مجله بهداشت و توسعه
سال پنجم/شماره ٤/ زمستان ۱۳۹۵

مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۹/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۲/۱۲

ساماندهی فاضلاب نیروگاه حرارتی زرند: ارزیابی روش‌های تصفیه فاضلاب، برآورد اقتصادی و پیشنهاد گزینه برتر

رسول شعبانی اقطاء[۱]، احمد رجبی زاده[۲]، حسین جعفری منصوریان[۳،۴]، بهار رجبی زاده[۵]، آرش احمدی نمچ[۶]

چکیده

مقدمه: صنعت نقش عمده‌ای در آلودگی ذخایر آب داشته و در مقابل بیشترین پتانسیل را برای کاهش مصرف و اجرای برنامه‌های مدیریت آب و فاضلاب دارد. هدف از این مطالعه انتخاب بهترین روش تصفیه برای فاضلاب نیروگاه حرارتی زرند است به‌گونه‌ای که کمترین اثرات مخرب زیست‌محیطی را به همراه قابلیت اجرا ازلحاظ فنی، اقتصادی و استفاده مجدد داشته باشد.

روش‌ها: در این مطالعه مقطعی با استفاده از اطلاعات موجود در سازمان‌ها و ارگان‌های ذی‌ربط، وضعیت موجود حوزه مطالعاتی از جنبه‌های مختلف جمع‌آوری شد. سپس وضعیت نیروگاه زرند از نظر میزان انرژی تولیدی، فرآیند تولید، نوع مواد شیمیایی و سوخت مورد استفاده، حجم آب مصرفی و منابع تأمین آن، برآورد کمی و کیفی پساب خروجی و وضعیت موجود جمع‌آوری و دفع آن با استفاده از روش‌های آمار توصیفی تجزیه و تحلیل و مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج: بیشترین پساب واحدهای نیروگاه حرارتی زرند عمدتاً در واحدهای خنک کننده تولید می‌شود. با توجه به بررسی انجام گرفته، تجزیه و تحلیل هزینه‌ها و مزایا و معایب هریک از سیستم‌های تصفیه فاضلاب؛ سیستم حذف بیولوژیکی سولفات همراه با کربن فعال برای تصفیه‌خانه فاضلاب نیروگاه زرند پیشنهاد می‌گردد.

بحث و نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج حاصله با مدیریت صحیح می‌توان از تغییرات زیست‌محیطی منابع پذیرنده پساب نیروگاه حرارتی زرند جلوگیری نموده و از پساب، بهترین استفاده مجدد را برد.

واژگان کلیدی: نیروگاه حرارتی، تصفیه فاضلاب صنعتی، برآورد اقتصادی، زرند

مقدمه

داشتن منابع آب سالم برای حفظ کیفیت محیط‌زیست و رشد و توسعه اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و فرهنگی بسیار ضروری است. رشد سریع صنایع کشور که عموماً بدون توجه به‌کفایت منابع آب صورت می‌پذیرد، مشکلات عدیده‌ای را در تخصیص آب کافی به نقاط مختلف مصرف ایجاد کرده و فشار بیشتری بر منابع آب زیرزمینی در بسیاری از دشت‌های کشور وارد نموده است (۱). مقابله با مشکلات ناشی از افت کمی و کیفی منابع آب، بدون طرح‌ریزی و اجرای برنامه‌های عملی کاهش مصرف، تصفیه فاضلاب و استفاده مجدد از آن امکان‌پذیر

۱- کارشناس ارشد، شرکت مهندسان مشاور دریا رود جنوب، کرمان، ایران
۲- مربی، مرکز تحقیقات مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمان، کرمان، ایران
۳- مربی، مرکز تحقیقات ارتقاء سلامت، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران
۴- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، همدان، ایران
۵- دانشجوی کارشناسی، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه باهنرکرمان، کرمان، ایران
۶- کارشناس، شرکت آبفار کرمان، کرمان، ایران
نویسنده‌ی مسئول: حسین جعفری منصوریان **Email:** h.mansoorian@yahoo.com
آدرس: زاهدان، میدان دکتر حسابی، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، دانشکده بهداشت **تلفن:** ۰۵۴-۳۳۲۹۵۸۲۴ **فاکس:** ۰۵۴-۳۲۴۲۵۷۳۵

نخواهد بود. در این میان بخش صنعت نقش عمده‌ای در آلودگی ذخایر آب شیرین داشته و در مقابل بیشترین پتانسیل را برای کاهش مصرف و اجرای برنامه‌های مدیریت آب و فاضلاب دارد (۲). بخش صنعت با مصرف بیش از ۱ میلیارد مترمکعب آب در سال، از مصرف‌کنندگان عمده آب در کشور محسوب می‌شود. بر اساس پیش‌بینی‌ها، این میزان تا سال ۱۴۰۰ به بیش از ٦ میلیارد مترمکعب و تا سال ۱٤۲۵ به ۹ میلیارد مترمکعب (۸٪ کل مصارف) خواهد رسید (۱). یکی از آلودگی‌های مهم در کلیه فعالیت‌های صنعتی و از جمله نیروگاه‌های برق، فاضلاب‌های صنعتی است که ضروری است به طور اصولی کنترل و مدیریت شوند تا علاوه بر جلوگیری از اثرات سوء آن، در مصرف منابع محدود آبی کشور نیز صرفه‌جویی شود. از این رو داشتن یک استراتژی و برنامه مدون برای حفظ منابع آب و کنترل آلودگی‌های آن به عنوان یک مسئله زیربنایی کشور مطرح است (۳). همچنین متولیان آب بر این باور رسیده‌اند که تصفیه فاضلاب‌های صنعتی باید بتواند آبی با چنان کیفیت تولید نماید که نه تنها دور ریخته نشود، بلکه مصارف مطلوبی برای آن پیش‌بینی گردد. این الزام علاوه بر غلبه بر شرایط کم آبی و صرف هزینه‌های بسیار بالای توسعه منابع جدید آبی و حفاظت محیط‌زیست، نیروی حرکتی تازه‌ای برای مصارف مجدد فاضلاب در بسیاری از نقاط دنیا به وجود آورده است. همچنین پساب خروجی از واحدهای صنعتی بایستی از نظر عوامل آلاینده در حدی باشد که مصرف آن جهت استفاده‌های مجدد، عارضه سوئی در کوتاه مدت یا دراز مدت در انسان و محیط مورد بهره‌برداری ایجاد نکند (٤).

به طور کلی در نیروگاه‌های برق با انتخاب روش‌های مناسب تصفیه، می‌توان به راحتی بخش عمده‌ای از فاضلاب تولید شده در نیروگاه‌ها را به منظور استفاده مجدد در فرآیندهایی که نیاز به آب دارند، برگردانده و مصرف کرد. ضرورت استفاده از پساب در سیکل آب و بخار و سیکل خنک‌کننده نیروگاه‌های برق (از نوع بخاری) و به خصوص در نیروگاه‌هایی که از برج‌های خنک‌کننده استفاده می‌کنند این واحد صنعتی را جزء پرمصرف‌ترین صنایع از نظر مدیریت منابع آبی قرار داده است (۵،٦). طبق آمارهای موجود میزان مصرف آب مورد نیاز برای یک نیروگاه بخار با برج خنک‌کننده ۲ تا ۳ مترمکعب بر ساعت به ازای هر مگاوات برق تولیدی تخمین زده شده است که این روند مصرف آب و تولید فاضلاب با توجه به رشد سریع تولید برق در کشور به شدت رو به افزایش است. از این رو با انتخاب مناسب‌ترین روش تصفیه و بازیابی فاضلاب نیروگاه می‌توان تا حدی بالا بودن مصرف آب کل نیروگاه را جبران کرد (٤،۷). فاضلاب‌های نیروگاهی عمدتاً از نظر کیفی به چهار دسته فاضلاب‌های نمکی شامل انواع نمک‌های محلول، فاضلاب‌های سمّی (در موارد شستشوهای شیمیایی تجهیزات) شامل فلزات سنگین، بازدارنده‌ها و دترجنت‌ها، فاضلاب‌های لجنی شامل ذرات معلق ناشی از تخلیه زلال‌سازها و شستشوی معکوس فیلترها و فاضلاب‌های آلوده به سوخت و روغن تقسیم می‌شود. با توجه به گستردگی ترکیبات فاضلاب‌های نیروگاهی نسبت به فاضلاب‌های شهری، روش‌های تصفیه آن نیز به همان میزان گسترده است (۸). با وجود ترکیباتی چون فلزات سنگین، روغن و گریس و مواد شناور، ترکیبات محلول و تنوع مشخصه‌ها در فاضلاب‌های نیروگاهی که تعیین‌کننده بوده و انتخاب و طراحی

سیستم را با مشکل مواجه می‌کند، لازم است برای هر مورد خاص طرح مناسب برای همان مورد در نظر گرفته شده و طراحی‌ها صورت پذیرند. به طوری که بهترین گزینه برای احداث یک سیستم تصفیه‌خانه می‌تواند گزینه‌ای باشد که دارای کمترین هزینه، آلودگی و همچنین بیشترین اثرات مثبت محیط زیستی باشد (٦،٩).

