

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی روش تصفیه لجن فعال هوادهی گسترده در کاهش آلودگی فاضلاب (مطالعه موردی: تصفیه‌خانه فاضلاب تربت حیدریه)

نوید غلام‌پور^۱، پویا محمدی^۲، فرشته مدرسی^۳، حسین بانژاد^{۴*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۷

چکیده

یکی از معضلات اساسی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران که بخش گسترده‌ای از کشور را تشکیل می‌دهند، کمبود آب است. با توجه به اهمیت کشاورزی در شرق کشور از جمله استان خراسان رضوی، برای رفع کمبود آب و تأمین آب مورد نیاز کشاورزی از فاضلاب تصفیه‌شده شهری استفاده می‌شود. به منظور تصفیه فاضلاب از دو روش اصلی لجن فعال متعارف (CAS) و هوادهی گسترده (EAAS) استفاده می‌شود. هدف پژوهش حاضر، بررسی کارایی روش تصفیه لجن فعال هوادهی گسترده به صورت ماهانه با توجه به تغییرات متغیرهای اقلیمی دما و بارش است. بدین منظور از داده‌های روزانه ورودی و خروجی به سیستم تصفیه‌خانه فاضلاب شهر تربت حیدریه در بازه یک‌ساله (سال ۱۴۰۰) بر اساس پارامترهای Q، BOD5، COD، TSS و pH که پارامترهای اصلی و تعیین کننده در قابلیت باز مصرفی پساب تصفیه شده می‌باشند، استفاده شده است. یافته‌های پژوهش نشان داد که راندمان حذف پارامترهای BOD5، COD، TSS در این تصفیه‌خانه به ترتیب ۸۹٫۵، ۸۷٫۲ و ۸۹٫۰ درصد بوده و میانگین غلظت پارامترهای مذکور در پساب خروجی، به ترتیب ۲۸٫۷، ۵۶٫۰ و ۲۹٫۷ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. لازم به ذکر است میانگین اسیدی یا قلیایی بودن پساب، مقدار ۷٫۷ در تصفیه‌خانه بوده است. همچنین نتایج نشان داد که تغییرات مقدار بارش تأثیر قابل توجهی بر تغییرات مقدار غلظت فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه نداشته است. در مقابل، تأثیر تغییر دما بر غلظت آلاینده‌ها کاملاً محسوس است به طوری که در ماه‌های سرد سال (فصل زمستان) پارامتر دما بر روی هوادهی و فعالیت باکتری‌های اثرگذار بوده و باعث کاهش کارکرد تصفیه‌خانه و افزایش غلظت پارامترها در پساب تصفیه شده خروجی شده است. ارزیابی غلظت پارامترها در پساب خروجی نیز نشان داد که روش تصفیه فاضلاب در این تصفیه‌خانه بر اساس استانداردهای محیط زیست ایران، برای استفاده مجدد در کشاورزی و آبیاری مطلوب می‌باشد، اما برای تخلیه به آبهای سطحی، این روش تصفیه نامناسب و نیاز به فرآیندهای بیشتر و دقیقتر در این تصفیه‌خانه با توجه به شرایط اقلیمی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: باز مصرفی فاضلاب، تصفیه فاضلاب، خراسان رضوی، کشاورزی، EAAS

مقدمه

کمبود آب یکی از مهم‌ترین مشکلات مناطق خشک و

نیمه‌خشک به شمار می‌آید. با توجه به وجود حجم بالای فاضلاب حاصل از شهرنشینی و فعالیت‌های صنعتی، به‌کارگیری فاضلاب تصفیه شده یک راهکار ارزشمند برای رفع کمبود آب، جهت آبیاری گیاهان در کشاورزی شهری و حومه شهری می‌باشد (Marshall et al., 2007). گسترش صنعتی شدن و شهرنشینی، آلودگی آب را بیشتر کرده و خطر مصرف این آب آلوده و مشکل بهداشتی آن در اکثر کشورهای در حال توسعه روز به روز در حال افزایش است. از این رو، تصفیه صحیح و مناسب فاضلاب جهت باز مصرفی آن در کشاورزی و فعالیت‌های زیست‌محیطی بسیار مهم و ضروری می‌باشد.

علی‌رغم پیشرفت‌هایی که در طراحی و بهره‌برداری از زیرساخت‌های فاضلاب شهری در دهه گذشته صورت گرفته است، هنوز مسائل متعددی در رابطه با کیفیت پساب فاضلاب باید مورد توجه

- ۱- دانشجو دکترا آبیاری و زهکشی گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
 - ۲- دانشجو دکترا آبیاری و زهکشی گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
 - ۳- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
 - ۴- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
- * - نویسنده مسئول:
(Email: banejad@um.ac.ir)

محدودیت‌های نظارتی دقیق فعلی ناکافی و هزینه‌بر است. در نتیجه، فناوری‌های جایگزین و مقرون به صرفه، تقاضای زیادی دارند. تکنیک‌های مرسوم برای حذف فلزات سنگین محلول شامل رسوب شیمیایی، جذب کربن، تبادل یونی، تبخیر و فرآیندهای غشایی است (Massoud et al., 2009). استفاده از مواد بیولوژیکی، از جمله میکروارگانیسم‌های زنده و غیرزنده نظیر باکتری‌ها برای حذف و بازیابی فلزات سمی یا گرانبه‌ها از پساب‌های صنعتی، در طول سال‌ها به دلیل افزایش عملکرد، در دسترس بودن و هزینه پایین مواد اولیه، محبوبیت پیدا کرده است (Bunluesin et al., 2007). جلبک‌ها، قارچ‌ها و مخمرها نیز می‌توانند فلزات سنگین را از محیط بیرونی خود به طور مؤثر جمع‌آوری کنند. تمام فرآیندهای تصفیه بیولوژیکی از توانایی میکروارگانیسم‌ها برای استفاده از ترکیبات مختلف فاضلاب جهت تأمین انرژی متابولیسم میکروبی و سنتز سلولی بهره‌مندی می‌برند. این فعالیت متابولیک می‌تواند آلاینده‌هایی که به عنوان مواد اولیه و فرآورده‌های فرعی متفاوت هستند را حذف کند (Rajasulochana and Preethy, 2016).

روش لجن فعال به‌عنوان یک روش بیولوژیکی تصفیه فاضلاب، فرایندی با غلظت بالایی از میکروارگانیسم‌ها است؛ عمدتاً باکتری‌ها و قارچ‌ها که به‌صورت توده‌ای از ذرات ریز وجود دارند، با هم‌زدن به حالت معلق نگه داشته می‌شوند و هدف آن، حذف مواد آلی از فاضلاب است. در سال‌های اخیر، جذب زیستی به‌عنوان یک جایگزین مقرون به‌صرفه و کارآمد برای حذف فلزات سنگین از پساب‌ها معرفی شده است (Miretzky and Cirelli, 2011). در مقایسه با روش‌های مرسوم مانند کاهش شیمیایی، تبادل یونی، رسوب‌گذاری و جداسازی غشایی، فناوری جذب زیستی دارای چندین مزیت است: هزینه عملیاتی کم، راندمان بالا در سم‌زدایی فلزات سنگین (غلظت‌های پایین‌تری دارند)، مقدار کمتر جاذب زیستی مصرف‌شده برای دفع نهایی و عدم استفاده از مواد مغذی موردنیاز آنها است (Todd and Josephson, 1996).

