بررسی الزامات محیط زیستی در پروژه های تعمیرات و بهسازی تصفیه خانه های آب شرب (مطالعه موردی: تصفیه خانه شهرگرمی)

آرش دادگر عربلو[*1]، سبحان حیدریان[2]، قربانعلی دزواره[3]

۱. دانشجوی ارشد مهندسی HSE ، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه مهر البرز

dadgararash@yahoo.com

۲. فارغ التحصیل ارشد مهندسی مدیریت ساخت، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه مهر البرز

sobhanheidarian@gmail.com

۳. استادیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه مهر البرز

gh.dezvareh@mehralborz.ac.ir

چکیده

پروژه‌های تعمیر و بهسازی تصفیه‌خانه‌های آب شرب به دلیل نقش مهم آن‌ها در تأمین آب سالم، نیازمند رعایت الزامات محیط‌زیستی هستند. فرسودگی تجهیزات در تصفیه‌خانه شهر گرمی می‌تواند موجب افزایش مصرف انرژی، تولید پسماند و تهدید منابع آب شود. مطالعات پیشین نشان می‌دهد بی‌توجهی به این الزامات پیامدهای بلندمدتی برای محیط‌زیست و سلامت جامعه دارد. هدف این تحقیق، بررسی الزامات محیط‌زیستی و ارائه راهکارهای کاهش اثرات منفی و افزایش پایداری عملکرد تصفیه‌خانه است. این پژوهش با رویکرد توصیفی–موردی، وضعیت واقعی تأسیسات و فرآیندهای تصفیه‌خانه شهر گرمی را بدون دخالت در عملکرد بررسی می‌کند تا نقاط قوت و ضعف و عوامل مؤثر بر کیفیت آب شناسایی شده و بر اساس آن راهکارهای بهبود و رعایت الزامات محیط زیستی پیشنهاد شود؛ همچنین نتایج، مبنایی برای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری‌های آینده خواهد بود. این پژوهش نشان می‌دهد بهسازی و ارتقای تصفیه‌خانه آب شرب با رعایت استانداردها و مدیریت صحیح، موجب بهبود کیفیت آب، افزایش ایمنی و کاهش اثرات زیست‌محیطی می‌شود و از نظر محیط‌زیستی اقدامی مطلوب و قابل اجراست. برای پژوهشگران نیز پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده به توسعه مدل‌های ارزیابی برای سایر تصفیه‌خانه‌ها، بررسی فناوری‌های نوین و طراحی سیستم‌های پایش هوشمند توجه کنند.

کلمات کلیدی: بهسازی تصفیه خانه، الزامات محیط زیستی، پسماند، کیفیت آب شرب، کاهش اثرات محیط زیستی، فناوری نوین، سیستم پایش هوشمند

۱. مقدمه

در دنیای امروز اجرا یا عدم اجرای یک پروژه منوط به گزارش ارزیابی اثرات زیست محیطی آن می‌باشد. در هر کشور مطابق با قوانین و مقررات خود باید گزارش ارزیابی تهیه شود و مبنای تصمیم گیری قرار گیرد. در این پروژه، به بررسی و ارزیابی اثرات زیست‌محیطی ناشی از تعمیرات، بهسازی و ارتقا فرآیندهای تصفیه آب شرب پرداخته می‌شود. تأثیرات مختلفی مانند آلودگی‌های آب، خاک و هوا، همچنین اثرات بر اکوسیستم‌ها و جوامع انسانی از جمله محورهای اصلی تحقیق هستند. بهسازی و ارتقای کیفیت تصفیه‌خانه آب شرب با هدف افزایش ظرفیت، بهبود کارایی فرآیند، ارتقای کیفیت آب تولیدی و کاهش هزینه‌های بهره‌برداری انجام می‌شود. این فرآیند علاوه بر اثرات مثبت، ممکن است اثرات زیست‌محیطی موقت یا بلندمدتی نیز به همراه داشته باشد. با توجه به اهمیت تأمین آب شرب سالم و بهداشتی، ضرورت انجام ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و اتخاذ راهکارهای مناسب برای کاهش اثرات منفی این فرآیندها بررسی خواهد شد. تصفیه‌خانه‌های آب شرب از مهم‌ترین تأسیسات برای تأمین آب سالم به شمار می‌روند، اما فرآیند تصفیه، خود با آثار زیست‌محیطی همراه است که باید به‌طور دقیق بررسی و مدیریت شوند. این پروژه به بررسی ابعاد مختلف این آثار پرداخته است. با توجه به تغییرات اقلیمی و بحران آب در بسیاری از مناطق دنیا، تصفیه آب به منظور تأمین آب سالم و بهسازی و ارتقای کیفیت تصفیه‌خانه های آب به دلایل فنی، بهداشتی، زیست‌محیطی و مدیریتی اهمیت زیادی دارد [۱].

با گذشت زمان، استانداردهای ملی و بین‌المللی کیفیت آب سخت‌گیرانه‌تر می‌شوند و این امر ضرورت ارتقای سیستم‌های تصفیه را بیش از پیش نمایان می‌سازد. برای حذف آلاینده‌های نوظهور مانند نیترات، فلزات سنگین، میکروپلاستیک‌ها، ترکیبات دارویی و سموم کشاورزی به کارگیری فناوری‌های پیشرفته و فرآیندهای به‌روز ضروری است. در چنین شرایطی، تجهیزات قدیمی که دچار فرسودگی و افت کارایی شده‌اند، توانایی لازم برای تصفیه مؤثر این آلاینده‌ها را نداشته و ممکن است باعث نوسان و ناپایداری کیفیت آب خروجی شوند. علاوه بر این، افزایش بار آلودگی منابع آب، رشد جمعیت و تغییرات اقلیمی نیز فشار بیشتری بر سیستم‌های موجود وارد می‌کند و نیاز به بهینه‌سازی، نوسازی تجهیزات و استفاده از روش‌های نوین مانند غشاها، اکسیداسیون پیشرفته، جذب سطحی و بیوتکنولوژی‌های کارآمد را افزایش می‌دهد. ارتقای فناوری نه تنها موجب پایدارسازی کیفیت آب می‌شود، بلکه به کاهش هزینه‌های بلندمدت بهره‌برداری، افزایش ایمنی بهداشتی و تأمین آب مطلوب برای مصرف‌کنندگان نیز کمک خواهد کرد [۲]. رشد جمعیت و گسترش سریع شهرها به‌طور مستقیم باعث افزایش مصرف آب و فشار بیشتر بر زیرساخت‌های آبی می‌شود. در این میان، بسیاری از تصفیه‌خانه‌های موجود، سال‌ها پیش و برای ظرفیت‌های بسیار پایین‌تر طراحی و ساخته شده‌اند؛ به همین دلیل، توان پاسخ‌گویی به نیازهای امروز را ندارند و باید به صورت اساسی بازسازی یا ارتقا یابند. افزون بر این، تغییر الگوی مصرف، توسعه صنایع شهری و افزایش آلاینده‌های ورودی به شبکه فاضلاب، ضرورت به‌کارگیری فناوری‌های نوین تصفیه را دوچندان کرده است، همچنین برنامه‌ریزی دقیق، سرمایه‌گذاری پایدار و مدیریت یکپارچه منابع آب از عوامل کلیدی برای پاسخ‌گویی به نیازهای روزافزون شهری به‌شمار می‌روند. تجهیزات فرسوده در تصفیه‌خانه‌ها موجب افزایش خرابی‌های مکرر، بالا رفتن هزینه‌های تعمیر و نگه‌داری و همچنین مصرف بیشتر انرژی می‌شوند. ادامه کار با چنین تجهیزاتی نه‌تنها راندمان سیستم را کاهش می‌دهد، بلکه می‌تواند موجب توقف‌های ناگهانی، کاهش کیفیت آب خروجی و افزایش خطرات عملیاتی شود. علاوه بر این، استفاده از تجهیزات مدرن با مصرف انرژی بهینه، هزینه‌های جاری تصفیه‌خانه را به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌دهد و امکان کنترل دقیق‌تر فرآیندها را فراهم می‌کند. تجهیزات جدید معمولاً قابلیت اتصال به سامانه‌های هوشمند پایش و کنترل را دارند که این امر موجب کاهش خطاهای انسانی و افزایش دقت در مدیریت فرآیندهای تصفیه می‌شود [۳].