در مطالعه‌ای که Lee و همکاران در کره جنوبی انجام دادند از سیستم یون‌زدایی غشایی برای تصفیه فاضلاب نیروگاه حرارتی بهره بردند و نتایج حاصل شده نشان داد که این سیستم می‌تواند به طور موفقیت‌آمیزی برای تصفیه و استفاده مجدد فاضلاب نیروگاه برق با بازده حذف ۹۲٪ نمک مورد استفاده قرار گیرد (۱۰). در مطالعه دیگری که در اردن توسط Mohsen انجام گرفت، از سیستم اسمز معکوس و تبادل یون برای تصفیه و استفاده مجدد از فاضلاب نیروگاه برق استفاده شد (۱۱). در مطالعه مهرآوران و اسماعیلی در مشهد از سیستم بیودیسک برای تصفیه فاضلاب نیروگاه نیشابور با هدف بازیابی پساب نیروگاه استفاده شد و نتایج حاصل از آن با بررسی اختلاط پساب بهداشتی با پساب ناشی از فیلترهای شنی و درین بویلرها نشان داد که فرآیند بیودیسک منجر به کاهش بار آلی تا رسیدن به استانداردهای زیست محیط می‌شود (۱۲). ترابیان و همکاران در تهران برای تصفیه پساب‌های حاصل از شستشوی شیمیایی نیروگاه حرارتی سهند، از فرآیند انعقاد و لخته سازی با استفاده از منعقد کننده‌های کلریدفریک، سولفات فرو و آلوم برای حذف فلزات سنگین بهره بردند و به بازده حذف بالای ۹۷٪ دست یافتند (۱۳). آقانژاد و همکاران کارایی تصفیه‌خانه فاضلاب نیروگاه خوی را که از نوع هوادهی گسترده بوده، مورد بررسی قرار داده و با رفع مشکلات بهره‌برداری، کارایی فرآیند در حذف فسفر از ۵۰ به ٦٢٪ رسید و بعد از تغییر سیستم موجود به فرآیند بی‌هوازی – هوازی بازده حذف فسفر به ۸۲٪ رسید (١٤).

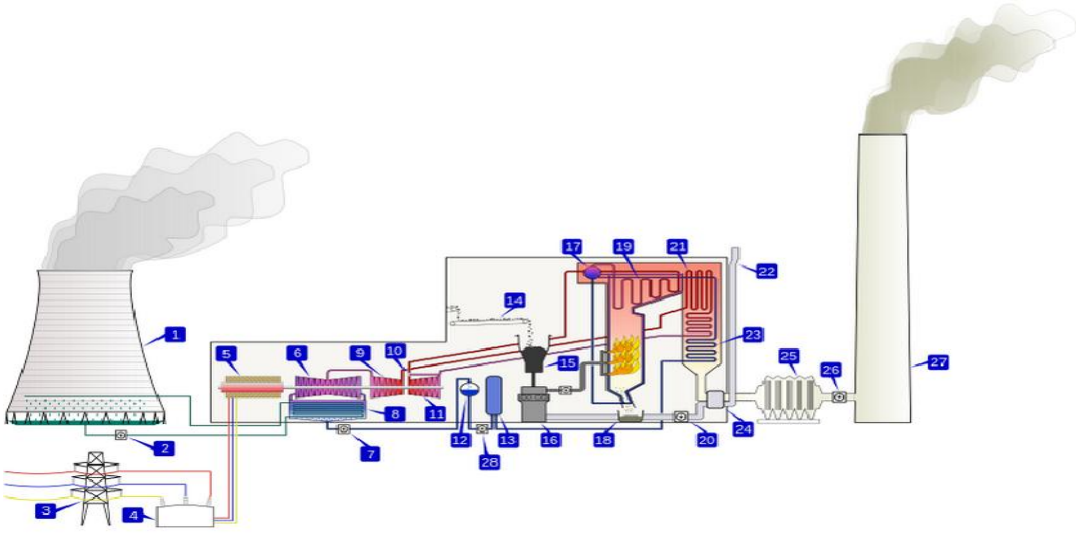
یکی از مهم‌ترین نیروگاه‌های حرارتی کشور ایران در شهرستان زرند واقع در استان کرمان است. شهرستان زرند با مساحت ۸۲٦۰ کیلومترمربع با طول جغرافیایی ٥٦ درجه و ٣٤ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ دقیقه و ٤٩ دقیقه شمالی و ارتفاع متوسط ۱۵۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. این شهرستان ازنقطه‌نظر آب و هوایی نیز، جزء اقلیم نیمه بیابانی خفیف قرار گرفته است.

هدف اصلی در این مطالعه دستیابی و انتخاب روش تصفیه‌ای برای تصفیه فاضلاب نیروگاه حرارتی زرند بود به گونه‌ای که کمترین اثرات مخرب زیست‌محیطی را به همراه قابلیت اجرا از لحاظ فنی و اقتصادی داشته باشد.

مواد و روش‌ها

نیروگاه زرند از نوع حرارتی است که در جنوب خاوری ایران در شهرستان زرند و در ۷۵ کیلومتری از مرکز استان کرمان واقع شده است. این نیروگاه در نزدیکی معادن غنی زغال‌سنگ مناطق پابدانا و باب نیزو و همچنین در کنار کارخانه زغال‌شویی شهرستان زرند قرار دارد و همچنین اولین و تنها نیروگاه زغال‌سنگی ایران است و به شکلی طراحی شده است که می‌تواند از سوخت مازوت هم استفاده نماید؛ اما از همان ابتدا به خاطر مسائل عمدتاً اقتصادی تنها از سوخت جایگزین یعنی مازوت استفاده شده است. این نیروگاه شامل دو واحد بخار به ظرفیت اسمی هریک ۳۰MW است. اجزای اصلی نیروگاه شامل

(بویلر محلی که سوخت در آن می‌سوزد و آب را به بخار تبدیل می‌نماید)، توربین (ماشینی که در آن آنتالپی بخار به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود و توسط مسیر لوله بخار به ساختمان بویلر متصل می‌باشد) و ژنراتور (وظیفه تبدیل انرژی مکانیکی تولید شده در توربین به انرژی الکتریکی را دارد و محور آن با محور توربین کوپل می‌شود) می‌باشد. در شکل ۱ شمای ساده‌ای از یک نیروگاه حرارتی نشان داده شده است. مطالعه حاضر به صورت مقطعی در سال ۱۳۹۲ و به مدت یک سال انجام گرفت. برای انجام این مطالعه با استفاده از اطلاعات موجود در سازمان‌ها و ارگان‌های ذیربط نظیر اداره کل حفاظت محیط‌زیست، سازمان آب و برق، اداره کل امور آب، اداره کل صنایع، اداره کل کشاورزی، منابع طبیعی، سازمان هواشناسی، سازمان برنامه و بودجه و نیروگاه حرارتی زرند، وضعیت موجود حوزه مطالعاتی از لحاظ صنعت، کشاورزی، جمعیت و شهرنشینی، اقلیم و هواشناسی، زمین‌شناسی و نوع خاک و سایر مباحث مورد نیاز جمع‌آوری شد. پس از آن وضعیت نیروگاه زرند از نظر میزان انرژی الکتریکی تولیدی، فرآیند تولید، نوع مواد شیمیایی و سوخت مورد استفاده، حجم آب مصرفی و منابع تأمین آن، برآورد کمی و کیفی پساب خروجی بر اساس روش‌های استاندارد مندرج در کتاب روش‌های استاندارد برای آزمایش آب و فاضلاب، وضعیت موجود جمع‌آوری و دفع آن، برآورد اقتصادی گزینه‌های در نظر گرفته شده برای تصفیه پساب نیروگاه نیز براساس نقشه‌های مختلف اجرایی و دفترچه‌های محاسبات در قالب هزینه‌های ساختمانی، تجهیزات و مکانیکی و راهبری سالیانه مورد بررسی قرار گرفت (۱،۱۵).