انتخاب یک روش تصفیه خاص در درجه اول به عوامل مختلفی بستگی دارد، به‌عنوان مثال: نوع و غلظت زباله، ناهمگونی پساب، سطح موردنیاز پاک‌سازی و همچنین عوامل اقتصادی است. شرایط یک تصفیه‌خانه مطلوب برای جلوگیری از تخلیه آلاینده‌ها و رعایت استانداردهای لازم مطابق با قانون بسیار حیاتی است. ترکیب پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی از عوامل اصلی مؤثر بر عملیات و کنترل تصفیه‌خانه‌های فاضلاب هستند (Mikosz, 2016). با توجه به ترکیبات و ویژگی‌های مختلف متغیرهای تصفیه‌خانه فاضلاب، عملکرد آن را می‌توان با در نظر گرفتن متغیرهای حساس خاصی مانند نیاز بیولوژیکی اکسیژن (BOD')، کل جامدات معلق

قرار بگیرد (Zhang et al., 2021)؛ و پارامترهای فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی فاضلاب باید از پایش‌های روزانه‌ای باشد که برای برنامه‌ریزی و اطمینان از عملکرد مؤثر مورد بررسی قرار گیرد (Martínez et al., 2020). عملکرد پایدار تأسیسات فاضلاب، مبتنی بر یک عملیات ثابت است که از طریق صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کاهش مصرف و بازیابی منابع، باعث کاهش هزینه‌های عملیاتی و مدیریت انواع مختلف نظارت بر داده‌ها می‌شود (Bagherzadeh et al., 2021).

تصفیه فاضلاب فرایندی است که آلاینده‌ها را از فاضلاب خانگی تصفیه نشده باهدف حفاظت از سلامت عمومی و محیط طبیعی حذف می‌کند (Nourani et al., 2018). امروزه انتخاب روش مناسب تصفیه فاضلاب به دلیل کمبود روزافزون آب آشامیدنی یک چالش مهم به شمار می‌آید (Jagaba et al., 2020). روش‌های تصفیه فاضلاب ابتدا در پاسخ به شرایط نامطلوب ناشی از تخلیه فاضلاب به محیط زیست و نگرانی برای سلامت عمومی ایجاد شد؛ ولی با بزرگ‌تر شدن شهرها، زمین‌های محدودی برای تصفیه و دفع فاضلاب در دسترس بود. از سوی دیگر، با افزایش جمعیت، مقدار فاضلاب تولیدی به‌سرعت افزایش یافت و این حجم عظیم فاضلاب از ظرفیت خود پالایی نهرها و بدنه رودخانه‌ها فراتر رفت؛ از این رو تصفیه فاضلاب از اهمیت بالایی برخوردار شد (Vijayaraghavan et al., 2007).

روش‌های سنتی به‌کاررفته برای تصفیه فاضلاب شامل حذف فلزات با فیلتراسیون، لخته‌سازی، زغال فعال و رزین‌های تبادل یونی است. به‌طور کلی، از حدود دهه ۱۹۰۰ تا اوایل دهه ۱۹۷۰، اهداف تصفیه شامل: حذف مواد معلق و شناور از فاضلاب، تصفیه مواد آلی زیست تخریب‌پذیر و حذف میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا بوده است. در واقع از اوایل دهه ۱۹۷۰ تا حدود ۱۹۹۰، تصفیه فاضلاب بر نگرانی‌های زیبایی شناختی و زیست محیطی متمرکز بوده است (Wang and Chen, 2009).

اقدامات قبلی برای کاهش و حذف BOD ، مواد جامد معلق و میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا در سطوح بزرگ‌تر ادامه یافت، اما حذف مواد مغذی مانند نیتروژن و فسفر نیز به علت ایجاد منابع مغذی برای موجودات ریزمغذی و کاهش اکسیژن آب و به خطر انداختن جانداران آبرزی به طور ویژه در برخی از رودخانه‌ها و دریاچه‌ها مورد توجه قرار گرفت. از این رو، ابتکارات عمده‌ای در سراسر جهان برای دستیابی به تصفیه مؤثرتر و گسترده‌تر فاضلاب برای بهبود کیفیت آب‌های سطحی انجام شد. از سال ۱۹۹۰، به دلیل افزایش دانش علمی و پایگاه‌های اطلاعاتی گسترده، تصفیه فاضلاب با تمرکز بر نگرانی‌های بهداشتی مربوط به مواد شیمیایی سمی و بالقوه سمی منتشر شده در محیط، انجام و روش‌های مختلفی برای آن ارائه شده است. روش‌های مرسوم برای حذف فلزات برای برآورده کردن

است و نتایج ممکن است باتوجهبه تجربه آنها متفاوت باشد (Wang et al., 2022).

مطالعات زیادی در زمینه ارزیابی عملکرد تصفیه‌خانه‌های فاضلاب انجام شده است و در همگی آنها کارایی تصفیه‌خانه بر اساس میزان تصفیه سه پارامتر COD، BOD₅ و TSS ارزیابی شده است؛ نظیر ارزیابی کارایی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک اکباتان (میران‌زاده و بابامیر، ۱۳۸۲)، تصفیه‌خانه شهر بوکان (حسینی و رحیم‌زاده، ۱۳۸۶)، تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک صنعتی آق‌قلای گلستان (زوزلی و همکاران، ۱۳۸۹) و تصفیه‌خانه فاضلاب شهر زنجان (باقری اردبیلیان و همکاران، ۱۳۸۹).

همچنین، کارایی فرایند لجن فعال در تصفیه فاضلاب با استفاده از سه پارامتر فوق توسط شریعتمداری و آقائی برای ارزیابی تصفیه فاضلاب شهر خلخال مورداستفاده قرار گرفت؛ نتایج این بررسی نشان از راندمان حذف ۹۱،۲ درصد برای COD، ۹۲،۴ درصد برای BOD₅ و ۸۲،۷ درصد برای TSS در این تصفیه‌خانه بوده است (شریعتمداری و آقائی، ۱۳۹۵).

شکوهی و همکاران نیز به مطالعه مقایسه کارایی سیستم‌های هوادهی گسترده (EAAS) و نیزار مصنوعی در حذف مواد آلی از فاضلاب شهری پرداختند، نتایج این پژوهش نشان داد که راندمان سیستم هوادهی گسترده در صورت راهبری و استفاده مطلوب از تجهیزات، در حذف تمامی پارامترها در تمام بازه مورد بررسی، بیشتر از سیستم نیزار مصنوعی است (شکوهی و همکاران، ۱۳۹۶).

عملکرد سیستم لجن فعال هوادهی گسترده (EAAS) نیز توسط نیک‌منش و همکاران (Nikmanesh et al., 2018) و یزدان‌بخش و همکاران (یزدان‌بخش و همکاران، ۱۳۹۸) به ترتیب برای ارزیابی تصفیه‌خانه فاضلاب نوشهر و مهدی‌شهر سمنان مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج آنها نشان داد که کارایی روش لجن فعال در تصفیه‌خانه فاضلاب از نظر پارامترهای BOD₅ و COD در مهدی‌شهر به ترتیب با راندمان حذف ۸۷،۲۵ و ۸۷،۲۹ درصد کارآمدتر از نوشهر با راندمان حذف ۵۷،۷ و ۶۱،۴ درصد بوده است.

همچنین، حاتمی و همکاران به مطالعه امکان‌سنجی پساب خروجی فرایند هوادهی گسترده تصفیه‌خانه شهر بجنورد جهت مصارف کشاورزی و آبیاری پرداختند. نتایج آنها نشان داد که میانگین غلظت باقیمانده BOD، COD و TSS در پساب خروجی به ترتیب برابر ۲۷، ۶۱ و ۲۶ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. بر همین اساس پیشنهاد نمودند که پساب خروجی برای کاربرد در کشاورزی مفید است ولی برای تخلیه به آب‌های سطحی نامناسب می‌باشد (حاتمی و همکاران، ۱۳۹۷).

باتوجهبه تمامی مطالعات صورت‌گرفته در بحث عملکرد روش لجن فعال هوادهی گسترده، نتایج نشان داده است که عملکرد و راندمان این نوع از تصفیه‌خانه‌ها در هر منطقه مطالعاتی باتوجهبه

(TSS^۱) و تقاضا اکسیژن شیمیایی (COD^۲) ارزیابی کرد (Tumer and Edeballi, 2015).

