهش میزان محصول در غلات نیز از اثرات افزایش این ترکیب گزارش شده است. هم‌چنین درصورتی‌که برای دام مورد استفاده قرار گیرد، به‌دلیل برهم ریختن تعادل بین غلظت نیتروژن و پتاسیم و منیزیم می‌تواند موجب بیماری کزاز عضلات در دام شود. هم‌چنین افزایش غلظت فسفر فاضلاب از ۶ میلی‌گرم تا ۲۰ میلی‌گرم بر روی‌خاک اثری نداشته و موجب افزایش محصول گیاه شده و اثر منفی نیز در مصرف دام نداشته، درحالی‌که با فزایش مقدار از ۲۰ میلی‌گرم در لیتر، کاهش دسترسی به عناصر مس، روی و آهن را در خاک‌های قلیایی به‌همراه خواهد داشت. با توجه مقادیر به‌دست آمده از هرکدام از این ترکیبات در فاضلاب ورودی و خروجی تصفیه خانه زابل، می‌توان عنوان کرد که سطح این ترکیبات در حد نرمال بوده و می‌تواند موجب افزایش محصول در واحد سطح زیر کشت شود. پساب‌های شهری خام‌هم‌چنین براساس ویژگی فیزیکی، شیمیایی و زیستی در سه گروه پساب‌های قوی، متوسط و ضعیف طبقه‌بندی می‌گردد. اگر در فاضلاب شهری مقدار BOD_5<۱۵۰ و SS<۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر نشان‌دهنده ضعیف بودن فاضلاب است. فاضلاب قوی نیز با مقادیر BOD_5>۳۰۰ و SS>۴۵۰ شناخته می‌شود. هم‌چنین فاضلاب شهری با غلظت BOD_5 ۱۱۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر موجب بهبود فعالیت زیستی و افزایش حاصل‌خیزی خاک و بهبود ظرفیت نگه‌داری و ساختار خاک و افزایش مواد مغذی خاک می‌شود. درصورتی‌که غلظت این ترکیبات افزایش

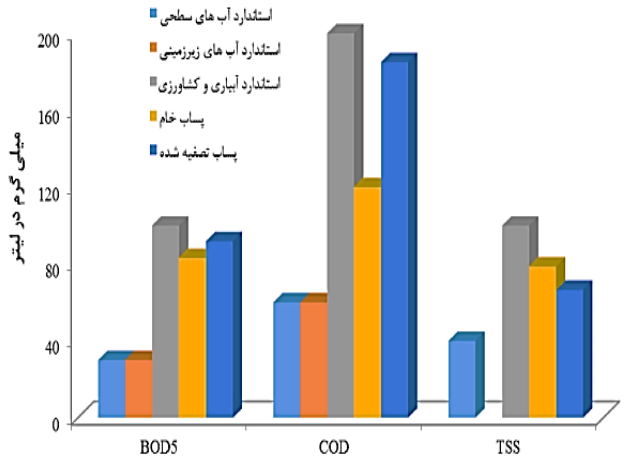
(DOI): 10.22034/AEJ.2020.130405

یابد، در صورت آبیاری طولانی مدت موجب گرفتگی خلل و فرج خاک و ایجاد شرایط بی‌هوازی در خاک و محیط ریشه می‌شود. بر این اساس هرچند مقدار BOD_5 فاضلاب شهرستان زابل بالاتر از سطح استاندارد محیط زیست بوده اما در این مقایسه، در دسته ضعیف دسته‌بندی شده و می‌توان عنوان کرد که میزان BOD_5 قبل و بعد از تصفیه‌خانه فاضلاب شهرستان زابل خطر جدی را برای زمین‌های کشاورزی و محیط به همراه نخواهد داشت. مطالعه امکان استفاده مجدد پساب تصفیه‌خانه فاضلاب دانشگاه سیستان و بلوچستان در فضای سبز و کشاورزی نشان داد که عملکرد تصفیه‌خانه فاضلاب بر راندمان حذف آلاینده‌های مختلف موثر بوده و تنها مقدار کلی‌فرم مدفوعی بالاتر از حدمجاز تعیین شده بوده که بایستی مدنظر قرار بگیرد (گلاوی و همکاران، ۱۳۸۹). در بررسی عملکرد تصفیه‌خانه فاضلاب بیمارستانی شهدای بهشهر نیز نشان داده شد که تمامی پارامترهای فیزیکوشیمیایی فاضلاب بالاتر از سطح استاندارد مناسب تصفیه پساب و دفع آن به آب‌های پذیرنده بوده و بنابراین راندمان فرایند تصفیه مناسب نیست. هم‌چنین پساب این تصفیه‌خانه قابلیت استفاده برای مصارف کشاورزی، تخلیه به آب‌های سطحی و چاه جاذب را نداشته و تنها مقادیر سنجش شده کل کلی‌فرم مدفوعی با استاندارد حفاظت محیط‌زیست ایران مطابقت دارد (ملایی‌توانی، ۱۳۹۵).