شکل ۱: شماتیک ساده‌ای از یک نیروگاه حرارتی (۱۶)

۱. برج خنک کننده ۲. پمپ آب سرد ۳. خطوط انتقال سه فاز ۴. ترانسفورماتور افزایش ولتاژ ۵. ژنراتور الکتریکی ۶. توربین بخار کم فشار ۷. پمپ آب بویلر ۸. تقطیرکننده سطحی ۹. توربین بخار فشار متوسط ۱۰. دریچه کنترل بخار ۱۱. توربین بخار فشار بالا ۱۲. دگازور ۱۳. گرم کننده آب ۱۴. حمل کننده زغال سنگ ۱۵. قیف زغال سنگ ۱۶. پودرساز زغال سنگ ۱۷. سیلندر دود بویلر ۱۸. قیف خاکستر ۱۹. سوپرهیتر ۲۰. پمپ هوا ۲۱. پس گرمکن ۲۲. سوپاپ هوای احتراق ۲۳. پیش گرمکن مقدماتی ۲۴. پیش گرمکن هوا ۲۵. ته نشین کننده الکترواستاتیکی ۲۶. پمپ هوا ۲۷. دودکش

نتایج

آب مورد نیاز نیروگاه زرند از ٦ حلقه چاه که در خارج محوطه نیروگاه قرار گرفته است، تأمین می‌شود. لازم به ذکر است در حال حاضر تنها از ۳ حلقه چاه با دبی میانگین ۲۰۰ مترمکعب در روز بهره‌برداری می‌شود. به طور میانگین از ۲۰۰ مترمکعب آب ورودی، ۸۰ مترمکعب آن وارد سیستم تصفیه اسمز معکوس شده و بقیه آن جهت جبران کمبود آب به طور خام وارد برج خنک کننده می‌شود. آب مورد استفاده از نظر کیفی مورد آزمایش قرار گرفته و برخی از پارامترهای آن در جدول ۱ ذکر شده است.

جدول ۱: میانگین نتایج آنالیز کیفی منابع آب موجود (تمام پارامترها به جزء هدایت الکتریکی برحسب اکی والان گرم بر لیتر)

محل نمونه‌برداری	SO_4^{2-}	Cl^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-	K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	pH	TDS	EC(µmoh/cm)
اواپراتور	۹۳/۷۲	۵۱/۴۷	۵/۸۳	۴/۷۳	۱/۲۴	۱۴۶/۵۲	۱/۵۱	۳۲/۷۳	۱۰/۶۴	۶۱۲۱	۱۲۷۶۰
فول درین	۳۴/۷۸	۲۹/۵۹	۴/۱۲	۱/۱۹	۲/۲۸	۶/۷۲	۳۳/۱۴	۲۶/۲۷	۷/۸۳	۴۱۳۱	۵۸۲۰
آب چاه	۱۹/۸۶	۸/۳۵	۳/۰۵	۲/۹۱	۵/۱۹	۷/۸۸	۱۱/۱۸	۱۰/۳۱	۶/۹۵	۱۶۹۲	۱۹۵۷
درینRO	۴۶/۶۷	۴۵/۱۷	۷/۱۴	۱/۶۹	۳/۰۹	۹/۱۳	۴۰/۶۱	۴۴/۵۶	۷/۳۴	۴۳۸۰	۶۸۳۸
برج خنک کن	۳۸/۵۲	۳۱/۲۶	۲/۱۵	۱/۴۴	۱/۱۴	۱۳/۰۴	۲۲/۴۸	۳۵/۱۲	۹/۶۲	۲۹۸۰	۶۱۷۴

به طور کلی در نیروگاه حرارتی زرند انواع پساب‌ها تولید می‌گردد که شامل پساب برج خنک‌کننده، پساب ناشی از واحد تصفیه آب، پساب آلوده به مواد نفتی و سوختی واحدهای تعمیرات، ساختمان توربین، اداره انبار، پساب ناشی از شستشوی سطوح خارجی، لوله‌های بویلر، پیش گرم‌کن‌ها سوپر هیترها، اکونومایزر و کوره، پساب ناشی از شستشوی شیمیایی (اسید شویی یا قلیاشویی) لوله‌های بویلر، سوپر هیترها، اکونومایزر، پساب انسانی و پساب شستشوی واحدها و رواناب سطحی ناشی از آب باران می‌باشد.

در نیروگاه حرارتی زرند مهم‌ترین جریان‌های پساب نیازمند تصفیه و آلاینده‌هایی که باید از جریان پساب حذف شوند، در جدول ۲ نشان داده شده است. مطابق این جدول و اولویت‌بندی آلاینده‌ها، املاح سولفات، کلراید، کلسیم و منیزیم و به تبع آن مقدار کل مواد محلول در نمونه پساب نیروگاه زرند بیش ازحد مجاز است. با توجه به جدول ۲، غلظت یون‌های سولفات، کلراید، کلسیم و منیزیم به طور چشمگیری بالاتر از حد مجاز تخلیه برای کشاورزی و غلظت پارامترهای BOD (Biochemical Oxygen Demand) و COD (Chemical Oxygen Demand) اندکی بالاتر از حد مجاز تخلیه برای کشاورزی می‌باشد. از این رو، گزینه‌های ترکیبی برای حذف یون‌های مذکور و قابلیت تصفیه بیولوژیکی برای حذف BOD و COD، از نظر فنی و اقتصادی بررسی شده و ٤ گزینه که شامل گزینه اول تصفیه هوازی از نوع لجن فعال با هوادهی گسترده + مخزن ته‌نشینی + گندزدایی + کربن فعال + RO؛ گزینه دوم تصفیه هوازی ازنوع لجن فعال با هوادهی گسترده + مخزن ته نشینی + گندزدایی + کربن فعال + مبادله کننده یونی آنیونی؛ گزینه سوم راکتور بی‌هوازی به منظور حذف سولفات + واحد کربن فعال و گزینه چهارم در صورتی که حذف سولفات و کلراید از فاضلاب مد نظر نباشد و فقط هدف از تصفیه فاضلاب حذف BOD و COD باشد، استفاده از سیستم تصفیه بیولوژیکی هوازی (تصفیه هوازی از نوع لجن فعال با هوادهی گسترده +

مخزن ته‌نشینی + گندزدایی که مشترک با گزینه‌های اول و سوم است)، مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۲: مشخصات کمی و کیفی پساب تولیدی در واحدهای مختلف

کمیت و کیفیت فاضلاب صنعتی		برج خنک کن	واحد تصفیه آب	پساب انسانی	استانداردها		
دبی پساب (m^3/hr)		۵۷/۵	۲۰	۰/۳٤	استاندارد کشاورزی	تخلیه به آب‌های سطحی	مصارف شهری
BOD	غلظت (mg/l)	۲۹۵	۷۵	۱۷۵	۱۰۰	۳۰	<۱۰
	بار آلی (kg/day)	۴۰۷/۱	۳۶	۱/۴			
COD	غلظت (mg/l)	۳۱۵	۱۲۰	۲۴۵	۲۰۰	۶۰	<۲۰
	بار آلی (kg/day)	۴۳۴/۷	۵۷/۶	۲			
TDS	غلظت (mg/l)	۴۷۳۵	۵۹۶۰	۲۰۱	–	–	–
	بار آلی (kg/day)	۶۵۳۴/۳	۲۸۶۰/۸	۱/۶			
Cl^-	غلظت (mg/l)	۱۱۰۰/۵	۱۵۹۷/۵	–	۶۰۰	۶۰۰	–
	بار آلی (kg/day)	۱۵۱۸/۷	۷۶۶/۸	–			
SO_4^-	غلظت (mg/l)	۱۸۴	۲۲۴۰	–	۴۰۰	۴۰۰	–
	بار آلی (kg/day)	۲۵۳۹/۲	۱۰۷۵/۲	–			
کدورت	غلظت (mg/l)	۲/۶۲	۰/۲	–	–	۵۰	۲
	بار آلی (kg/day)						
چربی	غلظت (mg/l)	۱/۸	۱/۱	–	۱۰	۱۰	–
	بار آلی (kg/day)	۳۹/۶	۲۸	–			
دترجنت	غلظت (mg/l)	۰/۲	۰/۱۳	–	۰/۵	۱/۵	–
	بار آلی (kg/day)	۱۸/۳	۱۲/۷				
Ca^{2+}	غلظت (mg/l)	۷۰۰	۸۸۰	–	–	۷۵	–
	بار آلی (kg/day)	۱۹۵۲	۲۴۷۴				
Ma^{2+}	غلظت (mg/l)	۲۶۴	۴۸۰	–	۱۰۰	۱۰۰	–
	بار آلی (kg/day)	۱۶۹۰	۲۱۶۰				
NO_2^-	غلظت (mg/l)	۰/۷	۰/۱	–	–	۱۰	–
	بار آلی (kg/day)	۴۱/۲	۳۳/۵				
NO_3^-	غلظت (mg/l)	۳/۱	۰/۹	–	–	۵۰	–
	بار آلی (kg/day)	۵۲	۱۹/۳				
فسفات	غلظت (mg/l)	۴/۵	۱/۱	–	–	۶	–
	بار آلی (kg/day)	۴۷/۶	۲۷/۳	–			
pH		۸/۱	۷/۳	–	۶–۸/۵	۶/۵–۸/۵	۶–۹