کیفیت فاضلاب تصفیه نشده و تصفیه شده تأثیر بسزایی در عملکرد و کارایی هر تصفیه‌خانه فاضلاب دارد. بااین‌حال، عملکرد تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به تعداد زیادی پارامتر و عملیات بستگی دارد که از نظر اندازه‌گیری و ارزیابی پیچیده هستند (Abba and Elkiran, 2017). روش انتخابی برای استفاده در سیستم تصفیه معمولاً به خصوصیات فاضلاب بستگی دارد. هر تصفیه‌نه‌تنها از نظر هزینه بلکه در رابطه با امکان‌سنجی، کارایی، عملی‌بودن، قابلیت اطمینان، اثرات زیست‌محیطی، تولید لجن، دشواری عملیات، الزامات پیش تصفیه و تشکیل پسماندهای شیمیایی، محدودیت‌های خاص خود را دارد (Ayob et al., 2021).

فرایندهای مختلف تصفیه بیولوژیکی برای کاهش مواد آلاینده موجود در فاضلاب وجود دارد که هر کدام از آنها دارای مزایا و معایب خاص خود می‌باشند؛ اما در میان فرایندهای مختلف تصفیه، فرایند لجن فعال با وجود نیاز به تجهیزات مکانیکی، الکتریکی و صرف انرژی، یکی از بهترین و کارآمدترین فرایندها در تصفیه فاضلاب‌های شهری به شمار می‌رود (باقری و همکاران، ۱۳۸۹). در بین سیستم‌های لجن فعال، بیشترین میزان حذف اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی (BOD) با راندمان ۹۰ - ۹۸ درصد مربوط به فرایند هوادهی گسترده (EAAS^۳) می‌باشد که به طور وسیع جهت تصفیه فاضلاب جوامع کوچک مورداستفاده قرار می‌گیرد (Mousavian et al., 2016). در این فرایند، رژیم جریان هیدرولیکی آن از نوع اختلاط کامل و حجم لجن تولیدی در این فرایند در مقایسه با سایر فرایندهای لجن فعال کمتر است. علاوه بر این، لجن به‌دست‌آمده از این روش پایدار بوده و به‌خوبی آبیگری و خشک می‌شود. زمان ماند هیدرولیکی بالای آن (حدود ۱۸ - ۳۶ ساعت)، تحمل این فرایند را نسبت به شوک‌های ناشی از افزایش بار آلی، بیشتر کرده و عمل یکنواخت‌سازی به‌خوبی انجام می‌شود (پیرصاحب و همکاران، ۱۳۹۶).

در حال حاضر، اکثر تصفیه‌خانه‌های فاضلاب به‌صورت دستی و با تکیه فراوان بر دانش و تجربه حرفه‌ای کارکنان فنی، ارزیابی می‌شوند که به دلیل ضریب خطای بالای ناشی از عوامل انسانی، به‌ویژه با افزایش استانداردهای سخت‌گیرانه تخلیه فاضلاب، کارایی کمتری پیدا کرده است. تجربه و دانش عملیاتی برای هر شهر باتوجهبه ویژگی فاضلاب، نوع تصفیه و کارایی تجهیزات متفاوت است. اپراتورهای انسانی چندین متغیر را مشاهده می‌کنند و مرتبط‌ترین آنها را بر اساس تجربیات عملیاتی خود برای تأیید نتایج اعمال می‌کنند. این وضعیت برای رسیدن به یک نتیجه خاص زمان‌بر

- 1- Total suspended solids
- 2- Chemical Oxygen Demand
- 3- Extended Aeration Activated Sludge

در این بازه زمانی، به منظور آنالیز و بررسی عملکرد تصفیه خانه فاضلاب شهر تربت حیدریه، از پارامترهای دبی فاضلاب (Q)، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD_5)، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)، کل جامدات معلق (TSS) و میزان اسیدی و قلیایی فاضلاب (pH) حاصل از نمونه برداری های روزانه استفاده شده است. مقادیر این پارامترها بر اساس آزمایش های انجام شده طبق روش های ارائه شده در استانداردها برای آزمایش آب و فاضلاب در آزمایشگاه تصفیه خانه فاضلاب شهر تربت حیدریه و بخشی در آزمایشگاه شرکت آب و فاضلاب خراسان رضوی انجام شده است. همچنین برای بررسی اثر دما و میزان بارش در منطقه تربت حیدریه بر میزان فاضلاب ورودی و راندمان تصفیه خانه از داده های دمای متوسط ماهانه و مجموع بارش ماهانه ثبت شده در ایستگاه هواشناسی سینوپتیک تربت حیدریه و دریافت شده از سازمان هواشناسی خراسان رضوی، استفاده شده است.

تصفیه فاضلاب به روش هوادهی گسترده

تصفیه فاضلاب با هوادهی گسترده (EAAS) یکی از روش های تصفیه بهداشتی فاضلاب است و بر اساس کمترین بار در حوضه فاضلاب می باشد. در این روش، ابتدا زباله را از پساب وارد حوضچه هوادهی می کنند و سپس فرایند ته نشینی آغاز می شود که بخشی از لجن برگشتی به حوضچه هوادهی است و پساب از بالای حوضچه ته نشینی، به سمت مخزن کلر هدایت می شود. این میزان بارگذاری باعث می شود که باکتری ها در اکسیژن بیشتر و در مواد غذایی به نسبت کمتری وجود داشته باشند و در نتیجه از مواد آلی موجود در فاضلاب، به طور کامل استفاده کنند. در این نوع سیستم فیلتراسیون، غلظت جامدات مایع مخلوط ($MLSS^1$) در حوضچه هوادهی بیشتر از غلظت معمولی است. با توجه به این توضیحات، واحدهای تصفیه خانه فاضلاب، شامل ایستگاه پمپاژ ورودی، تصفیه اولیه (غریبال، حذف شن)، یکسان سازی، لجن فعال با هوادهی طولانی، زلال کننده ثانویه، کلرزنی، هضم هوازی، تسمه فیلتر است (Jafarinejad, 2017).

از مزایای این روش می توان به ایجاد خروجی فاضلاب تصفیه شده مطابق با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA^2)، ابعاد کوچک تصفیه خانه، نوابری و نگهداری ساده، غلظت لجن کم و کمترین بوی بد در جهت کارایی صحیح استفاده از تجهیزات اشاره کرد. از این روش در تصفیه فاضلاب مجتمع های مسکونی و اداری، تصفیه فاضلاب بیمارستان ها و درمانگاه ها، تصفیه فاضلاب کارخانجات و صنایع، تصفیه فاضلاب مراکز نظامی و پایانه ها و فرودگاه ها، تصفیه فاضلاب هتل ها و مراکز اسکان مجدد استفاده می گردد.

عوامل اقلیمی نظیر دما، بارندگی و نیز سیستم جمع آوری فاضلاب منطقه متفاوت بوده است و نیاز به بررسی دقیق هر مرحله از تصفیه در این روش در هر منطقه است؛ از این رو، در مطالعه حاضر به بررسی عملکرد روش تصفیه هوادهی گسترده (EAAS) در تصفیه خانه فاضلاب شهر تربت حیدریه که تنها تصفیه خانه به این روش که زیر نظر وزارت نیرو در استان خراسان رضوی است، با در نظر گیری تغییرات ماهانه عوامل اثرگذار اقلیمی پرداخته شده است.

مواد و روش ها

معرفی منطقه مطالعاتی

تربت حیدریه یکی از شهرهای استان خراسان رضوی، با مساحت حدودی برابر با ۲۴۰۰۰ کیلومتر مربع و در طول جغرافیای ۵۹ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۴۵۰ متر از سطح دریا واقع شده است که دارای آب و هوای گرم و خشک می باشد. بر اساس آخرین سرشماری ملی در سال ۱۳۹۵، جمعیت ساکن در شهر تربت حیدریه ۱۴۰۰۱۹ نفر بوده است. ایستگاه هواشناسی سینوپتیک تربت حیدریه با ارتفاع ۱۴۵۱ متر از سطح دریا و در جنوب شرقی شهر تربت حیدریه واقع شده است. و مختصات جغرافیایی آن در ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. این ایستگاه از سال ۱۳۳۸ به بهره برداری رسیده است ولی داده هایی که از آن به ثبت رسیده شده است از سال ۱۳۷۵ به بعد بوده است.