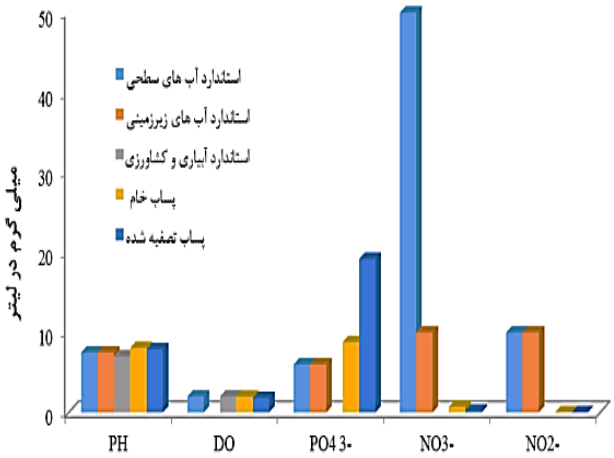
با توجه به نتایج حاصل از بررسی غلظت فلزات‌سنگین در فاضلاب و خاک‌های اراضی کشاورزی آبیاری شده توسط آن می‌توان عنوان کرد که آبیاری زمین‌های کشاورزی در این منطقه توسط فاضلاب، می‌تواند بر افزایش غلظت فلزات‌سنگین در خاک موثر باشد. در عین حال، غلظت عناصر در فاضلاب در دو حالت تصفیه شده و تصفیه نشده کم‌تر از حد استاندارد بوده که نشان می‌دهد، ورود فاضلاب به محیط از نظر فلزات سنگین نمی‌تواند خطری را به‌همراه داشته باشد. یکی از مهم‌ترین دلایل پایین بودن غلظت فلزات سنگین در پساب شهرستان زابل، نبود فعالیت‌های صنعتی بوده و فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه تنها شامل فاضلاب شهری می‌شود. در عین‌حال، هر چند غلظت فلزات سنگین کم‌تر از استانداردهای تعیین شده است، اما به دلیل اثر تجمعی این عناصر پس از چندین بار آبیاری در خاک، معمولاً پیشنهاد می‌شود که در آبیاری محصولات غیرخوراکی استفاده شود (ناصری و همکاران، ۱۳۹۱؛ WHO، ۲۰۰۶). Salehi Argmand و همکاران (۲۰۰۲) در بررسی کیفیت پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اراک توصیه کردند که براساس میزان آلاینده‌ها، اولویت استفاده ابتدا در آبیاری درختان غیرمثمر و چوبی بوده و در صورت امکان در آبیاری نباتات صنعتی مانند پنبه و در درجه آخر نباتات دانه‌ای و درختان مثمر قابل استفاده است. بررسی فلزات سنگین آهن، سرب، روی، نیکل و مس در خاک‌های زراعی منطقه سیستان در برخی از موارد غلظت مشابهی را با مطالعه اخیر نشان‌دادو از طرفی این فلزات دارای غلظت پایین‌تری نسبت به استاندارد WHO بودند (جوان‌سیامردی و همکاران، ۱۳۹۳). در مطالعه جلیل‌زاده و همکاران (۱۳۸۴) میزان فلزات سنگین پساب تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب اصفهان و مقایسه آن با استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست غلظت کروم در برخی از نمونه‌ها بالاتر از سطح استاندارد بوده وسایر عناصر شامل مس، نیکل و سرب در حد استاندارد EPA و ایران بود. آن‌ها عنوان کردند از این فاضلاب برای گیاهانی که به مس حساس نیستند، می‌توان جهت آبیاری استفاده کرد. مطالعه حسینی و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی غلظت فلزات‌سنگین در پساب و لجن کارخانه کاشی‌سازی شهر بیرجند نشان داد که مقدار فلزات سنگین در فاضلاب بالاتر از استانداردهای محیط‌زیستی بوده که نیازمند به نظارت از سوی نهادهای نظارتی است.