در مطالعه حاضر ضمن بررسی مزایا و محدودیت های فرآیندی گزینه‌های ذکر شده، هزینه‌های هریک از آن‌ها را در سه بخش مختلف مورد بررسی و مقایسه قرار داده شد که نتایج آن در جدول ۳ تا ٦ نشان داده شده است.

جدول ۳: هزینه‌های ساختمانی تصفیه‌خانه فاضلاب نیروگاه زرند (برحسب میلیون ریال)

ردیف	شرح هزینه‌ها	گزینه (۱) لجن فعال + اسمز معکوس	گزینه (۲) لجن فعال + تعویض یون	گزینه (۳) راکتور بی‌هوازی + کربن فعال	گزینه (٤) لجن فعال
۱	عملیات خاکی (خاکبرداری) و ساخت فونداسیون پکیج‌ها	۴۰۵۲	۳۰۴۴	۲۶۲۰	۲۸۵۰
۲	راکتورهای بی هوازی	–	–	۲۸۰۰	
۳	راکتورهای هوادهی	۱۹۰۰	۱۹۰۰	–	۱۹۰۰
۴	حوضچه‌های ته نشینی	۱۲۶۰	۱۲۶۰	–	۱۲۶۰
۵	مخزن تماس کلر	۳۵۱	۳۵۱	–	۳۵۱
۶	ساختمان کلرزنی (۱۵ مترمربع)	۱۹۲	۱۹۲	–	۱۹۲
۷	ساختمان فیلتر پرس	۲۰۰	۲۰۰	–	۲۰۰
۸	ساختمان تأسیسات (۶۰ مترمربع)	۷۵۶	۷۵۶	۷۵۶	۷۵۶
۹	اتاق نگهبانی (۱۰ مترمربع)	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵
۱۰	ساختمان اداری (۴۵ مترمربع)	۱۵۸	۱۵۸	۱۵۸	۱۵۸
۱۱	محوطه سازی	۵۰۰	۴۰۰	۳۵۰	۳۰۰
	جمع	۹۴۰۴	۸۲۹۶	۶۷۱۹	۸۰۰۲
	جمع کل (با احتساب ضریب تجهیز کارگاه)**	۹۷۸۰/۱۶	۸۶۲۷/۸۴	۶۹۸۷/۷۶	۸۳۲۲/۱

*. هزینه اجرای هر متر مکعب کار ساختمانی (بتون+میلگرد+قالب) ۳۰۰۰۰۰۰ ریال درنظر گرفته شده است.

**. ضریب تجهیز کارگاه = ۱/۰۴ می‌باشد.

جدول ٤: هزینه‌های تجهیزاتی تصفیه‌خانه فاضلاب نیروگاه زرند (برحسب میلیون ریال)

ردیف	شرح هزینه‌ها	گزینه (۱) لجن فعال + اسمز معکوس	گزینه (۲) لجن فعال + تعویض یون	گزینه (۳) راکتور بی هوازی + کربن فعال	گزینه (٤) لجن فعال
۱	فلومتر الکترومغناطیسی	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰
۲	تجهیزات کنترل کیفیت فاضلاب خام	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰
۳	دریچه‌های واحد هوادهی	۱۲۰	۱۲۰	–	۱۲۰
۴	بلوئرهای واحد هوادهی	۴۸۰	۴۸۰	–	۴۸۰
۵	تجهیزات مربوط به انتقال و تزریق هوا	۲۵۰	۲۵۰	–	۲۵۰
۶	واحدهای کربن فعال	۱۴۵۰	–	۱۴۵۰	–
۸	پکیج اسمز معکوس	۴۰۰۰	–	–	–
۹	واحد ستون تبادل یون	–	۲۳۴۰	–	–
۱۰	پمپ‌های برگشت لجن	۲۰۰	۲۰۰	–	۲۰۰
۱۱	تجهیزات کنترل و ابزار دقیق	۳۵۰	۲۰۰	۱۰۰	۲۰۰
۱۲	سرریزهای واحد ته نشینی	۲۷۰	۲۷۰	–	۲۷۰
۱۳	لوله کشی و شیرآلات	۱۰۰۰	۷۰۰	۳۰۰	۴۰۰
۱۴	تجهیزات کنترل فرآیند واحد هوادهی	۸۰	۸۰	–	–
۱۵	پکیج تهیه و تزریق محلول کلر	۶۵	۶۵	–	۶۵
۱۶	پکیج تزریق اتانول	–	–	۱۰۰	–
۱۷	پمپ‌های انتقال لجن تغلیظ شده	۱۰۰	۱۰۰	–	۱۰۰
۱۸	پل و هندریل های دسترسی به واحدها	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰
۱۹	فیلتر پرس	۱۱۰۰	۱۱۰۰	–	۱۱۰۰
۲۰	پست داخلی برق	۱۰۰	۱۰۰	۴۰	۶۰
۲۱	GAS FLARE	–	–	۱۵۰۰	–
۲۲	دیزل ژنراتور	۶۰۰	۶۰۰	۳۰۰	۵۰۰
۲۳	تابلو برق اصلی	۴۲۰	۲۷۰	۱۸۵	۲۵۰
۲۴	کابل کشی و روشنایی محوطه	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰
۲۵	لوازم آزمایشگاهی	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۲۶	لوازم و قطعات یدکی	۹۴	۵۵	۳۰	۴۰
	جمع	۱۱۴۳۹	۷۶۹۰	۴۷۶۵	۴۷۹۵

جدول ۵: هزینه‌های راهبری سالیانه تصفیه‌خانه فاضلاب نیروگاه زرند (برحسب میلیون ریال)

ردیف	شرح هزینه‌ها	گزینه (۱) لجن فعال + اسمز معکوس	گزینه (۲) لجن فعال + تعویض یون	گزینه (۳) راکتور بی هوازی + کربن فعال	گزینه (٤) لجن فعال
۱	هزینه تعمیر و نگهداری ساختمان ها	۱۹۵/۶	۱۷۲/۶	۱۳۹/۸	۱۶۶/۴
۲	هزینه تعمیرات و نگهداری تجهیزات	۴۵۷/۶	۳۰۷/۶	۱۹۰/۶	۱۹۱/۸
۳	هزینه پرسنلی* (یک نفر کارشناس سرپرست و یک نفر کارگر ساده و دو نفر نگهبان)	۰/۱۹۶	۰/۱۹۶	۰/۱۹۶	۰/۱۹۶
۴	هزینه خرید مواد شیمیایی	۰/۴۲۰	۰/۴۲۰	۰/۲۰۰	۰/۴۲۰
۵	هزینه برق مصرفی	۰/۸۵۵	۰/۴۵۰	۰/۳۳۰	۰/۴۵۰
جمع		۲۱۲۴/۲	۱۵۴۶/۲	۱۰۵۶/۴	۱۴۲۴/۲

*. هزینه پرسنلی براساس هزینه دستمزد ماهیانه کارشناس ۵ میلیون ریال و کارگر ساده ۳ میلیون ریال می‌باشد.