در سال های اخیر عملیات احداث شبکه جمع آوری و تصفیه خانه فاضلاب برای بخش وسیعی از شهر شروع شده است، و در حال حاضر فقط فاضلاب ۲۲۵۸۰ انشعاب به تصفیه خانه انتقال داده می شود. موقعیت مکانی تصفیه خانه به گونه ای است که فاضلاب به طور ثقلی وارد آن می گردد. محل تصفیه خانه فاضلاب تربت حیدریه در فاصله ۵٫۳ کیلومتری جنوب شهر تربت حیدریه به طرف روستای بوری آباد و در حاشیه غربی رودخانه شصت دره، در شمال پل جاده کمربندی شهر تربت حیدریه جانمایی شده است. تصفیه خانه فاضلاب تربت حیدریه با ظرفیت تصفیه فاضلاب ورودی ۳۰۰ لیتر بر ثانیه (۲۵۹۲۰ مترمکعب بر روز) برای جمعیت تحت پوشش ۲۰۰۰۰۰ نفر به روش تصفیه هوادهی گسترده (EAAS) طراحی و احداث شده است. این تصفیه خانه، توان تصفیه ۹٫۵ میلیون مترمکعب فاضلاب و تولید آب زلال و بهداشتی در سال را دارا می باشد.

مطالعه صورت گرفته به صورت ماهانه در یک بازه یک ساله از ابتدای فروردین ماه لغایت پایان اسفندماه سال ۱۴۰۰ بر روی تصفیه خانه فاضلاب شهر تربت حیدریه انجام شده است. تصفیه خانه تربت حیدریه تنها تصفیه خانه در استان خراسان رضوی است که تصفیه فاضلاب را با روش هوادهی گسترده (EAAS) انجام می دهد.

1- Mixed liquor suspended solids

2- Environmental Protection Agency

مراحل تصفیه فاضلاب

به این شرح می‌باشد: آشغال گیر، دانه گیر با هوادهی، واحد اندازه‌گیری جریان، تصفیه بیولوژیکی به روش لجن فعال، ته‌نشینی نهائی، واحد ضد عفونی و لاگون لجن.

تصفیه فاضلاب در سه مرحله انجام می‌گردد: در مرحله اول تصفیه فیزیکی، در مرحله دوم تصفیه بیولوژیکی و در مرحله سوم گندزدایی پساب تصفیه شده است. پساب تصفیه شده، پس از مراحل سه‌گانه ذکر شده، تبدیل به آب زلال و قابل استفاده کشاورزی، باغداری و صنعتی (کارخانه تولید فولاد) می‌شود.

مراحل تصفیه فاضلاب در تصفیه‌خانه تربت‌حیدریه به شرح زیر اجرا شده است:

الف) تصفیه مقدماتی: در ابتدای تصفیه‌خانه، یک واحد آشغال‌گیر مکانیکی دهانه ریز، به منظور حذف مواد شناور درشت و حوض دانه‌گیر به منظور حذف دانه، ماسه و مواد روغنی اجرا شده است.

ب) تصفیه ثانویه: در این مرحله مواد آلی کلئیدی و محلول حذف می‌شوند. بدین منظور فرایند بیولوژیکی، به روش رشد معلق مورد استفاده قرار گرفته است و نوع فرایند لجن فعال به روش هوادهی گسترده است.

واحدهای تصفیه‌خانه فاضلاب شهر تربت‌حیدریه به طور مختصر

یافته‌ها و بحث

میانگین ماهانه و سالانه دبی و کیفیت فاضلاب ورودی و پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب شهر تربت‌حیدریه در طی مدت یک سال نمونه‌برداری در جدول (۱) ارائه شده است.

بر اساس نتایج ارائه شده در این جدول، میانگین دبی سالانه ورودی فاضلاب ۱۴۶۰۴ مترمکعب بر روز و غلظت کل پارامترهای BOD_5 ، COD و TSS در فاضلاب ورودی به ترتیب ۲۷۴،۷، ۴۳۸،۴ و ۲۷۴،۱ میلی‌گرم بر لیتر و همچنین مقدار اسیدی بودن فاضلاب ۷،۶۴ می‌باشد. همچنین میانگین دبی سالانه خروجی فاضلاب ۱۴۴۰۱ مترمکعب بر روز و غلظت کل پارامترهای BOD_5 ، COD و TSS در پساب خروجی به ترتیب ۲۸،۷، ۵۶،۰ و ۲۹،۷ میلی‌گرم بر لیتر و همچنین مقدار اسیدی بودن پساب مقدار ۷،۶۷ است.

جدول ۱- مقادیر ماهانه پارامترهای مورد ارزیابی در فاضلاب ورودی و پساب خروجی

سال	پارامتر	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	میانگین
مقدار ورودی ۱۴۰۰	$Q(m^3/d)$	۱۴۰۸۷	۱۳۶۰۵	۱۴۲۷۵	۱۴۸۸۵	۱۴۷۷۱	۱۵۱۳۳	۱۵۱۹۴	۱۵۰۷۶	۱۴۸۴۰	۱۴۸۵۹	۱۴۷۶۴	۱۳۷۶۱	۱۴۶۰۴
	$BOD_5 (mg/L)$	۲۴۴،۰	۳۰۸،۰	۲۵۹،۵	۲۶۳،۳	۳۱۹،۵	۲۷۰،۸	۲۵۹،۰	۲۵۲،۵	۳۰۵،۳	۲۳۷،۸	۳۱۴،۳	۲۵۳،۰	۲۷۴،۷
	$COD (mg/L)$	۴۲۷،۴	۴۴۱،۶	۴۴۹،۱	۴۳۵،۸	۴۲۹،۸	۴۴۱،۳	۴۰۴،۷	۴۲۴،۵	۴۵۰،۰	۴۴۳،۰	۴۵۷،۰	۴۵۶،۷	۴۳۸،۴
	TSS (mg/L)	۲۲۰،۰	۲۷۲،۳	۲۸۱،۸	۲۷۵،۴	۲۸۳،۳	۳۱۰،۰	۲۵۸،۶	۲۶۰،۰	۲۹۳،۵	۲۸۰،۸	۲۷۷،۰	۲۷۶،۷	۲۷۴،۱
	PH	۷،۸۱	۷،۷۲	۷،۸۳	۷،۶۵	۷،۵۹	۷،۴۱	۷،۶۷	۷،۶۹	۷،۶۲	۷،۵۲	۷،۶۱	۷،۵۶	۷،۶۴
مقدار خروجی ۱۴۰۰	$Q(m^3/d)$	۱۳۸۹۴	۱۳۵۴۶	۱۴۱۱۳	۱۴۶۶۴	۱۴۵۴۹	۱۴۸۳۹	۱۴۷۴۵	۱۴۵۵۹	۱۴۸۲۱	۱۴۶۴۱	۱۴۷۳۶	۱۳۷۰۶	۱۴۴۰۱
	$BOD_5 (mg/L)$	۶۵،۶	۵۴،۵	۱۲،۷	۱۳،۷	۲۲،۳	۲۵،۱	۲۲،۱	۲۳،۶	۳۰،۲	۲۴،۹	۲۳،۷	۲۵،۵	۲۸،۷
	$COD (mg/L)$	۹۰،۸	۶۴،۱	۳۶،۸	۳۵،۶	۵۰،۰	۴۹،۶	۴۲،۲	۵۲،۴	۷۶،۵	۵۹،۸	۴۵،۲	۶۸،۸	۵۶،۰
	TSS (mg/L)	۴۸،۲	۴۱،۶	۱۷،۳	۱۹،۴	۲۴،۶	۲۵،۹	۲۰،۸	۲۷،۶	۳۶،۳	۳۲،۷	۲۷،۱	۳۵،۰	۲۹،۷
	PH	۷،۷۸	۷،۶۱	۷،۸۶	۷،۷۹	۷،۸۴	۷،۶۰	۷،۷۲	۷،۷۴	۷،۷۰	۷،۵۰	۷،۵۱	۷،۴۳	۷،۶۷