در صورتیکه شاخص CWQI ۱۰۰-۹۵ اندازه‌گیری شود، کیفیت درحالت مطلوب و نزدیک به حالت طبیعی بوده و درجه کیفیت عالی است. مقدار ۹۴-۸۰ در درجه خوب قرار گرفته و کیفیت به‌ندرت در مقایسه با شرایط مطلوب، از استاندارد تخطی می‌کند. در شرایط مطلوب این شاخص ۷۹-۶۵ به‌دست آمده و کیفیت برای مصرف مدنظر به صورت پیاپی می‌تواند تهدیدآمیز شده و در اغلب اوقات از سطح مطلوب خود فاصله دارد. در شرایط مرزی نیز شاخص CWQI معادل ۶۴-۴۵ بوده و کیفیت برای مصرف مدنظر به‌صورت پیاپی می‌تواند تهدیدآمیز شده و در اغلب اوقات از سطح مطلوب خود فاصله دارد. در نهایت مقدار ۴۴-۰ کیفیت تقریباً تهدیدآمیز بوده و معمولاً از سطح مطلوب پایین‌تر است (رودباری و همکاران، ۱۳۹۶). بر این اساس کیفیت پساب برای کاربری‌های تفریحی (۱۰۰) در درجه عالی، کاربری دام و طیور (۸۵) خوب و برای آبیاری (۷۱) نیز در شرایط مطلوب قرار دارد. بر اساس نتایج بررسی داده‌های به‌دست آمده با شاخص CWQI، کیفیت پساب تصفیه شده تصفیه‌خانه زابل به‌گونه‌ای است که برای آشامیدن (۴۵) و آبزی‌پروری (۱۴) مناسب نیست. شکل‌های ۵ و ۶ به‌ترتیب نتایج حاصل از اجرای نرم‌افزار و نمودار شاخص برای کاربردهای مختلف را نشان می‌دهد. بررسی ارزیابی کیفیت پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اکباتان با استفاده از مدل CWQI نشان داد که این پساب برای کشاورزی در حد کیفیت مرزی بوده و هم‌چنین بهترین کاربری این پساب با توجه به مدل، تغذیه دام و طیور تعیین گردید (رودباری و همکاران، ۱۳۹۶). هم‌چنین جاهد و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی کیفیت پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شیراز نشان دادند که کیفیت فیزیکوشیمیایی پساب تصفیه‌خانه در دو فصل گرم و سرد جهت آبیاری کشاورزی در درجه خوب قرار دارد.

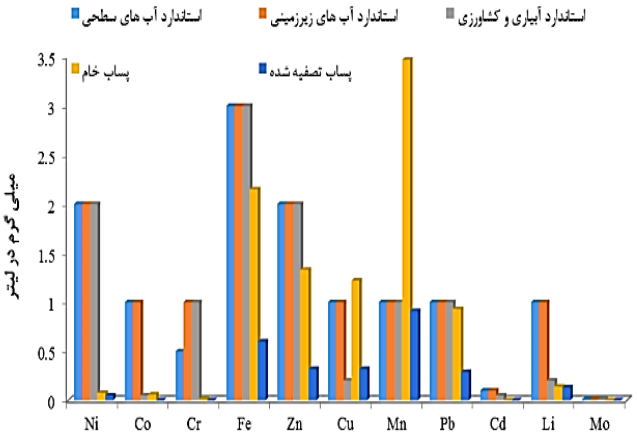
(DOI): 10.22034/AEJ.2020.130405



شکل ۲: مقایسه فاکتورهای BOD_5، COD و TSS پساب ورودی و خروجی تصفیه خانه شهرستان زابل با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست



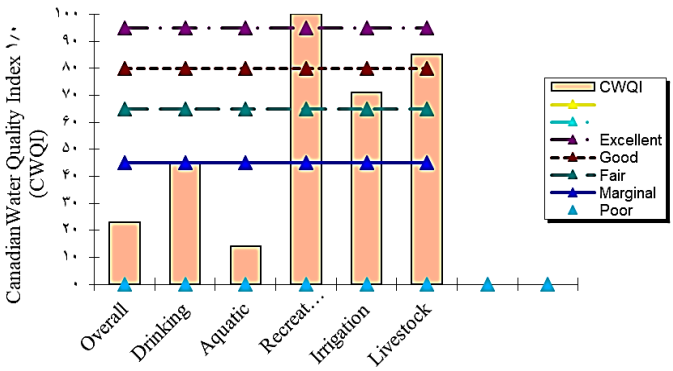
شکل ۳: مقایسه فاکتورهای pH، DO و PO_4^{3-}، NO_3^- و NO_2^- پساب ورودی و خروجی تصفیه‌خانه شهرستان زابل با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست



شکل ۴: مقایسه غلظت فلزات سنگین در پساب ورودی و خروجی تصفیه خانه شهرستان زابل با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست

Data Summary	Overall	Drinking	Aquatic	Recreation	Irrigation	Livestock
CWQI	23	45	14	100	71	85
Categorization	Poor	Marginal	Poor	Excellent	Fair	Good
F1 (Scope)	64	33	80	0	30	12
F2 (Frequency)	64	33	80	0	28	12
F3 (Amplitude)	97	83	98	0	29	19
Minimal Dataset Requirement of 4 Variables	Met	Met	Met	Not Met	Met	Met
Contaminant Analysis of Last Sample	Not Tested	Not Tested	Not Tested	Not Tested	Not Tested	Not Tested

شکل ۵: نتایج حاصل از اجرای نرم‌افزار CWQI



شکل ۶: نمودار شاخص CWQI جهت کاربردهای مختلف در تحقیق حاضر

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.130405

ضوابط و استاندارد خروجی فاضلاب‌ها در کشور، توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست تعیین شده که مقادیر آن برای پارامترهای بررسی شده در این تحقیق، در جدول ۵ آورده شده است (مهرآوران و همکاران، ۱۳۹۴؛ رودباری و همکاران، ۱۳۹۶). براساس مقایسه مقادیر هر یک از فاکتورهای فیزیکوشیمیایی و غلظت فلزات سنگین در پساب ورودی و خروجی تصفیه‌خانه (شکل‌های ۲ تا ۵) مقادیر فلزات سنگین پایین‌تر از سطح استاندارد بودند. درحالی‌که، میزان BOD، COD و PO_4^{-3} بالاتر از سطح استاندارد قرار داشتند.

جدول ۵: استاندارد تعیین شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایران برای برخی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی و فلزات-سنگین فاضلاب و استفاده از پساب