جدول ۶: هزینه اجرای تصفیه‌خانه فاضلاب نیروگاه زرند (برحسب میلیون ریال)

ردیف	شرح هزینه‌ها	گزینه (۱) لجن فعال + اسمز معکوس	گزینه (۲) لجن فعال + تعویض یون	گزینه (۳) راکتور بی هوازی + کرین فعال	گزینه (٤) لجن فعال
۱	هزینه‌های ساختمانی	۹۷۸۰/۲	۸۶۲۷/۸	۶۹۸۷/۸	۸۳۲۲/۱
۲	هزینه‌های تجهیزاتی و تأسیساتی	۰/۱۱۴۳۹	۷۶۹۰/۰	۰/۴۷۶۵	۰/۴۷۹۵
۳	هزینه پیش بینی نشده (۵٪)	۰/۱۰۶۱	۸۱۵/۹	۵۸۷/۶	۶۵۵/۹
	جمع	۲۲۸۰/۱	۱۷۱۳۳/۷	۱۲۳۴۰/۴	۱۳۷۷۲/۹
۴	هزینه راهبری سالیانه	۲۱۲۴/۲	۱۵۴۶/۲	۱۰۵۶/۴	۱۴۲۴/۲

بحث

پایش منظم آب مصرفی در نیروگاه برق (جهت تعیین و برآورد میزان آلودگی ایجاد شده توسط فاضلاب نیروگاه) به صورت هدفمند و بر اساس برنامه‌ریزی و طراحی مناسب، امکان دسترسی به تغییرات و تحولات کیفی و پیش‌بینی اقدامات کاهش آلودگی را برای مدیران و مسئولان فراهم می‌سازد (۹). در این مطالعه با توجه به جدول ۱، شاخص کیفیت آب برخی از عوامل از جمله سولفات، کلراید، کلسیم، منیزیم، TDS، EC و pH از اولویت و اهمیت بیشتری برخوردارند. سایر عوامل کیفی شامل سدیم، بیکربنات، کربنات و پتاسیم از اهمیت کمتری برخوردار می‌باشند. به همین منظور باید به عوامل کیفی با اولویت بیشتر، به علت اثرات نامطلوبی که بر کیفیت آب مصرفی نیروگاه حرارتی زرند بر جای می‌گذارند، اهمیت و توجه بیشتری شود. از فرآیندها و عملیات‌های اصلی و فرعی که در یک نیروگاه حرارتی بخار به نوعی به صورت پیوسته یا غیر پیوسته باعث تولید پساب می‌گردند، می‌توان مبدل‌های یونی، سیستم اسمز معکوس، برج‌های خنک کننده، بویلر و کوره، مبدل‌های حرارتی و کندانسور، پیش گرمکن‌های هوا، توربین، مخازن ذخیره سوخت، تعمیرات و سرویس‌های بهداشتی و ... را نام برد (۱۷). این پساب‌ها حاوی انواع مختلف آلوده کننده‌ها می‌باشند و باعث تغییرات فیزیکی و شیمیایی و حرارتی در آب‌های پذیرنده خواهد شد.

آب‌های خنک کننده در نیروگاه‌های حرارتی حاوی انرژی زیادی است که به همراه آن‌ها به آب‌های پذیرنده تخلیه می‌گردد. در سیستم‌های خنک کننده، آب عبوری از چگالنده‌ها پس از خروج از آن‌ها

معمولاً ۱۰-۸ درجه سانتی‌گراد گرم‌تر از لحظه ورود می‌باشد. این میزان افزایش دما برابر با ٤/٥kwh-٤ انرژی حرارتی و ۱۳۰kg/kwh-۱۰۰ جریان جرمی آب مورد نیاز بر اساس این میزان انرژی می‌باشد (۱۸)، این آب، حرارت اضافی را یا در برج‌های خنک کننده تر یا خشک به اتمسفر دفع می‌نماید و یا این که در مواردی که آب از دریا یا دریاچه یا رودخانه‌های بزرگ تأمین می‌شود و فقط یک‌بار از چگالنده عبور می‌کند حرارت اضافی را به همراه خود به محیط آبی تخلیه می‌نماید. در این سیستم‌ها چون عمل تبخیر صورت می‌گیرد با گردش آب در چرخه چگالنده و برج و تبخیر بخشی از آن، غلظت املاح در آب زیاد شده و به میزانی می‌رسد که برای عبور از چگالنده مناسب نبوده و بخشی از آن به صورت پساب تخلیه شده و به جای آن آب تازه به سیستم اضافه می‌شود. آب تخلیه شده دارای املاح زیاد (در حدود ۵-۳ برابر غلظت اولیه) بوده و درجه حرارت آن نیز از آب ورودی بیشتر خواهد بود. از اثرات ناشی این فاضلاب‌ها می‌توان به کاهش اکسیژن محلول آب، افزایش فعالیت ارگانیزم‌های بیولوژیکی رشد سریع‌تر گیاهان آبزی و افزایش حساسیت جانوران آبزی نسبت به مواد سمّی اشاره نمود (۱۱،۱۹). در نیروگاه زرند آب خنک کننده پس از عبور از تأسیسات و پذیرش حرارت وارد برج خنک کن تر شده وحرارت خود را به هوا می‌دهد. لازم به ذکر است بخشی از حرارت این برج به وسیله ورود آب خام کاسته می‌شود. در حال حاضر با اجرای سیستم تصفیه اسمز معکوس، ٤٥-٥٠ مترمکعب در ساعت آب تصفیه شده و ۱٤۰ مترمکعب بر ساعت آب خام وارد برج خنک کننده با ظرفیت ۱۲۰۰ مترمکعب می‌شود که بسته به تغییر کیفیت آب برج، آب مازاد از طریق لوله‌های درین، منتقل و از برج خارج می‌شود. لازم به ذکر است ۱۵۰- ۱۰ مترمکعب بر ساعت آب خروجی اسمز معکوس وارد بویلر شده و ۲۰ مترمکعب بر ساعت آن از درین آن به صورت پساب خارج شده و بقیه آن وارد برج خنک کن می‌شود. از طرفی با توجه به اظهارنظرهای کارشناسان نیروگاه، مقدار تقریبی ۱۰۰ مترمکعب بر ساعت از برج خنک کن تبخیر می‌شود. در نهایت ٦٥ - ٥٠ متر مکعب بر ساعت خروجی درین برج خنک کن بوده که از مسیر دریناژ به بیرون نیروگاه منتقل می‌شود. با توجه به رشد جلبک‌ها در داخل برج، روزانه از موادی همچون اسیدکلریدریک (با غلظت ۱۵۰۰-۱۰۰۰ لیتر در روز)، آب ژاول (با غلظت ۱۵۰-۱۰۰ لیتر در روز) و هیپوکلریت کلسیم (با غلظت ۳-۲ کیلوگرم در روز) جهت جلوگیری از این رشد به آب داخل برج اضافه می‌شود که همین امر باعث کاهش کیفیت آب خروجی از برج می‌شود.

واحدهای تصفیه آب نیروگاه‌ها جزء در موارد معدود عمدتاً حاوی واحدهای پیش تصفیه و ته‌نشینی، فیلترهای شنی، رزین‌های تبادل یونی و بستر مخلوط و در برخی موارد واحدهایی نظیر اسمز معکوس می‌باشند (۲۰). در نیروگاه زرند در گذشته این پساب دو قسمت بود، اول مربوط به تصفیه خانه که در هنگام شستشوی ستون‌های شنی و احیاء رزین سدیمی دفع می‌گردید و دوم ناشی از تغلیظ آب در اوپراتور بود.

در حال حاضر با اجرای سیستم تصفیه اسمز معکوس، پساب این واحد که دارای املاح زیادی بوده با دبی ۲۰ مترمکعب در روز به فول درین منتقل و از آنجا به خارج از نیروگاه هدایت می‌شود.

انواع ترکیبات نفتی (نفت کوره، انواع روغن‌ها، نفت

گاز) از جمله آلاینده‌هایی هستند که دارای پیامدهای شدید بر کیفیت منابع آب می‌باشند.

میزان حلالیت این ترکیبات در آب کم بوده و در صورت تخلیه به محیط آبی بدون حل شدن باعث ایجاد لایه باریکی در سطح آب، جلوگیری از ورود اکسیژن به آن و بروز صدماتی بر موجودات آبزی خواهد گردید (۲۱،۲۲).