جدول ۲- مقادیر متغیرهای اقلیمی مورد ارزیابی در ایستگاه هواشناسی سینوپتیک شهر تربت‌حیدریه به تفکیک ماه

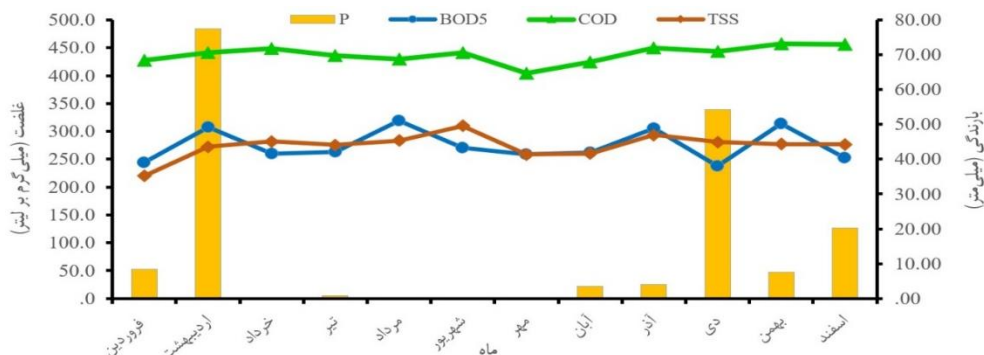
سال	متغیر	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	سالانه
۱۴۰۰	P (mm)	۸،۳۸	۷۷،۴۶	۰،۰۰	۰،۷۶	۰،۰۰	۰،۰۰	۰،۰۰	۳،۵۶	۴،۰۶	۵۴،۳۵	۷،۶۲	۲۰،۳۲	۱۷۶،۵۱
	$T_{mean} (C^{\circ})$	۱۵،۰	۲۰،۴	۲۷،۵	۲۸،۳	۲۶،۶	۲۴،۴	۱۶،۴	۷،۸	۶،۶	۳،۲	۲،۹	۱،۰	-

گزارش گردیده و متوسط دمای سالانه ۱۵،۸ درجه سانتی‌گراد بوده است.

در شکل (۱) اثر مقدار بارندگی و رواناب تولیدی آن بر غلظت کل پارامترهای BOD_5 ، COD و TSS در فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه فاضلاب شهر تربت‌حیدریه، در بازه زمانی مطالعاتی ارزیابی شده است

ارزیابی متغیرهای اقلیمی بارش و دما (جدول ۲) نشان داد که در سال ۱۴۰۰، بیشترین بارندگی در اردیبهشت ماه به مقدار ۷۷،۵۰ میلی‌متر و مجموع بارش سالیانه در منطقه تربت‌حیدریه مقدار ۱۷۶،۷۰ میلی‌متر بوده است. همچنین مقدار کمینه و بیشینه دمای متوسط ماهانه به ترتیب ۲،۹ و ۲۸،۳ درجه سانتی‌گراد در ماه‌های بهمن و تیر

فاضلاب ناشی از مواد آلی غیرقابل تجزیه می‌باشد. همچنین این شکل بیانگر بازه میانگین ماهانه اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD_5) در فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه بین ۲۳۷٫۸ تا ۳۱۹٫۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که کمترین مقدار، در دی ماه و بیشترین مقدار در مرداد ماه اندازه‌گیری گردید. همچنین گستره‌ی میانگین ماهانه اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) در فاضلاب ورودی بین ۴۰۴٫۷ تا ۴۵۷٫۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که به ترتیب در ماه‌های مهر و بهمن مشاهده گردید. متعاقباً گستره میانگین ماهانه کل جامدات معلق (TSS) نیز در فروردین ماه مقدار ۲۲۰٫۰ میلی‌گرم بر لیتر و در شهریور ماه مقدار ۳۱۰٫۰ میلی‌گرم بر لیتر در فاضلاب ورودی ثبت شده است.



شکل ۱- اثر مقدار بارش بر تغییرات ماهانه غلظت آلاینده‌های فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه شهر تربت حیدریه در دوره مورد مطالعه

فروردین مشاهده گردید. متعاقباً گستره میانگین ماهانه کل جامدات معلق (TSS) نیز در خرداد ماه مقدار ۱۷٫۳ میلی‌گرم بر لیتر و در فروردین ماه مقدار ۴۸٫۲ میلی‌گرم بر لیتر در پساب خروجی ثبت شده است.

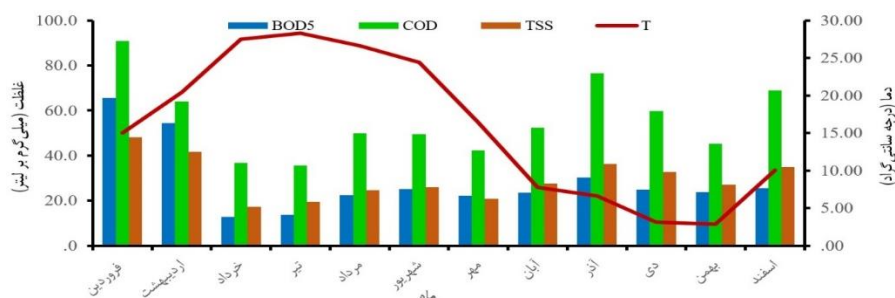
بررسی نتایج آزمایشات و همچنین تحلیل مقادیر COD ، BOD_5 و TSS اندازه‌گیری شده در جریان ورودی و خروجی تصفیه‌خانه شهر تربت حیدریه در شکل (۳)، نشان داد که راندمان سیستم هوادهی گسترده (EAAS) این تصفیه‌خانه به طور میانگین، در بازه زمانی مطالعاتی در حذف غلظت پارامترهای BOD_5 ، COD و TSS به ترتیب ۸۹٫۵، ۸۷٫۲ و ۸۹٫۰ درصد بوده است. همچنین شکل (۳) نشان‌دهنده آن است که بیشترین راندمان سیستم هوادهی گسترده (EAAS) در حذف غلظت‌های پارامترهای بیان شده در خردادماه و کمترین مقادیر راندمان در فروردین‌ماه رخ داده است.

بررسی انجام شده بر روی مقادیر اندازه‌گیری شده دبی ورودی و پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب تربت حیدریه در شکل (۴) نشان‌دهنده آن است که کمترین دبی ورودی و پساب خروجی در اردیبهشت ماه و بیشترین مقدار ورودی و پساب خروجی از این تصفیه‌خانه در مهرماه اتفاق افتاده است. همچنین بیانگر این است