ردیف	آلاینده (میلی‌گرم در لیتر)	تخلیه به آب‌های سطحی	تخلیه به چاه جاذب	مصارف کشاورزی و آبیاری
۱	BOD_5	۳۰	۳۰	۱۰۰
۲	COD	۶۰	۶۰	۲۰۰
۳	TSS	۴۰	–	۱۰۰
۴	TDS	–	–	–
۵	EC	–	–	–
۶	pH	۶/۵-۸/۵	۵-۹	۶-۸/۵
۷	DO	۲	––	۲
۸	PO_4^{3-}	۶	۶	–
۹	NO_3^-	۵۰	۱۰	–
۱۰	NO_2^-	۱۰	۱۰	–
۱۱	TKN	–	–	–
۱۲	نیکل	۲	۲	۲
۱۳	کبالت	۱	۱	۰/۰۵
۱۴	کروم[۶]	۰/۵	۱	۱
۱۵	آهن	۳	۳	۳
۱۶	روی	۲	۲	۲
۱۷	مس	۱	۱	۰/۲
۱۸	منگنز	۱	۱	۱
۱۹	سرب	۱	۱	۱
۲۰	کادمیم	۰/۱	۰/۱	۰/۰۵
۲۱	لیتیم	۱	۱	۰/۲
۲۲	مولیبدن	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی براساس نتایج حاصله، سیستم لاگون در این تصفیه‌خانه موثر بوده و می‌تواند مقدار غلظت این فاکتورها را به زیر حد استاندارد محیط‌زیست ایران کاهش دهد. با توجه به نتایج به‌دست آمده پیشنهاد می‌شود که بر عملکرد صحیح لاگون‌های هواده کنترل بیش‌تری صورت گرفته و میزان ماند فاضلاب در لاگون‌های هواده‌در فصول سردسال، افزایش یابد. هم‌چنین براساس نتایج CWQI، بهترین کاربری برای پساب تصفیه‌خانه زابل در بحث آبیاری کشاورزی، دام و طیور و هم‌چنین تفریح و تفرج بوده اما پساب تصفیه شده، جهت استفاده در آبزی‌پروری مناسب نیست. هم‌چنین به‌منظور تعیین کیفیت فاضلاب به‌صورت دقیق‌تر توصیه می‌شود کف بررسی ترکیبات لی نیز صورت گیرد.

تشکر و قدردانی

باتوجه‌به این‌که‌بخش‌های آزمایشگاهی این تحقیق در پژوهشکده تالاب هامون دانشگاه زابل انجام شده است، نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند تا از اعضای هیأت علمی این پژوهشکده به‌ویژه جناب آقای دکتر ساحل پاکزاد، تشکر و قدردانی نمایند. هم‌چنین از جناب آقای مهندس مهدی سراوانی، رئیس اداره محیط‌زیست شهرستان زابل و آقای مهندس کیخا مسئول آزمایشگاه تصفیه‌خانه فاضلاب شهرستان زابل به سبب همکاری‌های بی‌شائبه ایشان در انجام طرح، سپاس‌گذاری می‌گردد. نتایج تحقیق حاضر، مربوط به طرح تحقیقاتی درون دانشگاهی با شماره ۵/۱۰۵۵۴ پ می‌باشد.

منابع

۱. **ابوالحسنی، م.ه.؛ حسینی، س.ع.؛ قربانی، ر. و وینسه، ا.، ۱۳۹۵.** حذف فسفات و نیترات از پساب شهری به‌وسیله کشت جلبکی *Scendesmous obliquus* و تولید زیست‌توده جلبکی. مجله بوم‌شناسی آبزیان. دوره ۵، شماره ۴، صفحات ۳۳ تا ۳۹.

۲. **ابوالحسنی‌زرجوع، ا.؛ خسروی، ح. و سلطانی‌گردفرامرزی، ح.، ۱۳۹۴.** ارزیابی اثرات فاضلاب تصفیه شده شهری بر تغییرات اسیدیته در خاک مناطق خشک مطالعه موردی: تصفیه‌خانه شهر یزد. دومین همایش یافته‌های نوین در محیط‌زیست و اکوسیستم‌های کشاورزی. صفحات ۱ تا ۸.

۳. **اسماعیلی‌ساری، ع.، ۱۳۸۱.** آلاینده‌ها، بهداشت و استاندارد در محیط‌زیست. انتشارات نقش مهر. صفحات ۵۰ تا ۷۵.

۴. **ترکاشوند، و.؛ محمدی‌روزبهانی، م. و بابایی‌نژاد، ت.، ۱۳۹۷.** بررسی تجمع بیولوژیکی فلزات‌سنگین سرب، نیکل، کروم، کادمیم در برگ گونه‌های درختی برهان و اکالیپتوس (مطالعه موردی: شرکت گروه ملی صنعتی فولاد ایران)، مجله دانشکده علوم پزشکی نیشابور. دوره ۱، شماره ۴، صفحات ۳۳ تا ۴۳.