منابع اصلی ورود ترکیبات نفتی به پساب در نیروگاه زرند شامل محوطه‌های مخازن ذخیره سوخت و تجهیزات مربوطه، تجهیزات الکتریکی به خصوص مبدل‌ها، خدمات پشتیبانی و جانبی مانند خط آهن انتقال سوخت، بخش‌های تعمیرات و سالن‌ها و محوطه‌های کمپرسورها می‌باشد. میزان کل پساب‌های آلوده به مواد نفتی در یک نیروگاه را نمی‌توان به سادگی برآورد نمود یا به مشخصه‌های اصلی نیروگاه مانند ظرفیت تولید آن مرتبط کرد. چرا که میزان تولید آن در بسیاری موارد به نحوه مدیریت بهره‌برداری سیستم‌ها در نیروگاه بستگی دارد، اما به طور کلی می‌توان گفت نشت مواد نفتی به پساب در نیروگاه‌های با سوخت مایع بیشتر از نیروگاه‌های زغال‌سنگ‌سوز یا سایر سوخت‌های جامد می‌باشد. لازم به ذکر است حجم ورود این پساب‌ها به شبکه زهکش نیروگاه به حدی پایین است که قابل صرف‌نظر کردن می‌باشد. از طرفی بخشی از پساب مذکور (اتاق توربین) وارد شبکه زهکش مجزا از سایر پساب‌های نیروگاه شده و در مجاورت ساختمان اداری در داخل یک مخزن ذخیره و هر چند سال یک‌بار تخلیه می‌شود.

در دوره بهره‌برداری از نیروگاه، انواع رسوبات و محصولات خوردگی لوله‌ها در درون لوله‌های بویلر، کندانسورها، مبدل‌ها و سوپرهیتر تشکیل شده و رسوب می‌نمایند. این فرآیند هم باعث کاهش انتقال حرارت و افت راندمان واحد شده و هم باعث توزیع غیر یکنواخت حرارت بر سطوح لوله‌ها، خوردگی و کاهش عمر لوله‌های بویلر، مبدل‌ها و کندانسور و سوراخ شدن و ترکیدگی لوله و افت تولید یا توقف تولید الکتریسیته می‌گردد (۹،۲۱).

برای کاهش صدمات مذکور رسوبات و محصولات خوردگی درون لوله‌ها به صورت دوره‌ای به وسیله شستشوهای شیمیایی محلول‌های اسیدی یا قلیایی پاک‌سازی و رسوب‌زدایی می‌گردد. ترکیب پساب حاصل بستگی به عواملی نظیر کیفیت آب خام نیروگاه، جنس لوله‌ها، نوع آب شستشو و محلول مورد استفاده دارد؛ اما به طور کلی این نوع پساب‌ها حاوی مقادیر قابل توجهی آهن و مقادیر متفاوتی از عناصری از قبیل مس، روی، کروم، کلسیم و منیزیم خواهد بود. همچنین به دلیل کاربرد احتمالی انواع مواد بازدارنده خوردگی، آن پساب ممکن است حاوی مقادیر قابل توجهی از مواد آلی نیز باشد. از سویی pH این نوع پساب ممکن است کاملاً اسیدی یا قلیایی باشد. پساب حاصل از این شستشو نیز عمدتاً به وسیله روش‌های افزودن آهک یا سود و تغییر pH، خنثی‌سازی و عناصر سنگین آن ته‌نشین گردیده و تصفیه می‌گردد (۲۲،۲۳). در داخل نیروگاه زرند معمولاً سالی یک‌بار، به مدت دو شبانه‌روز نسبت به شستشوی شیمیایی اقدام می‌نمایند که این مقدار با توجه به این نکته که تنها در زمان محدودی از سال صورت می‌پذیرد، مقرون به صرفه نبوده تا حجم تصفیه‌خانه پیشنهادی بر مبنای آن نیز طراحی گردد.

در انواع نیروگاه‌ها پساب بهداشتی حاصل از زندگی افراد شاغل در نیروگاه تولید می‌گردد و در بسیاری از

نیروگاه‌های کشور این پساب با استفاده از سپتیک تانک‌ها دفع می‌گردد. در برخی از نیروگاه‌های کشور از جمله نیروگاه بندرعباس، بیستون در کرمانشاه، نیروگاه غرب در همدان، نیروگاه رامین در اهواز، نیروگاه چرخه ترکیبی گیلان و نیروگاه شهید رجایی در قزوین سیستم‌های جمع‌آوری و تصفیه پساب انسانی تعبیه شده و وجود دارد. این سیستم‌ها همگی روش‌های تصفیه هوازی و اغلب فرآیند لجن فعال می‌باشند (۲۵،۲٤).

همان طورکه جدول ۲ نشان داده شده است برخی از آلاینده‌ها در پساب بیش از حد استاندارد بوده و برخی دیگر در حد استاندارد می‌باشند. در این بخش با در نظر گرفتن این نکته که پساب تمام واحدها پس از زهکش شدن، وارد فول درین شده و در نهایت از محیط نیروگاه خارج می شود، اولویت‌بندی آلاینده ها مورد بررسی قرار داده شده است که بر این اساس املاح سولفات، کلراید، کلسیم و منیزیم و به تبع آن مقدار کل مواد محلول در نمونه پساب نیروگاه زرند بیش از حد مجاز است. پس از بررسی های به عمل آمده مشخص گردید که منبع تأمین آب نیروگاه به لحاظ کیفی چندان مناسب نبوده و از نظر مقدار مواد محلول در آب بیش از حد معمول بوده و همین امر سبب افزایش مواد محلول در آب برج خنک کن و پساب نیروگاه شده است. البته لازم به ذکر است برخی املاح پس از استحصال از چاه و چرخش در نیروگاه افزایش یافته که این املاح به دلیل افزودن برخی مواد از جمله هیدرازین، فسفات، اسید کلریدریک، آب ژاول و هیپوکلریت کلسیم به منظور شستشوی واحدهای مختلف نیروگاهی می باشد و این افزایش املاح به دلیل الزام استفاده از مواد نامبرده قابل توجیه بوده و غیر قابل صرف‌نظر کردن می‌باشد.

پساب ناشی از فعالیت‌های صنعتی، از آلوده کننده‌های عمده آب‌های زیرزمینی و سطحی می‌باشند. با جمع آوری، انتقال و دفع مناسب این فاضلاب‌ها، قبل از تخلیه به محیط زیست می‌توان تا حد زیادی از اثرات منفی آن‌ها کاسته و از این منبع تجدیدپذیر به گونه‌ای اصولی در جهت اهداف غیرشرب استفاده نمود (۲۲). از نظر جمع‌آوری پساب نیز، درحال حاضر در نیروگاه زرند پساب‌های واحدهای مختلف از طریق کانال‌های زهکش که در سرتاسر نیروگاه اجرا شده است، جمع‌آوری و در نهایت با جمع شدن در فول درین، با استفاده از سیستم پمپاژ از نیروگاه خارج و در نهر طبیعی مجاور نیروگاه رها می‌شود.

در نیروگاه‌ها با توجه به نوع آلاینده‌های موجود در پساب و ویژگی‌های منبع تولید آن ممکن است از روش‌های متفاوتی به صورت مجزا یا به هم پیوسته برای تصفیه استفاده شود (۱،۲٤). با توجه به این که امروزه سیستم های تصفیه فاضلاب قادر به تولید پساب با هر درجه از تصفیه هستند، مسأله اساسی در انتخاب فرآیندهای تصفیه، تصمیم‌گیری در مورد مناسب‌ترین گزینه تصفیه بر مبنای مسائل اقتصادی و زیست محیطی به منظور هدایت صحیح سرمایه ملی و جلوگیری از اتلاف منابع مالی است (۲٤،۲٦). لیکن انتخاب مناسب‌ترین فرآیند تصفیه برای پساب‌های صنعتی تابع پارامترهای خاصی از جمله مشخصات کمی و کیفی پساب صنعتی، نوسانات کمی پساب، شرایط آب و هوایی منطقه، نحوهٔ استفادهٔ مجدد از پساب تصفیه شده، ضوابط واستانداردهای زیست محیطی برای تخلیه پساب به محیط، وجود مواد سمّی یا ترکیبات ویژه و خطرناک در پساب خام، بررسی کمیت فاضلاب بهداشتی و تأثیر آن بر پساب صنعتی، هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه، بهره‌برداری و

نگهداری، بررسی امکانات فنی و تخصصی موجود در واحد صنعتی به منظور راهبری و پایش فرآیندهای تصفیه و امکانات اقتصادی کارفرمای طرح و سایر موارد می‌باشد (۲۷،۲۶).