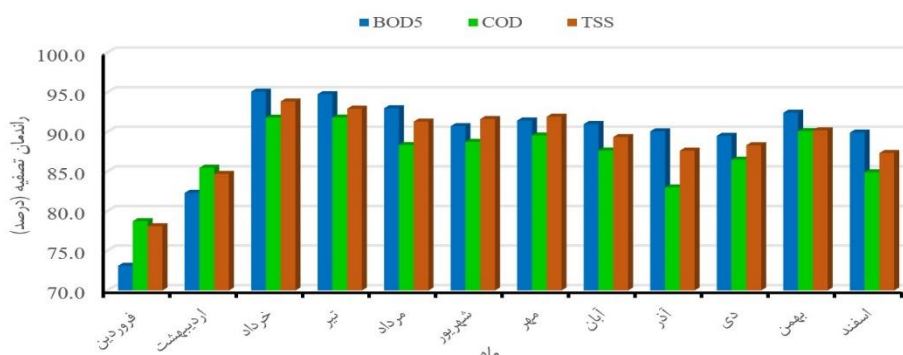
و نشان‌دهنده آن است که در ماه‌های دارای بارش بیشتر (اردیبهشت و دی)، غلظت ورودی پارامترهای COD و TSS کاهش یافته و غلظت پارامتر BOD_5 به صورت سینوسی بوده است به خصوص در اردیبهشت ماه با وجود بارش زیاد مقدار غلظت این پارامتر افزایش پیدا کرده که نشان‌دهنده آن است که علاوه بر بارش عامل دما هم اثرگذار بوده است چون اگر حرارت بالا باشد میزان اکسیژن کمتری در فاضلاب خواهد بود و باعث کاهش فعالیت اکسیداسیون بیولوژیکی باکتری‌ها شده و بالعکس باعث افزایش غلظت پارامتر BOD_5 می‌گردد. همچنین می‌توان دریافت که متوسط نسبت BOD_5 به COD فاضلاب ورودی حدود ۶۴ درصد است. کم بودن نسبی این شاخص نشان‌دهنده آن است که بخش زیادی از بار آلودگی آلی

در شکل (۲) اثر دما بر غلظت کل پارامترهای BOD_5 ، COD و TSS در پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب شهر تربت حیدریه، در بازه زمانی مطالعاتی (کل سال ۱۴۰۰) ارزیابی شده است که نشان‌دهنده آن است که تأثیر دما بر فرآیند لجن فعال بسیار عمده می‌باشد و بر خواص ته‌نشینی و بهبود لخته بسیار تأثیرگذار است به طوری که در ماه‌های دارای دمای بالا، غلظت هر سه آلاینده به‌طور قابل توجهی کاهش یافته است. تأثیر دما باعث ایجاد تغییرات فیزیکی و میکروبی در ساختار و ذره لخته و میزان ته‌نشینی جامدات ثانویه می‌شود. در واقع هرچه دمای فاضلاب سردتر شود، چگالی فاضلاب بیشتر می‌شود. از این رو میزان ته‌نشینی جامدات ثانویه کاهش می‌یابد. که به خوبی در شکل مشاهده می‌گردد در ماه‌های سرد سال غلظت پارامترهای مذکور کمی افزایشی گردیده است. همچنین این شکل بیانگر بازه میانگین ماهانه اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD_5) در پساب خروجی از تصفیه‌خانه بین ۱۲٫۷ تا ۶۵٫۶ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که کمترین مقدار در خرداد ماه و بیشترین مقدار در فروردین ماه اندازه‌گیری گردید. همچنین گستره میانگین ماهانه اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) در پساب خروجی بین ۳۵٫۶ تا ۹۰٫۸ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که به ترتیب در ماه‌های تیر و

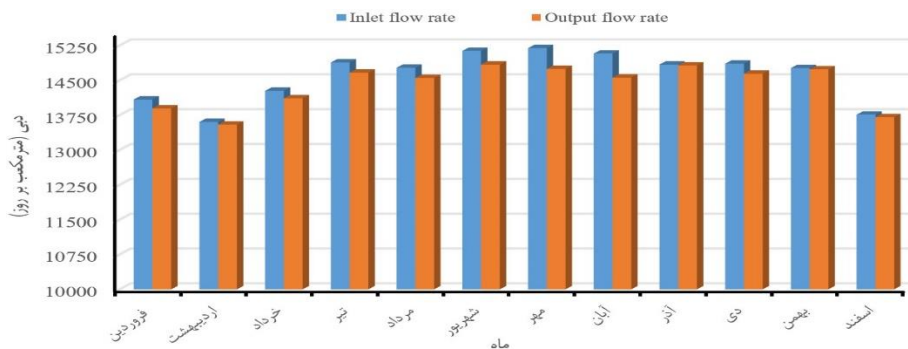
بیشترین راندمان تصفیه، با توجه به نزدیک بودن مقادیر ورودی و پساب خروجی در آذر ماه و کمترین راندمان در آبان ماه اتفاق افتاده است.



شکل ۲- اثر مقدار دما بر تغییرات ماهانه غلظت آلاینده‌های پساب خروجی از تصفیه خانه شهر تربت حیدریه در دوره مطالعه



شکل ۳- راندمان کلی حذف BOD₅, COD, TSS در دوره مطالعه



شکل ۴- مقایسه دبی فاضلاب ورودی و پساب خروجی از تصفیه خانه در بازه مطالعاتی

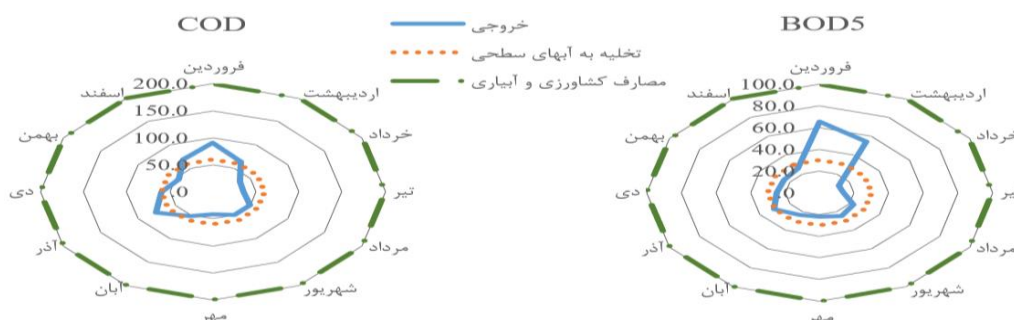
پساب برای تخلیه به منابع آب‌های سطحی و استفاده مجدد از آن باید بین ۶٫۵ - ۸٫۵ قرار بگیرد (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، ۱۳۸۹).

باتوجه به استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران و پس از بررسی انجام شده بر روی مقادیر اندازه‌گیری شده، در شکل‌های (۵) و (۶) مقایسه مقادیر BOD₅, COD, TSS و pH حاصل شده از آزمایش نمونه‌ها با استاندارد ذکر شده در پساب خروجی برای مصارف مختلف نمایان شده است. شکل‌ها نشان دهنده آن هستند که غلظت

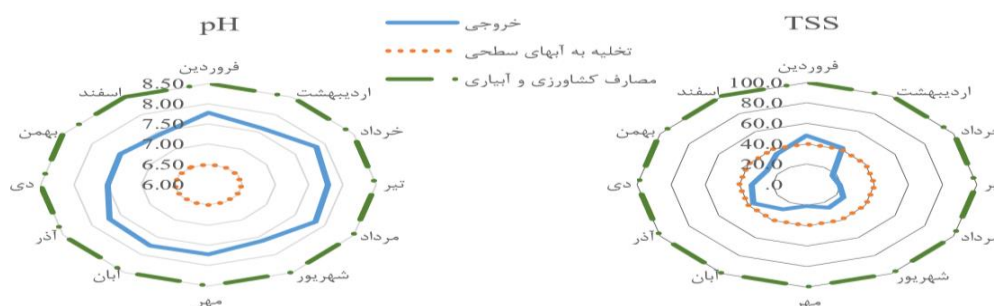
به‌منظور تخلیه پساب به منابع آب‌های سطحی و یا استفاده مجدد از آن برای مصارف کشاورزی و آبیاری، مقادیر هر یک از پارامترهای BOD₅, COD, TSS و pH فاضلاب باید در محدوده استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران باشد. این استاندارد، برای تخلیه پساب به آب‌های سطحی، غلظت BOD₅, COD و TSS باید به ترتیب کمتر از ۳۰، ۶۰ و ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد. این مقادیر، در استفاده پساب برای مصارف کشاورزی و آبیاری به ترتیب ۱۰۰، ۲۰۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. همچنین طبق استاندارد سازمان محیط‌زیست ایران میزان اسیدی یا قلیایی بودن

کرونا، کیفیت فاضلاب ورودی به شدت متغیر بوده باشد و باعث کاهش عملکرد تصفیه‌خانه گردیده است. در نتیجه، پساب تولیدی طبق استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران قابلیت ورود به آب‌های سطحی را ندارد و در ماه‌های دیگر هم با توجه به نزدیک بودن مقادیر به استاندارد باید با احتیاط و در نظر گرفتن عوامل موثر دیگر، پساب تصفیه‌خانه تربت‌حیدریه بر آب‌های سطحی تخلیه گردد.