۵. **جاهد، ب.؛ ناصری، س.؛ خلیلی‌ناجی، ف.؛ خطیبی، م.ش.؛ بقاپور، م.ع. و شاهسونی، ا.، ۱۳۹۲.** ارزیابی کیفیت پساب تصفیه‌خانه شهر شیراز جهت استفاده مجدد آبیاری کشاورزی با

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.130405

استفاده از مدل CWQI. شانزدهمین همایش ملی بهداشت محیط. صفحات ۱ تا ۱۳.

۶. **جلیل‌زاده، ع.؛ پرورش، ع.؛ اشرفی، س.د. و عسگری، ق.، ۱۳۸۴.** بررسی میزان فلزات سنگین پساب تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب اصفهان مقایسه آن با استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران و استاندارد BPT سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا (US-EPA). هشتمین همایش ملی بهداشت محیط. صفحات ۱ تا ۹.

۷. **جوان‌سیامردی، ص.؛ رضایی‌کهخا، م.؛ صفایی‌مقدم، ع. و نوری، ر.، ۱۳۹۳.** بررسی غلظت فلزات‌سنگین (آهن، نیکل، مس، روی و سرب) در خاک کشاورزی بخش مرکزی سیستان. نشریه مهندسی بهداشت محیط. دوره ۲، شماره ۱، صفحات ۴۷ تا ۵۳.

۸. **خادم‌پور، ف. و شهیدی، ع.، ۱۳۹۶.** ارزیابی کیفی آب‌های سطحی با استفاده از روش CWQI و نرم‌افزار Aquachem (مطالعه موردی: رودخانه قاین در خراسان جنوبی). فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط. دوره ۳، شماره ۳، صفحات ۱۷۹ تا ۱۸۶.

۹. **حسینی، م.ح.؛ خدادادی، م. و دری، ح.، ۱۳۹۲.** بررسی غلظت فلزات‌سنگین در پساب و لجن کارخانه کاشی‌سازی شهر بیرجند در سال ۱۳۸۹. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند. دوره ۲۰، شماره ۱، صفحات ۸۵ تا ۹۳.

۱۰. **رفعت‌متولی، ف.؛ دانش، ش. و رجبی‌مشهدی، ح.، ۱۳۹۱.** بررسی امکان کاربری مدل شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی کیفیت پساب خروجی تصفیه خانه‌های فاضلاب نیمه مکانیکال. همایش ملی سنجش و مدل‌سازی محیط. صفحات ۱ تا ۱۵.

۱۱. **رودباری، ع.؛ جاوید، ا. و نمی‌مقصد، ن.، ۱۳۹۶.** ارزیابی کیفیت پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اکباتان جهت استفاده مجدد در آبیاری کشاورزی با استفاده از مدل CWQI. مجله دانش و تندرستی. دوره ۱۲، شماره ۳، صفحات ۲۵ تا ۳۴.

۱۲. **صابری، م.؛ عبدی، ر.؛ مروتی، ح.؛ رونق، م.ت. و دهقانی، ر.، ۱۳۹۳.** مطالعه ضایعات ایجاد شده در بافت آبشش ماهی گاریز (*Liza klunzingeri*) تحت تأثیر آلودگی‌های صنعتی و فاضلاب شهری در سواحل غربی بندرعباس. فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۶، شماره ۳، صفحات ۲۲۵ تا ۲۳۱.

۱۳. **عباسپور، م.، ۱۳۷۷.** مهندسی محیط زیست. انتشارات دانشگاه آزد اسلامی واحد تهران. چاپ اول. صفحات ۱۲۲ تا ۱۲۴.

۱۴. **کهخامهقدم، س. و بانژاد، ح.، ۱۳۹۸.** بررسی کیفیت پساب خروجی تصفیه خانه فاضلاب شهری زابل جهت کاربرد در اراضی زراعی. چهارمین همایش بین‌المللی افق‌های نوین در علوم کشاورزی، منابع‌طبیعی و محیط‌زیست. صفحات ۱ تا ۸.