ارتقای فرآیندها می‌تواند راندمان حذف مواد آلاینده، کدورت، باکتری‌ها و ترکیبات آلی را به‌طور چشمگیری افزایش دهد. با این حال، در صورت عملکرد نامناسب یا عدم نگهداری صحیح، بخشی از آلودگی ممکن است وارد منابع آب سطحی یا

زیرزمینی شود و پیامدهای جدی زیست‌محیطی ایجاد کند.افزون بر این، ناکارآمدی در فرآیندهای تصفیه می‌تواند موجب تهدید سلامت عمومی، کاهش کیفیت اکوسیستم‌های آبی و افزایش هزینه‌های جبرانی برای تصفیه مجدد آب شود. توجه به این نکات، نقش مهمی در حفاظت از منابع ارزشمند آب و جلوگیری از بروز بحران‌های زیست‌محیطی ایفا می‌کند [۴]. منابع آب خام در سال‌های اخیر تحت تأثیر عواملی همچون خشکسالی، آلودگی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی، و تغییرات اقلیمی قرار گرفته‌اند. از این‌رو، تصفیه‌خانه‌ها باید قابلیت انعطاف‌پذیری در برابر نوسانات و تغییرات کیفی آب ورودی را داشته باشند.افزون بر این، افزایش مصرف آب و کاهش منابع تجدیدپذیر، فشار بیشتری بر سیستم‌های تصفیه وارد کرده است. به‌کارگیری فناوری‌های پیشرفته، پایش لحظه‌ای کیفیت آب و طراحی فرایندهای انعطاف‌پذیر، می‌تواند عملکرد سیستم را در مواجهه با تغییرات غیرمنتظره تضمین کند. همچنین ارتقای مهارت نیروی انسانی و برنامه‌های نگهداری پیشگیرانه، نقش مهمی در حفظ پایداری و کارایی تصفیه‌خانه‌ها در شرایط متغیر اقلیمی و زیست‌محیطی ایفا می‌کند. نوسازی سیستم‌های ضدعفونی، اجرای مانیتورینگ لحظه‌ای و بهره‌گیری از کنترل اتوماتیک، می‌تواند احتمال وقوع بحران‌هایی نظیر آلودگی میکروبی را به‌طور قابل توجهی کاهش دهد. ارتقای سیستم‌های SCADA و کنترل هوشمند، نیز ایمنی و پایداری تأمین آب را به میزان چشمگیری افزایش می‌دهد. علاوه بر این، این اقدامات امکان واکنش سریع به شرایط اضطراری و بهبود کیفیت آب تحویلی به مصرف‌کنندگان را فراهم می‌کنند. سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین و به‌روزرسانی زیرساخت‌ها، نقش مهمی در کاهش ریسک‌های زیست‌محیطی و ارتقای اعتماد عمومی به سیستم‌های آبرسانی ایفا می‌کند. همچنین به‌کارگیری الگوریتم‌های پیش‌بینی خرابی و تحلیل داده‌های تاریخی می‌تواند نقاط ضعف شبکه را پیش از بروز مشکل شناسایی کند.افزودن تجهیزات سنجش کیفیت در نقاط حساس شبکه موجب پایش گسترده‌تر و کاهش احتمال انتشار آلودگی می‌شود.در نهایت، یکپارچه‌سازی این فناوری‌ها با برنامه‌های مدیریت بحران، تاب‌آوری سامانه‌های آبرسانی را در برابر حوادث طبیعی و انسانی به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهد. تکنولوژی‌های نوین مانند ازن‌زنی، فیلترهای پیشرفته، سیستم‌های انرژی مبتنی بر هوش مصنوعی و اتوماسیون، به تصفیه‌خانه‌ها کمک می‌کنند تا آب با کیفیت بالاتر و هزینه کمتر تولید کنند. علاوه بر این، این فناوری‌ها امکان پایش مستمر و بهینه‌سازی فرایندها را فراهم کرده و کارایی و پایداری سیستم‌های تصفیه را افزایش می‌دهند، همچنین استفاده از این فناوری‌ها می‌تواند مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها را کاهش داده و تأثیرات زیست‌محیطی تصفیه آب را به حداقل برساند، به‌کارگیری این راهکارهای نوآورانه همچنین ظرفیت سازگاری تصفیه‌خانه‌ها با تغییرات اقلیمی، کیفیت منابع آب را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد [۵].

۲. روش تحقیق

این پژوهش از نوع توصیفی - مطالعه موردی است، که در مرحله نخست، وضعیت موجود تأسیسات، فرآیندها و شاخص‌های کیفیت آب در تصفیه‌خانه شهر گرمی بدون هیچ‌گونه دستکاری یا دخالت در روند عملکرد آن بررسی می‌شود. تمرکز این بخش بر ثبت، تحلیل و توصیف دقیق شرایط واقعی بهره‌برداری است، سپس موضوع مورد نظر به‌صورت عمیق، دقیق و همه‌جانبه در بستر واقعی خود بررسی می‌گردد. هدف اصلی، شناخت جامع فرآیندهای تصفیه، شناسایی عوامل مؤثر بر کیفیت آب و تحلیل نقاط قوت و ضعف عملکرد فعلی تصفیه‌خانه است. در این نوع مطالعه، تلاش می‌شود تصویری کامل از واقعیت موجود ارائه شده و بر اساس آن، راهکارهای علمی و کاربردی برای بهبود عملکرد، ارتقای کارایی فرآیندها و رعایت الزامات زیست‌محیطی پیشنهاد شود. افزون بر این، نتایج حاصل از مطالعه می‌تواند مبنایی برای برنامه‌ریزی‌های آینده، تصمیم‌گیری مدیریتی و بهینه‌سازی فرآیندهای عملیاتی در تصفیه‌خانه باشد.

۳. بحث و یافته ها

۱.۳. تاریخچه تصفیه خانه آب گرمی و ظرفیت و مشخصات فنی

تصفیه‌خانه آب گرمی به منظور تأمین آب شرب شهر گرمی و تعدادی از روستاهای اطراف آن طراحی و راه‌اندازی شده است. این تصفیه‌خانه در فاصله ۱۰ کیلومتری شمال غربی شهر گرمی، در روستای گیلارلو و پشت سد گیلارلو، و در ارتفاع ۷۰۰ متری از سطح دریا واقع شده است و این موقعیت جغرافیایی امکان دسترسی مناسب به منابع آب سطحی را فراهم می‌کند. این تصفیه خانه در آغاز دهه‌ی ۱۳۶۰ شمسی طراحی و طبق منابع، احداث آن با مشارکت شرکت‌های پیمانکار عمراب، توان‌آزمایان، آغاز شد. این تصفیه‌خانه در سال ۱۳۷۴ به بهره‌برداری رسید و در سال ۱۳۸۶ عملیات اولین بازسازی تصفیه‌خانه انجام شد و پس از بازسازی، منبع تأمین آب خام تصفیه‌خانه به جای استفاده از سد گیلارلو، از طریق کانال جعفرآباد مغان انجام می‌شود، طول خط لوله انتقال آب خام (فولادی) حدود ۵۰ کیلومتر است و چهار مرحله پمپاژ و یک مرحله ثقلی دارد. ظرفیت اسمی تصفیه‌خانه حدود ۳۰۰ لیتر بر ثانیه (۰.۳ متر مکعب در ثانیه) بوده، اما در حال حاضر (پس از بازسازی) ظرفیت بهره‌برداری آن نزدیک ۱۶۰ لیتر بر ثانیه می باشد .مخزن آب خام تصفیه‌خانه ظرفیت ۵ هزار متر مکعب دارد و پس از فرآیند تصفیه، آب تصفیه‌شده در مخزن ذخیره ۱۱ هزار متر مکعبی نگهداری می‌شود [۶].