پارامترها BOD_5 ، COD، TSS و مقدار pH در پساب خروجی برای استفاده مصارف کشاورزی و آبیاری در تمامی ماه‌ها، مطابق با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران بوده است اما برای تخلیه به آب‌های سطحی به خصوص در ماه‌های فروردین و اردیبهشت به علت مصادف شدن با سال جدید و مصرف بیش از حد آب، به منظور شستشو و همچنین قرار گرفتن در بازه درگیری با ویروس



شکل ۵- مقایسه BOD_5 و COD در پساب خروجی با مقادیر استاندارد برای تخلیه به آب‌های سطحی و مصارف کشاورزی



شکل ۶- مقایسه pH و COD در پساب خروجی با مقادیر استاندارد برای تخلیه به آب‌های سطحی و مصارف کشاورزی

قابل توجهی بر تغییرات مقدار غلظت فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه نداشته است. در مقابل در ماه‌های سرد سال (فصل زمستان) پارامتر دما بر روی هوادهی و فعالیت باکتری‌های اثرگذار و باعث شده کاهش کارکرد تصفیه‌خانه و افزایش غلظت پارامترهای مذکور شده است. با توجه به نتایجی که در طی یکسال این مطالعه بدست آمد، می‌توان بیان نمود که سیستم تصفیه هوادهی گسترده (EAAS)، تصفیه‌خانه فاضلاب شهری تربت‌حیدریه، دارای عملکرد بهینه توأم با کارایی بالا می‌باشد و در مجموع باعث کاهش قابل توجهی از غلظت پارامترهای BOD_5 ، COD، TSS و pH برای استفاده مجدد پساب در کشاورزی و آبیاری، مطابق با استاندارد سازمان محیط زیست ایران می‌گردد اما برای تخلیه به آب‌های سطحی، این روش تصفیه با توجه به پارامترهای اقلیمی منطقه مورد مطالعه، نامناسب بوده و نیاز به فرآیندهای بیشتر و دقیق‌تر تصفیه در این تصفیه‌خانه می‌باشد. لازم به ذکر است جهت استفاده مجدد از پساب، برای آبیاری و تخلیه به آب‌های سطحی، کیفیت میکروبی و بیولوژیکی پساب نیز

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر کارایی روش تصفیه هوادهی گسترده (EAAS) برای کاهش آلودگی در فاضلاب تصفیه شده شهر تربت‌حیدریه در مقیاس زمانی ماهانه با توجه به پارامترهای اقلیمی و خصوصیات فیزیکی - شیمیایی فاضلاب ورودی و پساب خروجی تصفیه‌خانه مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور از داده‌های روزانه متغیرهای اقلیمی بارش و دما و نیز پنج متغیر BOD_5 ، COD، TSS و pH در فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه و پساب تصفیه شده خروجی از آن استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که راندمان حذف پارامترهای BOD_5 ، COD و TSS در این تصفیه‌خانه به ترتیب ۸۹،۵، ۸۷،۲ و ۸۹،۰ درصد بوده است و میانگین غلظت پارامترهای مذکور در پساب خروجی، به ترتیب ۲۸،۷، ۵۶،۰ و ۲۹،۷ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. همچنین میانگین اسیدی یا قلیایی بودن پساب، ۷،۷ در تصفیه‌خانه بوده است. همچنین نتایج نشان داد که تغییرات مقدار بارش تأثیر

شکوهی، ر.، درگاهی ع.، کرمی الف. و محمدی م. ۱۳۹۶. کاربرد روش‌شناسی سطح پاسخ برای مقایسه کارایی سیستم‌های نیزار مصنوعی و هوادهی گسترده در حذف مواد آلی از فاضلاب شهری. مجله علمی پژوهان. ۱۵ (۳): ۹-۱.

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهوری. ۱۳۸۹. ضوابط زیست محیطی استفاده مجدد از آبهای برگشتی. نشریه ۵۳۵.

میران زاده، م. و بابامیر، ش. ۱۳۸۲. بررسی کارایی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک اکباتان تهران طی سال‌های ۱۳۷۹ - ۱۳۸۰. مجله علوم پزشکی فیض. ۷ (۱): ۴۰-۴۷.

یزدان‌بخش، الف.، رفیعی، م. و کیانی، ق. ۱۳۹۸. ارزیابی عملکرد سیستم لجن فعال به روش آنوکسیک-اکسیک: مطالعه موردی مهدیشهر. مجله دانشگاه علوم پزشکی سبزوار. ۲۶ (۱): ۱۰۹-۱۱۸.

Abba, S. I. and Elkiran, G. 2017. Effluent prediction of chemical oxygen demand from the astewater treatment plant using artificial neural network application. *Procedia Computer Science*. 120: 156-163.

Ayob, S., Othman, N., Altowayti, W. A. H., Khalid, F. S., Bakar, N. A., Tahir, M. and Soedjono, E. S. 2021. A review on adsorption of heavy metals from wood-industrial wastewater by oil palm waste. *Journal of Ecological Engineering*. 22(3). 249-265

Bagherzadeh, F., Mehrani, M. J., Basirifard, M. and Roostaei, J. 2021. Comparative study on total nitrogen prediction in wastewater treatment plant and effect of various feature selection methods on machine learning algorithms performance. *Journal of Water Process Engineering*. 41: 102033.

Bunluesin, S., Kruatrachue, M., Pokethitiyook, P., Upatham, S. and Lanza, G. R. 2007. Batch and continuous packed column studies of cadmium biosorption by *Hydrilla verticillata* biomass. *Journal of bioscience and bioengineering*. 103(6): 509-513. <https://doi.org/10.1263/jbb.103.509>

Jafarnejad, S. 2017. Cost estimation and economical evaluation of three configurations of activated sludge process for a wastewater treatment plant (WWTP) using simulation. *Applied Water Science*. 7(5): 2513-2521.

Jagaba, A. H., Kutty, S. R. M., Hayder, G., Baloo, L., Abubakar, S., Ghaleb, A. A. S. and Almabhashi, N. M. Y. 2020. Water quality hazard assessment for hand dug wells in Rafin Zurfi, Bauchi State, Nigeria. *Ain Shams Engineering Journal*. 11(4): 983-999.

Marshall, F. M., Holden, J., Ghose, C., Chisala, B., Kapungwe, E., Volk, J. and Singh, R. P. 2007.

حائز اهمیت است؛ بنابراین پیشنهاد می‌گردد که در مطالعات آتی، تحقیقات جامعی بر روی کیفیت میکروبی و بیولوژیکی پساب تصفیه‌خانه شهر تربت‌حیدریه با بازه زمانی مطالعاتی بیشتر، انجام پذیرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان، از دکتر رضا حیدرزاده مدیر دفتر مطالعات و بررسی‌های فنی فاضلاب، شرکت آب و فاضلاب خراسان رضوی به‌منظور حمایت و تأمین امکانات داده‌برداری، آزمایشگاهی و همچنین از کلیه کارکنان محترم تصفیه‌خانه فاضلاب شهری تربت‌حیدریه که ما را در انجام این تحقیق یاری رساندند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

باقری اردبیلیان، پ.، صادقی، ه.، نبئی، الف. و باقری اردبیلیان، م. ۱۳۸۹. ارزیابی کارایی تصفیه‌خانه فاضلاب: مطالعه موردی شهر زنجان. مجله سلامت و بهداشت. ۱ (۳): ۶۷-۷۵.