طبق نتایج به دست آمده نشان داده شد، غلظت یون های سولفات، کلراید، کلسیم و منیزیم به طور چشمگیری بالاتر از حد مجاز تخلیه برای کشاورزی و غلظت پارامترهای BOD و COD اندکی بالاتر از حد مجاز تخلیه برای کشاورزی می‌باشد. از این رو باید سیستم تصفیه طوری انتخاب شود که علاوه بر حذف یون‌های مذکور قابلیت تصفیه بیولوژیکی برای حذف BOD و COD را داشته باشد. برای حذف آلاینده‌های مذکور روش‌های متفاوتی وجود دارد. متداول‌ترین روش‌ها برای حذف سولفات از آب شامل ترسیب شیمیایی، تعویض یون، اسمز معکوس و حذف بیولوژیکی سولفات؛ روش‌های مرسوم حذف یون کلراید شامل تعویض یون، جذب سطحی با استفاده از کربن فعال و همچنین برای حذف یون های کلسیم و منیزیم به طور متداول شامل ترسیب شیمایی، مبادله کننده‌های یونی کاتیونی و اسمز معکوس می‌باشد (۲۸). چنانچه مشاهده می‌شود برای حذف یون‌های فوق روش‌های مشابه‌ای وجود دارد، اما هرکدام از این روش‌ها دارای مزایا و معایبی هستند. به طور مثال با استفاده از روش ترسیب شیمیایی امکان رساندن غلظت سولفات به زیر ppm ۱۵۰۰ وجود ندارد. استفاده از روش‌های تعویض یون و اسمز معکوس نیازمند حذف BOD و COD و رساندن غلظت این پارامترها نزدیک به صفر می‌باشد که این امر مسلتزم صرف هزینه‌ها و اشغال فضای زیاد می‌باشد. همچنین غلظت کلراید در آبی که به منظور تصفیه وارد واحد تعویض یون یا اسمز معکوس می‌شود بایستی نزدیک به صفر باشد؛ زیرا این یون‌ها می‌توانند شبکه رزین و غشاء را مورد حمله قرار داده و باعث فرسایش فیزیکی آن‌ها گردند (۲۹،۳۰)، از این رو بایستی گزینه‌های ترکیبی برای حذف آلاینده‌های مذکور از نظر فنی و اقتصادی بررسی شده و گزینه برتر انتخاب گردد.

یکی از مهم‌ترین مسایل در زمینه طراحی و ساخت تصفیه‌خانه‌ها، انتخاب بهترین و اقتصادی‌ترین گزینه با توجه به شرایط موجود و چشم‌انداز است، به طوری که انتخاب غلط می‌تواند تأثیر شدیدی در افزایش هزینه‌ها و همچنین عدم دستیابی به نتیجه دلخواه داشته باشد (۳۱). با توجه به مطالعه انجام گرفته (آب و هوا، هیدرولوژی، برآوردهای کمی و کیفی فاضلاب و غیره) و همچنین با بررسی و تجزیه و تحلیل هزینه‌ها (جدول ٦ – ۳) و مزایا و معایب هریک از گزینه‌های پیشنهادی سیستم‌های تصفیهٔ فاضلاب، قضاوت محققین برای انتخاب سیستم تصفیهٔ فاضلاب برای تصفیه‌خانه فاضلاب نیروگاه زرند، گزینه سوم یعنی سیستم حذف بیولوژیکی سولفات همراه با کربن فعال می‌باشد. مهم‌ترین دلایل این انتخاب عبارت بودند از:

۱- فرآیند انتخاب شده در گزینه سوم در مواجهه با شوک‌های آلی و شوک‌های هیدرولیکی انعطاف بیشتری ازخود نشان می‌دهد

۲- راهبری تصفیه‌خانه طی گزینه سوم به دلیل ساختار واحدهای فرآیندی و تجهیزات مربوط به هرکدام، بسیار آسان‌تر از گزینه‌های دیگر است.

محدودیت منابع آب و نوسانات و تغییرات اقلیمی، توزیع نامتوازن آب در سطح کشور، افزایش روزافزون جمعیت، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی و رسیدن کشور به مرحله تنش آبی باعث گردیده که

مدیران و برنامه‌ریزان آب به دنبال استفاده از منابع غیر متعارف آب برای دستیابی به توسعه پایدار باشند (۳۲). امروزه پساب تصفیه خانه‌های فاضلاب به عنوان یک منبع جدید و دائمی مورد توجه کارشناسان جهت جبران منابع آب زیرزمینی به طور مستقیم و غیرمستقیم شناخته شده است و اساساً تصفیه زمانی معنی پیدا می‌کند که پساب مورد استفاده مجدد قرار بگیرد. روش‌های بهره‌گیری از پساب گسترده و حساس می‌باشند که از آن جمله می‌توان به تغذیه مصنوعی، آبیاری کشاورزی، صنایع، پرورش ماهی و فضای سبز اشاره کرد (۳۳،۳٤). با توجه به منطقه مورد مطالعه، از پساب نیروگاه زرند می‌توان برای این موارد استفاده نمود.

اول این که محدوده نیروگاه زرند، به دلیل سطح نسبتاً پایین آب زیرزمینی و برداشت بی‌رویه از آن، با مشکل کم آبی مواجه می‌باشد. لذا با توجه به با ارزش بودن این منبع آبی، محققین پیشنهاد می‌کنند پس از تصفیه پساب و رعایت استانداردها، پساب مذکور را جهت تغذیه مصنوعی مورد استفاده قرار دهند. لازم به ذکراست نظر به سخت گیرانه‌تر بودن استانداردهای تغذیه مصنوعی، هزینه‌های اجرایی این گزینه به مراتب بالاتر است.

پیشنهاد دوم محققین با توجه به نوع منطقه مورد مطالعه، استفاده جهت مصارف کشاورزی، با توجه به کشت محصولات مختلف باغی و زراعی در منطقه که عمدتاً شامل محصولات باغی (درختان مثمر مانند انار، پسته، سیب و غیر مثمر مانند کاج، سرو، اقاقیا) و محصولات زراعی (شامل غلات، حبوبات، دانه‌های روغنی، نباتات علوفه‌ای، محصولات جالیزی و سبزیجات) می‌باشد. از جمله مزایای استفاده از پساب جهت آبیاری کشاورزی می‌توان به رعایت استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست و جلوگیری از مخاطرات احتمالی، ایجاد اطمینان برای کشاورزان منطقه در داشتن یک منبع دایمی آب برای کشت و کار، کاهش مصرف آب زیرزمینی و در نتیجه افزایش ذخیره آبخوان، کاهش برق مصرفی پمپ‌های سرچاهی چاه‌های کشاورزی، افزایش سطح تولید محصولات کشاورزی و در نتیجه رشد اقتصاد کشاورزان اشاره نمود؛ بنابراین با توجه به نوع محصولات ذکر شده در منطقه و نیاز آبی هر یک از محصولات و همچنین دبی متوسط پساب خروجی از تصفیه‌خانه می‌توان مساحت متوسط تحت پوشش آبیاری محصولات محدوده طرح را با پساب خروجی تصفیه‌خانه نیروگاه زرند برآورد نموده و از پساب تصفیه شده نهایت استفاده را نمود.

نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر، هدف انتخاب روش تصفیه‌ای برای تصفیه فاضلاب نیروگاه حرارتی زرند بود، به گونه ای که کمترین اثرات مخرب زیست محیطی را به همراه قابلیت اجرا از لحاظ فنی و اقتصادی و استفاده مجدد داشته باشد. با توجه به نتایج حاصل شده و با بررسی و تجزیه و تحلیل هزینه‌ها، مزایا و معایب سیستم‌های تصفیهٔ فاضلاب، قضاوت محققین برای انتخاب سیستم تصفیهٔ فاضلاب برای تصفیه خانه فاضلاب نیروگاه زرند، سیستم حذف بیولوژیکی سولفات همراه با کربن فعال می‌باشد. همچنین با توجه به منطقه مورد مطالعه، از پساب تصفیه شده این نیروگاه می‌توان جهت تغذیه مصنوعی و مصارف کشاورزی استفاده مجدد نمود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از شرکت دریارود جنـوب کـه محققـین رادر انجام این مـطالـعه یـاری نمودند، سپاســگزاری می‌گردد.

References

1. Ahmadi M, Tajrishi M, Abrishamchi A. Technical and Economic comparison of conventional wastewater treatment systems in the sugar industries in Iran. Journal of Water and Wastewater. 2005;53: 54-61. Persian.

2. Alavi SZ, Mojtahedzadeh H, Amin F, Savoji AP. Relationship between emotional intelligence and organizational commitment in Iran's Ramin thermal power plant. Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2013;84:815-9.

3. Bedri Z, Bruen M, Dowley A, Masterson B. Environmental consequences of a power plant shut-down: a three-dimensional water quality model of Dublin Bay. Mar Pollut Bull. 2013 Jun 15;71(1-2):117-28.