۲.۳. فرآیند های تصفیه آب در تصفیه خانه گرمی

در این بخش، فرآیندهای مختلف تصفیه آب شرب در تصفیه‌خانه شهر گرمی و اجزای مختلف آن تشریح می‌شوند، آشنایی با این فرآیندها ضروری است تا اثرات زیست‌محیطی ناشی از آن‌ها به‌طور دقیق‌تر مورد ارزیابی قرار گیرد. علاوه بر این، شناخت ساختار و عملکرد هر واحد تصفیه به برنامه‌ریزی بهینه نگهداری، ارتقای کارایی و کاهش هزینه‌های عملیاتی کمک می‌کند. بررسی دقیق هر مرحله، از پیش‌تصفیه، انعقاد ولخته‌سازی گرفته تا فیلتراسیون و ضدعفونی، امکان شناسایی نقاط ضعف و بهبود عملکرد سیستم را فراهم می‌سازد. همچنین، درک کامل فرآیندها می‌تواند به توسعه راهکارهای نوین برای حفظ کیفیت آب و کاهش اثرات زیست‌محیطی کمک شایانی نماید. افزون بر این، تحلیل عملکرد واحدهای مختلف به تعیین حساس‌ترین بخش‌های سیستم و اولویت‌بندی اقدامات اصلاحی کمک می‌کند. ارزیابی وضعیت تجهیزات و تناسب آن‌ها با کیفیت آب خام ورودی، زمینه لازم برای انتخاب روش‌های مؤثرتر در مدیریت مواد شیمیایی و مصرف انرژی را فراهم می‌آورد. بررسی روندهای عملیاتی در دوره‌های مختلف بهره‌برداری نیز می‌تواند نقش مهمی در پیشگیری از بروز اختلالات فرایندی داشته باشد. از سوی دیگر، آگاهی از نحوه تعامل واحدها با یکدیگر، به بهبود پایداری کیفیت آب خروجی کمک کرده و امکان پایش دقیق‌تر مخاطرات زیست‌محیطی را مهیا می‌سازد. در نهایت، شناخت جامع فرآیندهای تصفیه، پایه‌ای برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و ثبت دقیق داده‌های عملکردی و پایش مداوم شاخص‌های کیفیت آب، امکان تحلیل روندها و اتخاذ تصمیمات مبتنی بر شواهد را فراهم می‌آورد [۷].

۱. واحد انعقاد و لخته سازی: در مرحله انعقاد، مواد شیمیایی منعقدکننده مانند سولفات آلومینیوم (آلوم) یا پلیمرهای کاتیونی به آب افزوده می‌شوند تا بار الکتریکی ذرات معلق خنثی شود و ذرات ریزِ کلوئیدی امکان نزدیک شدن و تعامل با یکدیگر را پیدا کنند. پس از خنثی‌سازی بار، فرآیند لخته‌سازی با ایجاد آشفتگی کنترل‌شده در آب انجام می‌گیرد تا ذرات به یکدیگر پیوسته، تجمع یافته و لخته‌های درشت‌تر و سنگین‌تری تشکیل دهند (تصویر۱).

۲. واحد ته‌نشینی: این فرآیند به جداسازی ذرات سنگین از آب کمک می‌کند. در این واحد، آب به آرامی در حوضچه های ته نشینی جریان می‌یابد تا ذرات معلق سنگین به ته حوضچه بنشینند و بوسیله دستگاه لجن روب پارو شده و در مدت

های معین تخلیه شوند و سپس آب نسبتاً صاف شده از بالای حوضچه خارج شده و برای مراحل بعدی تصفیه آماده می‌شود (تصویر۲).



تصویر ۱. نمایی از واحد انعقاد و لخته سازی.



تصویر ۲. نمایی از دستگاه لجن روب واحد ته نشینی.

۳. فیلتراسیون: آب از میان فیلترهای سیلیسی با دانه‌بندی مختلف عبور داده می‌شود تا حذف نهایی مواد معلق (کلوئیدی) از آب و فلوک‌های ریزی که در مرحله زلال‌سازی ته‌نشین نشده‌اند انجام شود، این فیلترها با ایجاد محیطی متخلخل، ذرات معلق کوچک را به دام می‌اندازند و کیفیت آب را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهند. پس از گذر از فیلتر، آب تقریباً عاری از مواد معلق است و آماده مراحل بعدی تصفیه یا مصرف می‌باشد (تصویر۳).

۴. گندزدایی: در این مرحله با استفاده از مواد شیمیایی مانند کلر باعث حذف نسبی آلاینده های آلی مولد بو و طعم نا مطلوب، حذف نسبی آلاینده های معدنی مولد رنگ مانند آهن، منگنز و فلزات سنگین و جلوگیری از رشد بعدی میکرو ارگانیسم ها و گیاهان آبی در تاسیسات تصفیه خانه می شود (تصویر۴).



تصویر ۳. نمایی از سالن فیلتراسیون تصفیه خانه گرمی



تصویر ۴. نمایی از سیلندر های یک تنی گاز کلر

۵. مواد شیمیایی و مصرف انرژی: در فرآیندهای تصفیه، از مواد شیمیایی مختلفی مانند کلروفریک، آب آهک و پلی‌الکترولیت استفاده می‌شود که ممکن است اثرات منفی بر محیط‌زیست داشته باشند. همچنین فرآیند تصفیه آب نیازمند مصرف زیاد انرژی است که می‌تواند منجر به انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی هوا شود، استفاده نادرست یا بیش از حد این مواد شیمیایی می‌تواند کیفیت آب خروجی را تحت تأثیر قرار دهد و به اکوسیستم‌های آبی آسیب برساند. علاوه بر این، دفع پساب‌های شیمیایی نیازمند مدیریت دقیق است تا از آلوده شدن منابع آبی جلوگیری شود. توسعه فناوری‌های کم‌مصرف انرژی و جایگزین‌های زیست سازگار می‌تواند اثرات منفی این فرآیندها را کاهش دهد (تصویر۵و۶).



تصویر ۵. نمایی از مخازن انحلال کلروفریک



تصویر ۶. نمایی از مخازن انحلال آب آهک

۳. قوانین محیط زیست مرتبط با پروژه های تصفیه آب

۱. قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست: قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست یکی از قوانین بنیادی در ایران است که هدف آن حفظ و ارتقای کیفیت محیط زیست و منابع طبیعی کشور است. این قانون، پیشگیری از آلودگی آب، خاک و هوا را به عنوان یک الزام قانونی مطرح می‌کند و وظایف دستگاه‌های اجرایی را برای کنترل آلاینده‌ها مشخص می‌سازد. بر اساس ماده یک این قانون، حفاظت از آبزیان، تالاب‌ها و رودخانه‌ها و جلوگیری از آلودگی منابع آبی بر عهده سازمان حفاظت محیط زیست گذاشته شده است. این قانون همچنین چارچوبی برای صدور مجوز فعالیت‌های صنعتی و عمرانی ارائه می‌دهد تا اثرات منفی بر محیط زیست کاهش یابد. اجرای این قانون در پروژه‌های آب و فاضلاب اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا تضمین‌کننده کیفیت آب و سلامت اکوسیستم‌های آبی است. این قانون پایه‌ای است که پیشگیری از آلودگی (آب، خاک، هوا) را الزام می‌کند. همچنین فعالیت‌هایی که می‌توانند تعادل اکولوژیکی را مختل کنند (از جمله تأسیسات آبی) باید مورد ملاحظه قرار گیرند [۸].

۲. آیین‌نامه اجرایی قانون حفاظت محیط زیست: این آیین نامه، چارچوب عملیاتی لازم برای پیاده‌سازی مفاد قانون پایه را فراهم می‌کند و جزئیات وظایف دستگاه‌های مختلف در کنترل آلاینده‌ها را مشخص می‌سازد. این آیین‌نامه نحوه صدور مجوزها، استانداردهای کیفیت محیط زیست و شیوه پایش تأسیسات آلاینده را تعیین می‌کند تا اثرات زیست‌محیطی پروژه‌ها کاهش یابد. علاوه بر این، الزامات مربوط به مطالعات ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و گزارش‌دهی منظم به سازمان حفاظت محیط زیست در آن مشخص شده است. رعایت این آیین‌نامه برای پروژه‌های عمرانی و صنعتی، از جمله تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب، ضروری است تا پایداری منابع طبیعی و حفاظت از اکوسیستم‌های حساس تضمین شود. این مقررات همچنین به

شناسایی و مدیریت ریسک‌های محیط زیستی کمک کرده و پایه‌ای برای تصمیم‌گیری مدیریتی و برنامه‌ریزی توسعه پایدار ایجاد می‌کنند. این آیین‌نامه، مقررات جزئی‌تری دارد که توسط سازمان حفاظت محیط زیست برای اجرای قانون پایه تدوین شده‌اند و در آن نحوه تعیین مناطق حساس زیست‌محیطی، مدیریت آلودگی و الزامات پروانه برای تأسیسات آلوده‌کننده تشریح شده است [۹].