پیرصاحب، م.، درگاهی، ع.، زینتی زاده، ع.، خاموطیان، ر.، مشیرپناهی، م. و گلستانی‌فر، ح. ۱۳۹۶. بررسی عملکرد سیستم هوادهی گسترده در تصفیه فاضلاب بیمارستانی و تعیین ضرایب سینتیکی آن - مطالعه موردی: تصفیه‌خانه فاضلاب بیمارستان قدس سندر. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۱۹ (۵): ۱-۱۱.

حاتمی، ط.، نادعلی، الف.، روشنایی، ق. و شکوهی، ر. ۱۳۹۷. امکان‌سنجی استفاده مجدد از پساب خروجی فرآیند هوادهی گسترده تصفیه فاضلاب شهر بجنورد جهت مصارف کشاورزی و آبیاری. مجله علمی پژوهان. ۱۶ (۳): ۲۰-۲۸.

حسینی، م. و رحیم زاده، الف. ۱۳۸۶. بررسی کارایی لاگون به کمک هوادهی مکانیکی در کاهش میزان COD، BOD₅ و TSS در تصفیه‌خانه فاضلاب شهر بوکان در سال ۱۳۸۵. دهمین همایش ملی بهداشت، آبان‌ماه، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی همدان.

ززولی، م.، قهرمانی، الف.، قربانیان اله آباد، م.، نیکویی، الف. و هاشمی م. ۱۳۸۹. بررسی عملکرد فرآیند لجن فعال در تصفیه فاضلاب شهرک صنعتی آق‌قلا استان گلستان در سال ۱۳۸۶. فصلنامه سلامت و محیط زیست. ۳ (۱): ۵۹-۶۶.

شریعتمداری، م. و آقائی، م. ۱۳۹۵. ارزیابی کارایی فرآیند لجن فعال در تصفیه فاضلاب شهر خلخال. مجله سلامت محیط و کار. ۲ (۲): ۱۵۰-۱۵۸.

- Development. 3(2): 509-517.
- Nourani, V., Elkiran, G. and Abba, S. I. 2018. Wastewater treatment plant performance analysis using artificial intelligence—an ensemble approach. *Water Science and Technology*. 78(10): 2064-2076. <https://doi.org/10.2166/wst.2018.47>
- Rajasulochana, P. and Preethy, V. 2016. Comparison on efficiency of various techniques in treatment of waste and sewage water—A comprehensive review. *Resource-Efficient Technologies*. 2(4): 175-184. <https://doi.org/10.1016/j.reffit.2016.09.004>
- Todd, J. and Josephson, B. 1996. The design of living technologies for waste treatment. *Ecological engineering*. 6(1-3): 109-136.
- Tumer, A. E., & Edebali, S. 2015. An artificial neural network model for wastewater treatment plant of Konya. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*. 3(4): 131-135.
- Vijayaraghavan, K., Ahmad, D. and Aziz, M. E. B. A. 2007. Aerobic treatment of palm oil mill effluent. *Journal of environmental management*. 82(1): 24-31.
- Wang, J. and Chen, C. 2009. Biosorbents for heavy metals removal and their future. *Biotechnology advances*. 27(2): 195-226.
- Wang, R., Yu, Y., Chen, Y., Pan, Z., Li, X., Tan, Z., & Zhang, J. 2022. Model construction and application for effluent prediction in wastewater treatment plant: Data processing method optimization and process parameters integration. *Journal of Environmental Management*. 302: 114020.
- Zhang, J., Shao, Y., Wang, H., Liu, G., Qi, L., Xu, X. and Liu, S. 2021. Current operation state of wastewater treatment plants in urban China. *Environmental research*. 195: 110843.
- Contaminated irrigation water and food safety for the urban and peri-urban poor: appropriate measures for monitoring and control from field research in India and Zambia. Inception Report DFID Enkar.8160 (3).
- Martínez, R., Vela, N., El Aatik, A., Murray, E., Roche, P., & Navarro, J. M. 2020. On the use of an IoT integrated system for water quality monitoring and management in wastewater treatment plants. *Water*. 12(4): 1096.
- Massoud, M. A., Tarhini, A. and Nasr, J. A. 2009. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: applicability in developing countries. *Journal of environmental management*. 90(1): 652-659.
- Mikosz, J. 2016. Analysis of greenhouse gas emissions and the energy balance in a model municipal wastewater treatment plant. *Desalination and Water Treatment*. 57(59): 28551-28559.
- Miretzky, P., & Cirelli, A. F. 2011. Fluoride removal from water by chitosan derivatives and composites: a review. *Journal of Fluorine Chemistry*, 132(4), 231-240.
- Mousavian, S., Takdastan, A., Seyedsalehi, M. and Akhavan, S. 2016. Determining the kinetic's coefficients in treatment of sugarcane industry using aerobic activated sludge by complete-mix regime. *J Chemical and Pharmaceutical Research*. 8(4): 1342-1349.
- Nikmanesh, M. S., Eslami, H., Momtaz, S. M., Biabani, R., Mohammadi, A., Shiravand, B. and Zarei Mahmoudabadi, T. 2018. Performance evaluation of the extended aeration activated sludge system in the removal of physicochemical and microbial parameters of municipal wastewater: a case study of nowshahr wastewater treatment plant. *Journal of Environmental Health and Sustainable*

Investigating the Extensive Aeration Activated Sludge Treatment Method In Reducing Wastewater Pollution (Case Study: Torbat-Haidarieh Wastewater Treatment Plant)

N. Gholampoor¹, P. Mohammadi², F. Modaresi³, H. Banejad^{4*}

Received: Apr.18, 2024

Accepted: Jun.06, 2024

Abstract

One of the basic problems in the arid and semi-arid regions of Iran, which make up a large part of the country, is the lack of water. Due to the importance of agriculture in the east of the country, including Khorasan-Razavi province, treated urban sewage is used to solve the water shortage and supply water needed for agriculture. In order to treat wastewater, two main methods, conventional activated sludge (CAS) and extensive aeration (EAAS) are used. The purpose of this research is to investigate the efficiency of the activated sludge treatment method of extensive aeration on a monthly basis according to the changes in the climatic variables of temperature and precipitation. For this purpose, the daily data of input and output to the sewage treatment plant system of Torbat Haidarieh city in one year period (year 1400) has been used based on Q, BOD5, COD, TSS and pH parameters which are the main and determining parameters in the reusability of treated wastewater. The findings of the research showed that the removal efficiency of BOD5, COD and TSS parameters in this treatment plant was 89.5, 87.2 and 89.0% respectively and the average concentration of the mentioned parameters in the effluent was 28.7, 56.0 and 29.7 mg/liter respectively. It should be noted that the average acidity or alkalinity of wastewater was 7.7 in the treatment plant. Also, the results showed that the changes in the amount of precipitation did not have a significant effect on the changes in the concentration of wastewater entering the treatment plant. On the other hand, the effect of temperature change on the concentration of pollutants is quite noticeable, so that in the cold months of the year (winter), the temperature parameter has an effect on the aeration and the activity of bacteria, and it has caused a decrease in the quality of the treatment plant and an increase in the concentration of the parameters in the treated effluent. The evaluation of the concentration of the parameters in the effluent also showed that the wastewater treatment method in this treatment plant based on Iran's environmental standards is suitable for reuse in agriculture and irrigation, but for discharge to surface water, this treatment method is inappropriate and requires more and more precise processes. In this refinery, it is due to the climatic conditions.

Keywords: Agriculture; EAAS, Khorasan razavi, Wastewater reuse, Wastewater treatment

1- PhD student of irrigation and drainage Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2- PhD student of irrigation and drainage Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3- Assistant Professor Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

4- Associate Professor Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

(* - Corresponding Author E-mail: banejad@um.ac.ir)