۱۵. **گلاوی، م.؛ بذرافشان، ا. و کردمصطفی‌پور، ف.، ۱۳۸۹.** امکان سنجی استفاده مجدد پساب تصفیه‌خانه فاضلاب دانشگاه سیستان و بلوچستان در فضای سبز و کشاورزی. همایش ملی سلامت، محیط زیست و توسعه پایدار. صفحات ۱ تا ۱۰.

۱۶. **ملایی‌توانی، س.؛ دهقانی‌فرد، ع.؛ تهرانی، ب. و ابراهیمی، ا.، ۱۳۹۵.** بررسی عملکرد تصفیه‌خانه فاضلاب بیمارستانی شهدای بهشهر در سال ۱۳۹۳-۱۳۹۴. مجله مهندسی بهداشت محیط. دوره ۴، شماره ۲، صفحات ۱۶۱ تا ۱۷۳.

۱۷. **مهرآوران، ب.؛ انصاری، ج.؛ بهشتی، ع.ا. و اسماعیلی، ک.، ۱۳۹۴.** بررسی امکان استفاده از پساب تصفیه شده در آبیاری با توجه به اثرات زیست‌محیطی آن (مطالعه موردی پساب خروجی تصفیه‌خانه پرکندآباد مشهد). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. دوره ۳، شماره ۹، صفحات ۴۴۰ تا ۴۴۷.

۱۸. **موسوی، س.ع.؛ نوری‌امام‌زاده‌ای، س.م. و بروجنی، ح.ص.، ۱۳۹۲.** چالش‌های کاربرد آب نامتعارف در کشاورزی. اولین همایش چالش‌های منابع آب و کشاورزی. صفحات ۱ تا ۸.

۱۹. **نادری‌راد، ن.؛ رضایی‌توابع، ک. و برقعی، س.م.، ۱۳۹۷.** بررسی امکان پرورش دو گونه ماهی کپور معمولی و کپور نقره‌ای در فاضلاب شهری تصفیه شده و اثر حضور این دو گونه آبزی بر پارامترهای کیفی فاضلاب (مطالعه موردی: تصفیه خانه فاضلاب مهدی شهر). فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۱۰، شماره ۲، صفحات ۱۸۳ تا ۱۸۸.

۲۰. **ناصری، س.؛ صادقی، ط.؛ واعظی، ف. و ندافی، ک.، ۱۳۹۱.** بررسی کیفیت پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اردبیل به‌منظور استفاده مجدد در کشاورزی. مجله بهداشت و سلامت. دوره ۲، شماره ۳، صفحات ۷۳ تا ۸۰.

۲۱. **نورمرادی، ح.؛ کریمی، ح.؛ حسینی، ا.؛ باقی، ا. و فرخی‌مقدم، ۱۳۹۳.** ارزیابی عملکرد تصفیه خانه فاضلاب شهر ایلام در حذف کل کلی فرم، کلی فرم مدفوعی و سایر عوامل موثر بر کیفیت آب. مجله علمی‌پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ایلام. دوره ۲۲، شماره ۱، صفحات ۷۷ تا ۸۳.

22. **APHA. 1998.** Standard method for examination of water and wastewater. American Public Health Association.

23. **Hospido, A.; Moreira, M.T. and Feijoo, G., 2008.** A comparison of municipal wastewater treatment plants for big centres of population in Galicia (Spain). The International Journal of Life Cycle Assessment, Vol. 13, No. 1, pp: 57-64.

24. **Jaishankar, M.; Tseten, T.; Anbalagan, N.; Mathew, B. and Beeregowda, K.N., 2014.** Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. Interdisciplinary Toxicology. Vol. 7, No. 2, pp: 60-72.

25. **Khalid, S.; Shahid, M.; Irshad Bibi, N.; Sarwar, N.; Shah, A.H. and Niazi, N.K., 2018.** I A Review of Environmental Contamination and Health Risk Assessment ofWastewater Use for Crop Irrigation with a Focus on Low and High Income Countries. International Journal of Environmental Research and Public Health. Vol. 15, pp: 895-929.