4. Choudhury MR, Hsieh MK, Vidic RD, Dzombak DA. Corrosion management in power plant cooling systems using tertiary-treated municipal wastewater as makeup water. Corrosion Science. 2012;61:231-41.

5. Chu TU, Krenkel PA, Ruane RJ. Wastewater Control Technology in Steam-Electric Power Plants. Ninth International Conference on Water Pollution Research; Stockholm, Sweden: 1979. p. 801-10.

6. Estevinho BN, Martins I, Ratola N, Alves A, Santos L. Removal of 2,4-dichlorophenol and pentachlorophenol from waters by sorption using coal fly ash from a Portuguese thermal power plant. J Hazard Mater. 2007 May 8;143(1-2):535-40.

7. Gabelich CJ, Tran TD, Suffet IH. Electrosorption of inorganic salts from aqueous solution using carbon aerogels. Environ Sci Technol. 2002 Jul 1;36(13):3010-9.

8. Miller KJ. Municipal Wastewater Reuse: Selected Readings on Water Reuse. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Office of Wastewater Enforcement & Compliance; 1991.

9. Nielsen L, Jeppesen T. Tradable Green Certificates in selected European countries-overview and assessment. Energy Policy 2003; 31(1): 3-14.

10. Lee JB, Park KK, Eum HM, Lee CW. Desalination of a thermal power plant wastewater by membrane capacitive deionization. Desalination. 2006;196(1–3):125-34.

11. Mohsen MS. Treatment and reuse of industrial effluents: case study of a thermal power plant. Desalination. 2004;167:75-86.

12. Mehravaran B, Esmaili K. Bio Disk sanitary Wastewater system optimization with the purpose of waste recovery power plant: a case study of ed. Iran: Iran Energy Efficiency Organization; 2005. Persian

Neyshabour power plant, Eastern Iran. International Bulletin of Water Resources & Development. 2014; 2(1): 100- 8. Persian.

13. Torabian A, Hasani AH, Babai F, Boshkoo F. Iran thermal power plants chemical wastewater treatment. Journal of Sciences and Environmental Technology. 2004;6(2): 45-55. Persian

14. Aghanejad M, Mesdaginia A, Vaezi F. Determining the Efficiency of WWTP in Khoy Power Plant and Improving Phosphorus Removal by Anoxic-Oxic Process. Iranian Journal of Health and Environment 2009; 2(1): 66-75. Persian

15. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. [cited 2014 Oct 30] Available from: http://www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_1000-3000.pdf

16. Saidi MH, Talai MR. Thermal Power Plants. 2th ed. Iran: Yazda; 2013. Persian

17. Minhalma M, de Pinho MN. Development of nanofiltration/steam stripping sequence for coke plant wastewater treatment. Desalination. 2002;149(1–3):95-100.

18. Nemerow NL. Industrial water pollution: Origins, characteristics, and treatment. 6th ed. United State America: Krieger Publishing Company; 1987.

19. Odenthal C, Steinmann WD, Laing ME. The CellFlux Storage Concept for Cost Reduction in Parabolic Trough Solar Thermal Power Plants. Energy Procedia. 2014;46:142-51.

20. Spadoni M, Voltaggio M, Sacchi E, Sanam R, Pujari PR, Padmakar C, et al. Impact of the disposal and re-use of fly ash on water quality: the case of the Koradi and Khaperkheda thermal power plants (Maharashtra, India). Sci Total Environ. 2014 May 1;479-480:159-70.

21. Pliego G, Zazo JA, Casas JA, Rodriguez JJ. Case study of the application of Fenton process to highly polluted wastewater from power plant. J Hazard Mater. 2013 May 15;252-253:180-5.

22. Safari I, Walker ME, Hsieh M-K, Dzombak DA, Liu W, Vidic RD, et al. Utilization of municipal wastewater for cooling in thermoelectric power plants. Fuel. 2013;111:103-13.

23. Sala M, Gutiérrez-Bouzán MC. Electrochemical treatment of industrial wastewater and effluent reuse at laboratory and semi-industrial scale. Journal of Cleaner Production. 2014;65:458-64.

24. Sayedi M, Karbasi AR, Tika S, Samadi R. Environmental management of power plants. 1th

25. Walker ME, Theregowda RB, Safari I, Abbasian J, Arastoopour H, Dzombak DA, et al.

Utilization of municipal wastewater for cooling in thermoelectric power plants: Evaluation of the combined cost of makeup water treatment and increased condenser fouling. Energy. 2013;60:139-47.
26. Weng CH, Lin YT, Yuan C, Lin YH. Dewatering of bio-sludge from industrial wastewater plant using an electrokinetic-assisted process: Effects of electrical gradient. Separation and Purification Technology. 2013;117:35-40.
27. McCarty PL, Bae J, Kim J. Domestic wastewater treatment as a net energy producer--can this be achieved? Environ Sci Technol. 2011;45(17):7100-6.
28. Chu P, Benson P, Fink D. Characterizing wastewater streams at electric utility power plants-collecting accurate data and developing predictive relationships. Fuel and Energy. 2000; 41(4): 214.
29. Wastewater treatment: Novel membrane filters power ultra-compact wastewater plant. Filtration Separation. 2011;48(5):44-5.
30. GE technology helps Texas power plants reuse over 98% of wastewater. Pump Industry Analyst. 2013; 1: 4.
31. Zeng G, Jiang R, Huang G, Xu M, Li J. Optimization of wastewater treatment alternative selection by hierarchy grey relational analysis. J Environ Manage. 2007 Jan;82(2):250-9.
32. Neyrizi S. The reuse of treated wastewater, water supply strategy. Journal of Water and Environment 1999; 34: 12-4.
33. Okun DA. Realizing the Benefits of Water Reuse in Developing Countries. USA: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Office of Wastewater Enforcement & Compliance; 1991.
34. Torabian A, Hasani AH, Babaei F, Beshkoh F. Thermal power plants chemical wastewater treatment in Iran. Journal of Environmental Science and Technology. 2004; 6(2): 45-55. Persian

Journal of Health & Development Original Article

Vol. 5, No. 4, Winter 2017 Received: 09.12.2014 Accepted: 01.05.2016

The Wastewater Management of Zarand Thermal Power Plant: Assessment of the Wastewater Treatment Methods, Cost Analysis, and Suggesting the Best Method

Rasul Shabani Aghta[1], Ahmad Rajabizadeh[2], Hossein Jafari Mansoorian[3,4], Bahar Rajabizadeh[5], Arash Ahmadi[6]

Abstract

Background: Industry has a major role in the pollution of water supplies as well as the highest potential for reducing the consumption and implementing water and wastewater management plans. The aim of this study was to identify the best treatment method for the wastewater of Zarand thermal power plant, so that it can be implemented technically and economically and reused with least adverse environmental effects.

Methods: In this study, the available data about the current status of the region was collected from the relevant organizations. Then, the status of Zarand thermal power plant in terms of the level of produced energy, production process, the type of chemicals and fuel used, the volume of water consumed and sources of water supply, the quantitative and qualitative estimation of the effluent, and the current status of collecting and discharging it were evaluated and analyzed using descriptive statistical methods.

Results: The results show that water cooling units produced the highest level of wastewater in Zarand thermal power plant. Considering the cost analysis, and the advantages and disadvantages of the wastewater treatment systems, the biological sulphate removal system using activated carbon is recommended for the wastewater treatment of Zarand thermal power plant.

Conclusion: The results show that environmental changes resulted from discharging the wastewater of Zarand thermal power plant into the environment can be prevented by an appropriate management, and the wastewater can be reused in the best way.

Keywords: Thermal Power Plant, Industrial Wastewater Treatment, Cost Analysis, Zarand

1- MSc, Daryarood Jonoob Consulting Engineers Firm, Kerman, Iran
2- Lecturer, Environmental Health Engineering Research Center, School of Public Health, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, Iran
3- Lecturer, Health Promotion Research Center, School of Public Health, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran
4- Young Researchers and Elite Club, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
5- BSc Student, Department of Chemistry, Faculty of Science, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
6- BSc, Kerman Rural Water & Wastewater Company, Kerman, Iran
Corresponding Author: Hossein Jafari Mansoorian **Email:** h.mansoorian@yahoo.com
Address: School of Public Health, Zahedan University of Medical Sciences, Dr.Hesabi Square, Zahedan
Tel: 054-33295824 **Fax:** 054-32425735