۳. الزام ارزیابی اثرات محیط زیستی (EIA) : الزام انجام مطالعه EIA باعث می‌شود تا هر مرحله از طراحی، ساخت و بهره‌برداری پروژه‌های آب و فاضلاب از منظر محیط زیستی بررسی شود و راهکارهای کاهش اثرات منفی پیش‌بینی گردد. این مطالعات شامل ارزیابی تأثیرات بر کیفیت آب، خاک، هوا و زیستگاه‌های طبیعی می‌شوند و به تدوین برنامه‌های پایش محیط زیست کمک می‌کنند. علاوه بر آن، EIA به شناسایی نقاط حساس اکولوژیکی و اجتماعی در اطراف پروژه کمک کرده و مبنایی برای تصمیم‌گیری مدیریتی فراهم می‌آورد. رعایت دقیق الزامات EIA همچنین از بروز مشکلات حقوقی و شکایات مردمی جلوگیری کرده و تضمین می‌کند که پروژه‌ها با استانداردهای ملی و بین‌المللی زیست‌محیطی هم‌خوانی داشته باشند. اجرای صحیح EIA در طول عمر پروژه، به کاهش مصرف منابع، کاهش انتشار آلاینده‌ها و افزایش پایداری اکوسیستم‌های آبی و خاکی کمک شایانی می‌کند. بر اساس گزارش‌های سازمان حفاظت محیط زیست، برخی از پروژه‌های فاضلاب یا تأسیسات آب‌گیر ممکن است مشمول EIA باشند. همچنین برخی نقدها وجود دارد که اجرای کامل EIA در همه پروژه‌ها با چالش‌هایی روبروست (مثلاً در برنامه هفتم توسعه)؛ این نشان می‌دهد که الزامات قانونی باید به‌صورت دقیق رعایت شوند [۱۰].

۴. آیین‌نامه جلوگیری از آلودگی آب(Water Pollution By-law) : مقرراتی برای تعیین معیارهای کیفیت پساب (پسماند آب) وجود دارد که تأسیسات فاضلاب باید به آن‌ها پایبند باشند. این قوانین تعیین می‌کنند چه سطحی از آلاینده‌ها (شیمیایی، میکروبی) در خروجی پساب قابل قبول است و چگونه باید دفع پساب انجام شود. این آیین‌نامه همچنین شیوه‌های تصفیه و مدیریت پساب قبل از تخلیه به محیط زیست را مشخص می‌کند تا از آسیب به اکوسیستم‌های آبی جلوگیری شود. رعایت دقیق این معیارها برای تضمین سلامت عمومی و جلوگیری از انتشار بیماری‌های میکروبی اهمیت ویژه‌ای دارد. علاوه بر این، این مقررات به تأسیسات فاضلاب کمک می‌کند تا برنامه‌های پایش مداوم کیفیت پساب را اجرا کرده و در صورت تجاوز از حد مجاز آلاینده‌ها، اقدامات اصلاحی سریع انجام دهند [۱۱].

۵. قانون ملی آب: قانون آب (سطحی، زیرزمینی) نیز بخشی از چارچوب قانونی است که می‌تواند بر پروژه‌های تصفیه آب تأثیر بگذارد (بهره‌برداری از منابع آبی، تخصیص حق آبه، کنترل کیفیت منابع). این قانون می‌تواند مطالبه‌گر کنترل برداشت آب، جلوگیری از آلوده‌سازی منابع آبی و استفاده پایدار از منابع آب باشد. این قانون همچنین معیارهایی برای استفاده بهینه و عادلانه از منابع آبی بین بخش‌های کشاورزی، صنعتی و شرب تعیین می‌کند تا منابع آب در بلندمدت پایدار باقی بمانند. اجرای مفاد قانون ملی آب برای پروژه‌های تصفیه خانه، تضمین می‌کند که برداشت آب خام و تخلیه پساب با حداقل تأثیر بر منابع آبی انجام شود. علاوه بر این، این قانون زمینه نظارت مستمر و اعمال محدودیت‌های قانونی در مواقع بحران آبی یا آلودگی شدید را فراهم می‌آورد و نقش مهمی در مدیریت یکپارچه منابع آب ایفا می‌کند [۱۲].

۶. وظیفه پایش و گزارش‌دهی کیفیت محیط زیست: در چارچوب قوانین محیط زیست، تأسیسات باید پایش مستمر کیفیت آب (خام و خروجی) را انجام دهند و نتایج را به مراجع محیط زیستی گزارش دهند. (این الزام ناشی از ترکیب قانون

محیط زیست و مقررات اجرایی آن است). همچنین اقدامات پیشگیرانه برای کاهش آلودگی (کنترل، منع آلودگی) باید در طراحی و بهره‌برداری تأسیسات لحاظ شود. علاوه بر پایش کیفیت آب، تأسیسات موظفند شاخص‌های زیست‌محیطی مانند غلظت آلاینده‌های شیمیایی و میکروبی را به‌صورت دوره‌ای اندازه‌گیری کرده و روند تغییرات را مستند نمایند. این اطلاعات نه تنها برای انطباق با مقررات قانونی اهمیت دارد، بلکه به شناسایی نقاط ضعف سیستم و پیشگیری از بروز بحران‌های زیست‌محیطی کمک می‌کند. افزون بر این، تحلیل داده‌های پایشی و استفاده از سامانه‌های هوشمند پایش آنلاین می‌تواند امکان پیش‌بینی زودهنگام خطرات زیست‌محیطی و بهبود تصمیم‌گیری مدیریتی را فراهم سازد [۱۳].

۴.۳. ایمنی پرسنل و بهداشت محیط کار در عملیات بهسازی تصفیه خانه آب

در عملیات بهسازی تصفیه‌خانه آب، رعایت ایمنی پرسنل و بهداشت محیط کار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا این فعالیت‌ها در محیطی مرطوب، پرخطر و همراه با مواد شیمیایی انجام می‌شود. حفاظت کارکنان نیازمند استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مانند کلاه، کفش ضدلغزش، دستکش شیمیایی، ماسک فیلتردار و هارنس ایمنی است. کنترل ورود به مناطق خطرناک، نصب تابلوهای هشدار، تأمین روشنایی مناسب و اجرای نظام قفل‌گذاری (LOTO) برای تجهیزات الکتریکی و مکانیکی از اقدام‌های اساسی در پیشگیری از حوادث محسوب می‌شود. در فضاهای بسته مانند مخازن و حوضچه‌ها، پیش از ورود باید میزان اکسیژن و گازهای سمی نظیر H_2S و CH_4 اندازه‌گیری شده و تهویه کافی برقرار گردد [۱۴]. بهداشت محیط کار نیز شامل مدیریت صحیح مواد شیمیایی، جلوگیری از نشت آنها، رعایت اصول انبارداری استاندارد و دسترسی به برگه‌های ایمنی (MSDS) است. کاهش ریسک زیست‌محیطی با جلوگیری از انتشار پسماندهای خطرناک، کنترل بوی نامطبوع، مدیریت اصولی لجن و جلوگیری از ورود رواناب‌های آلوده به منابع آبی صورت می‌گیرد. استفاده از سیستم‌های تصفیه موقت در طول تعمیرات، پایش مستمر کیفیت آب خروجی و اجرای طرح واکنش اضطراری برای حوادثی مانند نشتی کلر، احتمال آسیب‌های زیست‌محیطی را به حداقل می‌رساند. افزون بر این، آموزش‌های منظم در زمینه کار با مواد شیمیایی، کار در ارتفاع و اصول امداد و نجات، سطح ایمنی کارکنان را به شکل قابل‌توجهی افزایش می‌دهد. انجام بازرسی‌های روزانه تجهیزات، ثبت و مستندسازی خطرات مشاهده‌شده و فرهنگ‌سازی رفتار ایمن، نقش مهمی در کاهش خطاهای انسانی دارد. همچنین ایجاد مسیرهای تردد ایمن، جلوگیری از لغزندگی سطوح و تامین تجهیزات کمک‌های اولیه، محیط کار را پایدارتر و سالم‌تر می‌سازد. در نهایت، ترکیب اقدامات فنی، مدیریتی و آموزشی منجر به یک رویکرد جامع HSE می‌شود که هم سلامت کارکنان و هم حفاظت محیط زیست را در عملیات بهسازی تصفیه‌خانه آب تضمین می‌کند [۱۵].