26. **Kausar, S.; Faizan, S. and Haneef, I., 2017.** Effect of wastewater irrigation on heavy metal accumulation, growth and yield of vegetables. International Journal of Plant and Environment. Vol. 3, No. 1, pp: 65-76.

27. **Øygard, J.K.; Måge, A. and Gjengedal, E., 2004.** Estimation of the mass-balance of selected metals in four sanitary landfills in Western Norway, with emphasis on the

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.130405

heavy metal content of the deposited waste and the leachate. Water Research. Vol. 33, No. 12, pp: 2851-2858.

28. **Salehi argmand, H.; mahdian, M.H.; Kargari, A. and Mahdie, M., 2002.** Feasibility Study on Reuse of Arak Wastewater Treatment Plant Effluent. Journal of water and environment. No. 65, pp: 39-46. (Full text in Persian)

29. **Srivastava, V.; Sarkar, A.; Singh, S.; Singh, P.; Araujo, A.S.F. and Singh, R.S., 2017.** Agroecological Responses of Heavy Metal Pollution with Special Emphasis on Soil Health and Plant Performances. Frontiers Environmental Sciences. Vol. 5, pp: 64.

30. **WHO. 2006.** Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Grey Water Wastewater use in Agriculture.

31. **Zaibel, I.; Appelbaum, Y.; Arnon, S.; Britzi, M.; Schwartsburd, F.; Snyder, S. and Zilberg, D., 2019.** The effects of tertiary treated wastewater on fish growth and health: laboratory scale experiment with *Poecilia reticulata* (guppy). Plos-One, US National Library of Medicine Institute of Health. Vol. 14, No. 6, pp: 1-25.

32. **Zhang, F.; Wang, B.; He, S. and Man, R., 2014.** Preparation of graphene-oxide/polyamidoamine dendrimers and their adsorption properties toward some heavy metal ions. Journal of Chemical and Engineering Data. Vol. 59, No. 5, pp:1719-1726.

33. **Zopounidis, C.; Kalogeras, N.; Mattas, K.; Dijk, G. and Baoutaki, G., 2014.** Agricultural cooperative management and policy, New robust, reliable and coherent modeling tools, Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London. pp: 23-41.

(DOI): 10.22034/AEJ.2020.130405

Scientific Research Journal of Animal Environment Vol. 12, No. 4, Winter 2020

Evaluation of Urban Wastewater with CWQI Model for agriculture and aquaculture reuse (case study in Zabol, Sistan and Baloochestan, Iran)

- **Fatemeh Einollahi peer*:** Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran
- **Mostafa Ghaffari:** Department of Fisheries, Faculty of Marine Sciences, Chabahar Maritime University, Chabahar, Iran
- **Reza Dahmardeh Behrooz:** Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran

Received: September 2020 Accepted: December 2020

Key words: Wastewater, CWQI Model, Refinery, Zabol, Wastewater

Abstract

The aim of the study was to evaluate the quality of wastewater treatment plant of Zabol in Sistan and Balouchestan province according to related standards. Also, the possibility of agricultural and fisheries usage was investigated with CWQI model. A total 10 physicochemical parameters including pH, EC, COD, BOD5, TSS, TDS, TKN, NO^{2-}, NO^{3-}, $PO4^{3-}$ and some heavy metals concentration were measured in effluent and influent of wastewater of treatment plant in middle of June, August and November of 2019. In order to achieve better wastewater application, the results were entered into CWQI (Canadian water quality index) calculator model. Due to effects of accumulation of heavy metals, this determined in agricultural areas that irrigated with treated and untreated wastewater flows. The data shows the wastewater effluent physicochemical parameters were appropriate for irrigation, except BOD_5, COD and $PO4^{-3}$ according to available standards. The heavy metals concentrations were within the range of available standards. The organic matters pattern was obtained in $NO_2^-< NO_3^-<PO_4^{-3}$. Conclusions the CWQI results showed that the quality of Zabol wastewater effluent is suitable for irrigation (71), livestock (85) and recreational (100) usage, but not suitable for fisheries (14) and drinking (45).

* Corresponding Author's email: fatemeheinollahi@uoz.ac.ir