۵.۳. اثرگذاری منفی تصفیه آب بر محیط‌زیست

۱. آلودگی آب: در فرآیندهای تصفیه آب از موادی مانند کلروفریک، آب آهک و پلی‌الکترولیت استفاده می‌شود که در صورت مدیریت نادرست می‌توانند اثرات منفی بر محیط‌زیست داشته باشند. مصرف بالای انرژی در این فرآیندها نیز باعث انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. استفاده بیش از حد یا نادرست این مواد شیمیایی می‌تواند کیفیت آب خروجی را تحت تأثیر قرار دهد و به اکوسیستم‌های آبی آسیب برساند. همچنین، پساب‌هایی که حاوی مواد شیمیایی تصفیه هستند ممکن است به منابع آبی اطراف وارد شده و آلومینیوم، کلر و فلزات سنگین را به محیط منتقل کنند؛ در مناطقی که تصفیه‌خانه‌ها از منابع آب زیرزمینی استفاده می‌کنند، امکان نشت این مواد به منابع زیرزمینی و ایجاد اثرات بلندمدت بر کیفیت آب وجود دارد. بنابراین پایش مستمر، اجرای روش‌های پیشرفته تصفیه پساب، آموزش پرسنل و رعایت استانداردهای ایمنی از اهمیت بالایی در کاهش ریسک‌های زیست‌محیطی برخوردار است [۱۶].

۲. آلودگی هوا و صوتی: برخی فرآیندهای تصفیه آب می‌توانند منجر به انتشار گازهای سمی به محیط‌زیست شوند، به‌ویژه در فرآیند گندزدایی با کلر یا ازن. این گازها می‌توانند باعث آلودگی هوا و اثرات زیانبار بر سلامت انسان و سایر موجودات زنده شوند. علاوه بر این، تماس مستقیم یا بلندمدت با این گازها می‌تواند مشکلات تنفسی، تحریک پوست و چشم و سایر بیماری‌های مزمن را در انسان ایجاد کند. مدیریت دقیق فرآیندهای گندزدایی و استفاده از فناوری‌های جایگزین کم‌خطر می‌تواند اثرات منفی انتشار این گازها را کاهش دهد. نظارت مستمر بر کیفیت هوا در اطراف تصفیه‌خانه‌ها برای پیشگیری از خطرات زیست‌محیطی ضروری است. همچنین تصفیه‌خانه‌ها معمولاً تجهیزات بزرگی دارند که می‌توانند باعث تولید سر و صدا در مناطق اطراف شوند، این آلودگی صوتی می‌تواند تأثیرات منفی بر کیفیت زندگی ساکنان مناطق مسکونی مجاور داشته باشد [۱۷].

۳. آلودگی خاک: یکی از مسائل مهم در تصفیه‌خانه‌ها، مدیریت لجن حاصل از فرآیندهای تصفیه است. اگر این لجن‌ها به‌طور صحیح دفع نشوند، می‌توانند به آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی منجر شوند. بنابراین، فرآیندهای تثبیت، خشک‌سازی و هضم بی‌هوازی لجن اهمیت بالایی دارند. استفاده از فناوری‌های نوین مانند کمپوست‌سازی یا تولید بیوگاز از لجن، نه‌تنها به کاهش اثرات زیست‌محیطی کمک می‌کند، بلکه می‌تواند منبع انرژی تجدیدپذیر و کود غنی از مواد مغذی فراهم آورد. مدیریت اصولی لجن، بخشی ضروری از برنامه‌های پایدار تصفیه آب و حفاظت از محیط زیست است.

۴. تأثیر بر اکوسیستم‌ها: تغییرات در کیفیت آب، مانند افزایش سطح کلر یا تغییرات درPH ، می‌تواند اثرات منفی بر آبزیان و دیگر موجودات آبی داشته باشد. این تغییرات ممکن است باعث کاهش جمعیت گونه‌های حساس، اختلال در زنجیره غذایی و کاهش تنوع زیستی شوند. همچنین، آلودگی‌های شیمیایی و زیستی می‌تواند رفتار تولیدمثلی و رشد آبزیان را مختل کند. همچنین تغییرات در منابع آبی می‌تواند به تغییرات در اکوسیستم‌های اطراف منجر شود، از جمله تأثیر بر کشاورزی و زیستگاه‌های طبیعی، کاهش کیفیت یا کمیت آب، می‌تواند سلامت خاک را تحت تأثیر قرار دهد و دسترسی به منابع غذایی و آب برای حیوانات خشکی‌زی را محدود کند. مدیریت صحیح منابع آب و جلوگیری از آلودگی، نقش کلیدی در حفظ توازن اکوسیستم‌های آبی و خشکی دارد [۱۸].

۶.۳ . تاثیرات زیست محیطی ناشی از بهسازی و ارتقا کیفیت تصفیه خانه آب

۱. اثرات مثبت فاز ساخت: افزایش ظرفیت نهایی تصفیه خانه، ایجاد اشتغال موقت در منطقه و بهبود ایمنی سازه‌های قدیمی و جلوگیری از حوادث زیست‌محیطی آینده. علاوه بر این، نوسازی و بهینه‌سازی تجهیزات تصفیه، بهره‌وری انرژی و کاهش مصرف منابع را به همراه دارد. ارتقای زیرساخت‌ها باعث کاهش توقفات ناشی از خرابی‌ها و افزایش پایداری عملکرد تصفیه خانه می‌شود. فاز ساخت همچنین می‌تواند فرصت‌های آموزشی و انتقال فناوری به نیروهای محلی فراهم کند. در بلندمدت، این پروژه‌ها به ارتقای کیفیت محیط زیست و بهبود سلامت عمومی جامعه کمک می‌کنند.

۲. اثرات مثبت فاز بهره‌برداری پس از بهسازی: ارتقای کیفیت آب شرب موجب کاهش کدورت، میکرو ارگانیسم‌ها، ترکیبات آلی، مواد شیمیایی مضر و فلزات سنگین و تأمین آب سالم برای مصرف‌کنندگان شهری و روستایی می‌شود. همچنین مصرف مواد شیمیایی با استفاده از تجهیزات دقیق‌تر و تزریق بهینه مواد منعقدکننده و گندزدا کاهش یافته و تولید محصولات جانبی گندزدایی، مانند تری‌هالومتان‌ها، به حداقل می‌رسد. بهره‌گیری از پمپ‌ها و بلوئرهای کارآمد نیز باعث کاهش مصرف

انرژی و کاهش انتشار غیرمستقیم گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید انرژی می‌شود. علاوه بر این، احتمال آلودگی منابع آب کاهش یافته، عملکرد فرآیندهای انعقاد، فیلتراسیون و گندزدایی بهبود یافته و رهاسازی مواد شیمیایی یا میکروبی در محیط به حداقل می‌رسد. این اقدامات در نهایت باعث افزایش پایداری سامانه، کاهش ریسک حوادث، کاهش احتمال شکست تجهیزات، نشت مواد شیمیایی و سرریز آب خام یا پساب خواهد شد [۱۹].

۳. اثرات منفی احتمالی پس از بهسازی و ارتقاء: احتمال افزایش مصرف برخی مواد شیمیایی جدید، مانند پلیمرها یا جاذب‌های پیشرفته، وجود دارد. همچنین ارتقای برخی فرآیندهای انعقاد و فیلتراسیون ممکن است منجر به افزایش تولید لجن شود و نیاز به مدیریت ویژه برای مواد شیمیایی حساس‌تر مانند ازن‌ها احساس شود.علاوه بر این، افزایش تنوع و غلظت مواد شیمیایی می‌تواند خطرات ایمنی و زیست‌محیطی را افزایش دهد و نیازمند نظارت دقیق و آموزش پرسنل است. نگهداری و کنترل تجهیزات برای جلوگیری از نشت یا تخریب مواد شیمیایی اهمیت بالایی دارد. مدیریت صحیح لجن تولید شده برای کاهش اثرات محیط‌زیستی ضروری است. همچنین، برنامه‌ریزی بهینه برای مصرف انرژی و مواد شیمیایی می‌تواند هزینه‌ها و ریسک‌های بهره‌برداری را کاهش دهد [۲۰].

۷.۳. بهسازی و نوسازی تجهیزات تصفیه‌خانه آب شرب شهر گرمی و اثرات مثبت آن

در این بخش چند مورد از اثرات مثبت فرایند بهسازی تصفیه‌خانه آب شرب شهر گرمی در واحد های مختلف و با استناد به تصاویر پروژه اجرا شده در این تصفیه خانه ارائه شده است. این پروژه با پیمانکاری شرکت فخرگازآب و کارفرمایی شرکت آب و فاضلاب استان اردبیل در سال ۱۴۰۳ اجرا گردید. اقدامات انجام‌شده شامل تعمیر و تعویض الکتروگیربکس‌ها، پمپ‌ها، پل های لجن روب، شیرآلات و سایر تجهیزات فرسوده بود؛ تجهیزاتی که به دلیل استهلاک بالا کارایی لازم را نداشته و موجب نوسان کیفیت آب خروجی می‌شدند، نوسازی و ارتقای تجهیزات موجب افزایش بهره‌وری سیستم و نیز کاهش هزینه‌های بلندمدت بهره‌برداری شده است [۲۱].

۱. به‌دلیل خرابی و کم بودن تعداد اگزاست‌فن‌ها در سالن ذخیره کلروفریک، بخارات متصاعدشده از مخازن موجب تخریب پوشش سقف سوله و ایجاد خوردگی در سازه فولادی آن شده بود. با جایگزینی و افزایش تعداد فن‌های تهویه، انجام عملیات سندبلاست، پوشش‌دهی سازه با رنگ اپوکسی، و تعویض پوشش سقف سوله، اقدامات اصلاحی لازم برای کاهش اثرات بخارات سمی و افزایش ایمنی محیط انجام گرفت (تصویر۷و۸).



تصویر ۷. نمایی از سقف سوله قبل از بهسازی



تصویر ۸. نمایی از سقف سوله بعد از بهسازی

۲. تعویض شیرهای یکطرفه و کشویی و تعویض و ارتقا الکترو پمپ های حلزونی از سایز اسمی ۲۰۰-۱۵۰ و توان ۱۱ کیلووات به سایز ۲۵۰-۱۲۵ و توان ۱۸/۵ کیلووات در سیستم بکواش، که این عمل باعث شستشوی بهتر سیلیس داخل تانک های فیلتراسیون و بهبود کیفیت آب خروجی گردیده است (تصویر۹و۱۰).



تصویر ۹. نمایی از سیستم بکواش قبل از بهسازی



تصویر ۱۰. نمایی از سیستم بکواش بعد از بهسازی

۳. تعویض دوزینگ پمپ های (پمپ دیافراگمی) فرسوده و قدیمی با دوزینگ پمپ های جدید و با کیفیت گراند فوس آلمان با فشار کاری ۶ بار و با ظرفیت ۴۶۰ لیتر در ساعت برای مخازن انحلال کلروفریک و آب آهک و پلی الکترولیت به تعداد ۶ دستگاه، همراه با تعویض لوله های UPVC که این عمل باعث تزریق بهینه مواد منعقدکننده و عملکرد بهتر فرآیند انعقاد و کاهش مصرف مواد شیمیایی گردیده است (تصویر۱۱و۱۲).

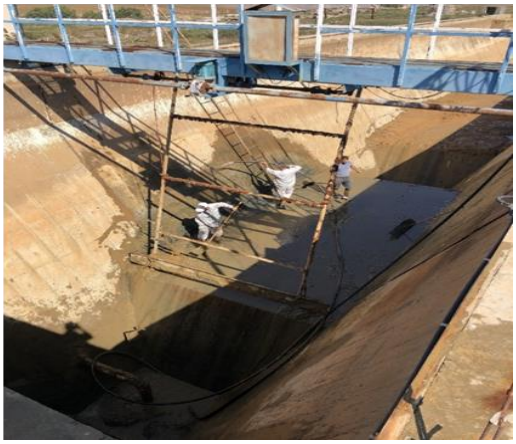


تصویر ۱۱. نمایی از دوزینگ پمپ های سالن شیمیایی قبل از بهسازی



تصویر ۱۲. نمایی از دوزینگ پمپ های سالن شیمیایی بعد از بهسازی

۴. به علت خرابی و فرسودگی دو دستگاه پل لجن روب مستطیلی شکل حوضچه های ته نشینی، جمع آوری و تخلیه لجن ته نشین شده، بصورت دستی و در دوره های طولانی مدت انجام می شد که اینکار باعث اختلال در فرایند تصفیه و قطع مکرر آب و افت کیفیت آب مصرفی می شد. لذا دو دستگاه پل لجن روب توسط شرکت فخرگازآب ساخته و نصب گردید تا در پایان هرروز کاری لجن های ته نشین شده جمع آوری و در دوره های معین تخلیه شوند (تصویر۱۳و۱۴).



تصویر ۱۳. نمایی از حوضچه ته نشینی و پل لجن روب قبل از بهسازی



تصویر ۱۴. نمایی از حوضچه ته نشینی و پل لجن روب بعد از بهسازی

۵. تعویض و ارتقاء ۱۲ دستگاه الکترو گیربکسهای دور متغیر با توان ۳ کیلووات حوضچه های دور کند به الکترو گیربکس های با توان ۵/۵ کیلووات که در نتیجه این کار عمل انعقاد و لخته سازی بهتر انجام شده و باعث کاهش کدورت و افزایش کیفیت آب خروجی گردیده است (تصویر۱۵و۱۶).



تصویر ۱۵. نمایی از حوضچه انعقاد و لخته سازی قبل از بهسازی



تصویر ۱۶. نمایی از حوضچه انعقاد و لخته سازی بعد از بهسازی

۶. تبدیل عملکرد الکتروموتورهای میکسر از حالت دستی به اینورتر باعث کاهش مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری در فرآیند اختلاط می‌شود و همچنین استفاده از اینورتر، امکان کنترل دقیق سرعت و جلوگیری از تنش‌های مکانیکی را فراهم کرده و عمر تجهیزات را افزایش می‌دهد و این تغییر باعث ثبات بیشتر در کیفیت اختلاط و بهبود کارایی تصفیه‌خانه در شرایط مختلف عملیاتی می‌گردد (تصویر۱۷و۱۸).

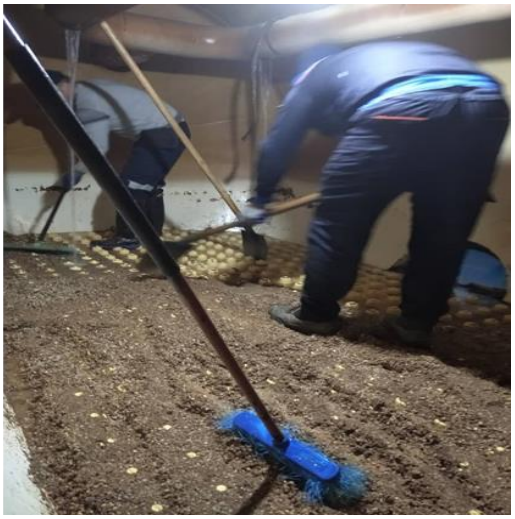


تصویر ۱۷. نمایی از تابلو برق واحد انعقاد و لخته سازی قبل از بهسازی



تصویر ۱۸. نمایی از تابلو برق واحد انعقاد و لخته سازی بعد از بهسازی

۷. تعویض سیلیس تانک‌های فیلتراسیون باعث افزایش کارایی جذب و حذف ذرات معلق و بهبود عملکرد کلی فیلترها می‌شود. این اقدام موجب کاهش افت فشار و بهبود سرعت و یکنواختی جریان آب در مراحل تصفیه می‌گردد. در نتیجه، کیفیت آب تصفیه‌شده، ارتقا یافته و پایداری و عمر مفید سیستم فیلتراسیون افزایش می‌یابد (تصویر۱۹و۲۰).



تصویر ۱۹. نمایی از تخلیه سیلیس داخل تانک فیلتراسیون قبل از بهسازی



تصویر ۲۰. نمایی از سیلیس تازه داخل تانک فیلتراسیون بعد از بهسازی

۸. تعویض و تعمیر لوله‌ها و کلکتورهای ورودی فیلتراسیون موجب بهبود یکنواختی توزیع آب ورودی و افزایش راندمان عملکرد فیلترها می‌شود. این اقدام باعث کاهش افت فشار و جلوگیری از نشتی‌ها و گرفتگی‌های احتمالی در مسیر جریان می‌گردد. در نتیجه، کیفیت آب خروجی تصفیه‌خانه ارتقا یافته و پایداری سیستم فیلتراسیون در بلندمدت تضمین می‌شود (تصویر ۲۱و۲۲).


تصویر ۲۱. نمایی از لوله ها و کلکتورهای فرسوده فیلتراسیون


تصویر ۲۲. نمایی از جوشکاری و تعویض لوله های معیوب فیلتراسیون

۸.۳. وضعیت فعلی تصفیه خانه آب گرمی و نیازهای آینده تعمیرات و بهسازی آن

در این پروژه، بخش عمده‌ای از نیازهای تعمیراتی و بهسازی تصفیه‌خانه گرمی انجام شده که مهم‌ترین آنها به شرح زیر می باشد:

۱. تعویض کلیه دوزینگ‌پمپ‌های سالن شیمیایی و تعویض پوشش سقف سوله ذخیره کلروفریک.
۲. جایگزینی جرثقیل سقفی دستی سالن پمپاژ با یک جرثقیل برقی چهارکاره.
۳. تعویض شیرآلات و پمپ‌های فرسوده در سالن فیلتراسیون و سالن پمپاژ .
۴. تعمیر کلکتورها و لوله ها و تعویض سیلیس تانک‌های فیلتراسیون و رنگ آمیزی تانک ها و لوله های فیلتراسیون.
۵. تهیه و نصب ۲۴ عدد اگزاست فن در سالن‌های شیمیایی، سیلندر گاز، فیلتراسیون، پمپاژ و سالن ذخیره کلروفریک.
۶. تعویض کلیه کابل و سیم ها و چراغ ها و بهسازی سیستم روشنایی کلیه سالن‌ها و محوطه تصفیه‌خانه.
۷. تعویض کمپرسور فرسوده تانک ضربه‌گیر سالن پمپاژ با یک کمپرسور ۲۸ بار با مارک FINI .
۸. تعویض لجن‌روب مستطیلی شکل خود مکش بهمراه تابلوهای برق مربوطه درحوضچه ته‌نشینی.
۹. تعویض و ارتقا الکتروگیربکس‌های واحد اختلاط و تبدیل عملکرد گیربکس دورمتغیر از حالت دستی به اینورتر.
۱۰. تعویض کلیه لوله‌های UPVC سالن شیمیایی و تعمیر و بهسازی جرثقیل سقفی سالن سیلندر گاز کلر [۲۲].

علاوه بر این اقدامات، به منظور افزایش پایداری وکارایی تأسیسات، بخش‌هایی از سیستم‌های کنترلی و ایمنی نیز مورد بازبینی قرار گرفت و برخی اصلاحات اولیه در مسیر لوله‌کشی و کابل‌کشی انجام شد. همچنین، وضعیت سازه‌ای برخی از مخازن و تجهیزات جانبی، بررسی و نقاط نیازمند تقویت شناسایی شد. با وجود این حجم از اقدامات، تصفیه‌خانه به دلیل قدمت زیاد و موقعیت قرار گیری و همچنین به علت عدم برآورد و محدودیت کارهای اضافی قرارداد موجود، نیازمند بازسازی

و بهسازی‌های بیشتری است. بخش‌های فرسوده ساختاری، تجهیزات قدیمی با راندمان پایین و محدودیت‌های موجود در سیستم‌های کنترلی، لزوم انجام تعمیرات اساسی‌تر را مشخص می‌کند. اهم این نیازها با استناد به تصاویر و مستندات پیوست ارائه می‌شود.

۱. به‌علت قرارگیری تصفیه‌خانه گرمی در یک سطح شیبدار، هنگام بارندگی‌های نسبتاً شدید، خاک زمین‌های کشاورزی بالادست، شسته شده و موجب گل‌آلود شدن محوطه تصفیه‌خانه و حتی نفوذ گل و لای به داخل سالن‌های تصفیه می‌شود. همچنین مسیر دسترسی شنی تصفیه‌خانه، که به‌طول حدود دو کیلومتر از جاده اصلی آسفالته امتداد دارد، در زمان بارندگی به‌دلیل شسته شدن خاک‌های اطراف، غیرقابل تردد شده و مشکلات جدی برای عبور و مرور کارکنان و انجام عملیات بهره‌برداری ایجاد می‌کند. ازاین‌رو، ضروری است راهکارهای مناسب برای رفع این مشکلات اجرا شود؛ از جمله شن‌ریزی مجدد مسیر دسترسی و انجام عملیات آسفالت‌کاری، همراه با احداث کانیوو و آبروهای مناسب جهت جمع‌آوری و هدایت آب‌های گل‌آلود به پایین‌دست مسیر و محوطه تصفیه‌خانه، به‌گونه‌ای که این روان‌آب‌ها به سمت سد گیلارلو منتقل شوند و از ورود آن‌ها به محوطه و سازه‌های تصفیه جلوگیری شود. علاوه بر این، بررسی امکان ایجاد دیواره‌های حفاظتی (گابیون یا دیوار حائل)، احداث زهکش‌های سطحی در بالادست، و تثبیت خاک زمین‌های کشاورزی مجاور از طریق کشت پوششی یا عملیات بهبود خاک می‌تواند شدت ورود رسوبات را به‌طور قابل‌توجهی کاهش دهد. انجام برنامه‌های دوره‌ای لایروبی آبروها و کنترل وضعیت مسیر نیز برای جلوگیری از انسداد و افزایش کارایی سیستم دفع روان‌آب‌ها ضروری به‌نظر می‌رسد. با اجرای مجموعه این اقدامات، ضمن کاهش خسارات ناشی از بارندگی، شرایط بهره‌برداری از تصفیه‌خانه بهبود یافته و پایداری عملکرد آن در فصول پرباران تضمین خواهد شد. همچنین پیشنهاد می‌شود نقش دستگاه‌های مرتبط در حوزه مدیریت منابع آب و خاک پررنگ‌تر شده و عملیات مشترک بین دستگاهی برای کنترل سیلاب‌های فصلی تعریف گردد. انجام مطالعات هیدرولوژی دقیق‌تر برای پیش‌بینی رفتار جریان‌های سطحی نیز می‌تواند در انتخاب نوع سازه‌های حفاظتی مؤثر باشد. علاوه بر این، نصب توری‌های رسوب‌گیر در نقاط بحرانی مسیر جریان آب می‌تواند از ورود حجم زیادی از گل و لای به سمت تأسیسات جلوگیری کند. برنامه‌ریزی برای نگهداشت دوره‌ای جاده دسترسی و بازدید مستمر از سازه‌های آبرو نیز به افزایش دوام و کارایی آن‌ها کمک خواهد کرد. (تصویر۲۳و۲۴).



تصویر ۲۳. نمایی از وضعیت سالن گندزدایی در مواقع بارندگی شدید



تصویر ۲۴. نمایی از ورودی و جاده دسترسی تصفیه خانه موقع بارندگی شدید

۲. خط انتقال آب خام فولادی به قطر ۶۰۰ میلی‌متر که از کانال آب جعفرآباد مغان تغذیه می‌شود، در پی بارندگی‌ها و سیلاب‌های اخیر در چند نقطه دچار آسیب شده و پایه‌های اطمینان (ساپورت‌های بتنی) آن در محل عبور لوله از رودخانه‌ها و مسیل‌ها تخریب گردیده و عملکرد مطلوب خود را از دست داده‌اند. این وضعیت می‌تواند در بارندگی‌های آتی منجر به تخریب کامل ساپورت‌ها شده و تأمین آب خام تصفیه‌خانه را با اختلال جدی مواجه سازد و در نهایت بحران آب در منطقه گرمی ایجاد کند. ازاین‌رو، ضروری است این نقاط آسیب‌پذیر با احداث سازه‌های مقاوم‌تر و اجرای عملیات اصلاحی مناسب ترمیم و تقویت شوند تا از بروز مشکلات بعدی جلوگیری به عمل آید. همچنین پیشنهاد می‌شود مطالعات فنی دقیق‌تری برای ارزیابی پایداری مسیر خط انتقال در برابر سیلاب‌های احتمالی انجام شود و تمهیداتی نظیر تثبیت بستر رودخانه و ایجاد دیواره‌های محافظ در مناطق پرخطر در دستور کار قرار گیرد (تصویر۲۵).



تصویر ۲۵. نمایی از وضعیت ساپورت بتنی لوله خط انتقال آب خام تصفیه خانه گرمی

۴. نتیجه‌گیری

بررسی ارزیابی محیط‌زیستی پروژه بهسازی، تعمیرات و ارتقای تصفیه‌خانه آب شرب نشان می‌دهد که اجرای طرح با رعایت اصول فنی و مدیریتی می‌تواند تأثیرات مثبت قابل‌توجهی بر کیفیت منابع آب، بهداشت عمومی و پایداری محیط‌زیست داشته باشد. مطابق نتایج تحلیل‌ها، بخش عمده‌ای از پیامدهای منفی احتمالی از جمله افزایش موقت آلودگی‌های ناشی از عملیات عمرانی، تولید پسماند، گردوغبار، آلودگی صوتی و ریسک انتشار مواد شیمیایی ماهیتی کوتاه‌مدت و قابل‌کنترل داشته و با به‌کارگیری برنامه‌های کاهش اثرات (Mitigation Measures) قابل مدیریت هستند. ارتقای فناوری‌های تصفیه، استفاده از تجهیزات کارآمدتر، بهینه‌سازی فرایند کلرزنی و لجن‌روبی، و بهبود خطوط انتقال و واحدهای فرآیندی، نه‌تنها سبب کاهش خطرات احتمالی آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی می‌شود، بلکه پایداری عملکرد تصفیه‌خانه را در بلندمدت تضمین می‌کند. همچنین کاهش میزان مصرف انرژی و مواد شیمیایی در اثر نوسازی تجهیزات، تأثیرات مثبت قابل‌توجهی بر کاهش ردپای محیط‌زیستی تصفیه‌خانه خواهد داشت. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، پروژه بهسازی و ارتقاء کیفیت تصفیه خانه ها از منظر محیط‌زیستی قابل‌اجرا بوده و در صورت پایبندی کامل به الزامات مدیریتی، استانداردهای ملی و اجرای برنامه پایش مداوم، نه‌تنها تهدیدی برای محیط‌زیست محسوب نمی‌شود بلکه موجب افزایش سطح ایمنی، بهبود کیفیت آب شرب، ارتقای بهداشت جامعه و کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی در مقایسه با وضعیت موجود خواهد شد. در نهایت، اجرای این طرح می‌تواند به‌عنوان یک اقدام ضروری و سودمند در جهت مدیریت پایدار منابع آب و ارتقای خدمات

شهری مورد تأیید قرار گیرد، همچنین این تحقیق می‌تواند در توسعه مدل‌های مشابه برای سایر تصفیه‌خانه‌ها و تدوین استانداردهای کیفی آب نقش مؤثری ایفا کند.

ازاستاد محترم، دکتر قربانعلی دزواره و مهندس سبحان حیدریان برای راهنمایی‌های ارزشمند و همراهی در تهیه این مقاله صمیمانه سپاسگزارم.

مراجع

1. Teodosiu, C., Gilca, A. F., Barjoveanu, G., & Fiore, S. (2018). Emerging pollutants removal through advanced drinking water treatment: A review on processes and environmental performances assessment. Journal of cleaner production, 197, 1210-1221.
2. Puri, M., Gandhi, K., & Kumar, M. S. (2023). Emerging environmental contaminants: A global perspective on policies and regulations. Journal of Environmental Management, 332, 117344.
3. Muhammad, Z., & Mahmood, A. (2025). Maintenance of Wastewater Treatment Plants. In Wastewater Treatment Plants: Processes, Assessment, Design and Operation (pp. 91-105). Cham: Springer Nature Switzerland.
4. Hanafi, M. F., & Sapawe, N. (2020). A review on the current techniques and technologies of organic pollutants removal from water/wastewater. Materials Today: Proceedings, 31, A158-A165.
5. Zhao, M., & Boll, J. (2022). Adaptation of water resources management under climate change. Frontiers in Water, 4, 983228.
6. treatmentprocesses.blogfa.com+2tavaan.com+2
7. Khaniki, G. R. J., Mahdavi, M., & Mohebbi, M. R. (2009). HACCP application for treatment of drinking water for Germi in Iran. J Food Agric Environ, 7(2), 709-12.
8. Noori, M., Mousavi, S. F., Pourhashemi, S. A., & Karimi, D. (2019). To solve legal-environmental challenges in national law of Iran and other countries sustainable development fulfilment necessity. Ukrainian Journal of Ecology, 9(1), 135-143.
9. Reitze, A. W. (2001). Air pollution control law: compliance and enforcement. Environmental Law Institute.
10. Wang, Y., Morgan, R. K., & Cashmore, M. (2003). Environmental impact assessment of projects in the People's Republic of China: new law, old problems. Environmental impact assessment review, 23(5), 543-579.
11. Roy, M., Pathak, V. K., & Sharma, R. (2025). Policies and legislative framework for industrial wastewater management. In Integrated Biotechnological Solutions for the Treatment of Industrial Wastewater (pp. 527-557). Elsevier.
12. Caponera, D. A., & Nanni, M. (2019). Principles of water law and administration: national and international. Routledge.

13. United States. Environmental Protection Agency. Office of Water Enforcement, United States. Environmental Protection Agency. Office of Water Regulations, & Standards. (1991). Technical support document for water quality-based toxics control (Vol. 505). US Environmental Protection Agency.
14. Falakh, F., & Setiani, O. (2018). Hazard identification and risk assessment in water treatment plant considering environmental health and safety practice. In E3S web of conferences (Vol. 31, p. 06011). EDP Sciences.
15. Desai, T. Environmental Pollution and Its Management: Air, Water, Soil and Noise. Environment and Pollution, 149.
16. Lerner, D. N., & Harris, B. (2009). The relationship between land use and groundwater resources and quality.
17. Land use policy, 26, S265-S273.
18. Ravindiran, G., Rajamanickam, S., Sivarethinamohan, S., Karupaiya Sathaiah, B., Ravindran, G., Muniasamy, S. K., & Hayder, G. (2023). A review of the status, effects, prevention, and remediation of groundwater contamination for sustainable environment. Water, 15(20), 3662.
19. Mehta, P. (2024). The impact of climate change on the environment, water resources, and agriculture: a comprehensive review. Climate, Environment and Agricultural Development: A Sustainable Approach Towards Society, 189-201.
20. Bwapwa, J. K., Mkhize, N., & Seyam, M. (2024). Evaluation of operational efficiency and performance for a water treatment plant. South African Journal of Chemical Engineering, 49(1), 11-34.
21. Forhad, H. M., Uddin, M. R., Chakrovorty, R. S., Ruhul, A. M., Faruk, H. M., Kamruzzaman, S., ... & Morshed, A. M. (2024). IoT based real-time water quality monitoring system in water treatment plants (WTPs). Heliyon, 10(23).
22. Documents and reports of contract number 10/1402/2341, date: 14/02/1402, subject of repairs, improvement and quality improvement of the drinking water treatment plant in the city of Germi, contracted by :Fakhr Gas Ab Company and commissioned by Ardabil Province Water and Wastewater Company.