مقاله پژوهشی
مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان
دوره ۱۶، بهمن ۱۳۹۶، ۱۰۵۲-۱۰۴۱

کارآیی تصفیه‌خانه پساب مجتمع پتروشیمی شازند و امکان‌سنجی استفاده مجدد از پساب آن در سال ۱۳۹۴

رضا شکوهی[۱]، حلیمه الماسی[۲]، فهیمه زمانی[۳]

دریافت مقاله: ۹۶/۸/۹ ارسال مقاله به نویسنده جهت اصلاح: ۹۶/۱۰/۴ دریافت اصلاحیه از نویسنده: ۹۶/۱۰/۲۷ پذیرش مقاله: ۹۶/۱۰/۳۰

چکیده

زمینه و هدف: پساب صنایع پتروشیمی حاوی انواع ترکیبات سمی است ولی در صورت تصفیه مناسب، امکان استفاده مجدد از پساب آن وجود خواهد داشت. هدف مطالعه حاضر بررسی کارآیی تصفیه‌خانه پساب مجتمع پتروشیمی شازند و امکان سنجی استفاده مجدد از پساب آن در آبیاری فضای سبز و برج‌های خنک‌کننده بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه توصیفی، نتایج آزمایشات انجام شده توسط واحد آزمایشگاه مجتمع پتروشیمی شازند مربوط به سال ۱۳۹۴ مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفت، سپس امکان استفاده مجدد از پساب آن در آبیاری فضای سبز و برج‌های خنک‌کننده بررسی شد. مقادیر COD (اکسیژن شیمیایی مورد نیاز)، TSS (کل جامدات معلق)، Fecal Coliform (کلیفرم مدفوعی)، Total Coliform (کلیفرم کل)، کدورت و کلر آزاد پساب خروجی حوض کلرزنی و میزان سیلیس، قلیائیت، سختی کلسیم، سولفات، COD، هدایت الکتریکی و آهن در پساب خروجی واحد الکترودیالیز معکوس (Reverse electro dialysis) اندازه‌گیری گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد حداکثر کارآیی تصفیه‌خانه در حذف COD ۹۸ درصد می‌باشد. مقادیر پارامترهای پساب خروجی حوض کلرزنی با استانداردهای محیط زیست ایران جهت آبیاری فضای سبز منطبق بوده و پساب تصفیه شده در واحد الکترودیالیز با داشتن حداکثر ۰/۱۲ میلی‌گرم بر لیتر آهن، ۱۲۶ میلی‌گرم بر لیتر سولفات و هدایت الکتریکی ۶۹۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر برای مصارف برج‌های خنک‌کننده مناسب بود.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد می‌توان از پساب حوض کلرزنی جهت آبیاری فضای سبز و از پساب تصفیه شده در خروجی واحد الکترودیالیز معکوس در برج‌های خنک‌کننده استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: پساب پتروشیمی، شازند، استفاده مجدد، الکترودیالیز معکوس

۱- دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

۲- دانشجوی دکتری مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران

۳- (نویسنده مسئول) دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

تلفن: ۰۸۱-۳۸۳۸۰۵۷۲، دورنگار: ۰۸۱-۳۸۳۸۰۵۷۲، پست الکترونیکی:f.zamani2016@yahoo.com

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-07-06]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1396.16.11.4.6]

مقدمه

در سال‌های اخیر، تصفیه مناسب پساب صنایع جهت پیشگیری از آلودگی منابع آبی، خاک و غیره امری مهم تلقی شده است. یکی از عمده‌ترین مشکلات زیست محیطی در ایران دفع غیر بهداشتی پساب صنایع می‌باشد. صنعت پتروشیمی اخیراً به دلیل سیاست‌های اقتصادی دولت و افزایش تقاضا برای محصولات تولیدی آن بسیار توسعه یافته است[۱] پساب این صنعت، سمی، سرطان‌زا و مقاوم است و برای سلامتی انسان و محیط زیست تهدید جدی محسوب می‌گردد [۲]. پساب صنایع پتروشیمی بسیار پیچیده بوده و حاوی غلظت‌های بالایی از هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای، استرهای فتالات، سولفید، فنل، هیدروکربن‌های نفتی، آنیلین، نیتروبنزن، ترکیبات آلی کلره، انواع فلزات و دیگر ترکیبات سمی و مقاوم است [۲]. حضور ترکیبات فوق در پساب این صنایع سبب اکسیژن‌خواهی شیمیایی یا COD (Chemical oxygen demand) بالا و زیست تجزیه‌پذیری کم آن‌ها می‌شود [۳]. به همین علت برای تصفیه مناسب پساب این صنایع از مجموعه‌ای از روش‌های فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی استفاده می‌شود. میزان COD و برخی از پارامترهای شیمیایی در فاضلاب خروجی از تصفیه‌خانه مهم می‌باشد. تصفیه بیولوژیکی در مقایسه با تصفیه شیمیایی نسبتاً ارزان‌تر است. یکی از فرایندهای بیولوژیکی بسیار متداول که در بسیاری از تصفیه‌های صنایع پتروشیمی ایران به کار گرفته می‌شود، فرایند لجن فعال است [۴]. کمبود آب یک نگرانی رو به افزایش در جهان است. در مواجهه با این کمبودها توسعه راهکارهایی برای بهبود مدیریت مصرف آب در مصارف مختلف ضروری است[۵]. صنایع پتروشیمی، پالایشگاه و نیروگاه‌ها بزرگترین صنایع مصرف‌کننده آب می‌باشند. بخش عظیمی از آب ورودی در این صنایع به مصرف برج‌های خنک‌کننده می‌رسد. زیرا میزان قابل توجهی از آب ورودی به دلیل تبخیر، زهکشی و نشت هدر می‌رود. همچنین، مقدار زیادی از آب تصفیه شده برای حفظ تعادل آب در برج‌های خنک‌کننده و بهره‌برداری در وضعیت ثابت نیاز می‌باشد. در بسیاری از کشورها تا مدت‌ها، زیر آب برج‌های خنک‌کننده بدون تصفیه و مستقیماً به آب‌های سطحی تخلیه می‌گردید. کمبود آب، حجم زیاد زیر آب برج‌های خنک‌کننده و افزایش هزینه آب، سبب تصفیه و استفاده مجدد از زیر آب برج‌های خنک‌کننده در سال اخیر شده است [۶]. فرایندهای الکترودیالیز و الکترودیالیز معکوس مبتنی بر روش‌های غشایی می‌باشند که از طریق غشاهای تبادل یونی و در پتانسیل‌های الکتریکی متفاوت سبب انتقال یون‌های نمکی از یک محلول به محلول دیگر می‌شوند [۷]. از این سیستم به منظور نمک‌زدایی پساب‌های تصفیه شده جهت مصارف برج‌های خنک‌کننده استفاده می‌گردد [۸]. از طرفی، در صورت مناسب بودن فرایندهای تصفیه و صحت بهره‌برداری می‌توان از پساب تولیدی برای آبیاری فضای سبز استفاده کرد. یکی از راه‌های کاهش مصرف منابع آب و حل مسئله کمبود آب استفاده مجدد از منابع آبی است و استفاده از آب اصلاح شده در آبیاری یکی از مهم‌ترین اقدامات در این زمینه می‌باشد. یکی از روش‌های مؤثر در صرفه‌جویی منابع آب، استفاده از پساب‌های تصفیه شده برای آبیاری مزارع به جای استفاده از آب‌های آشامیدنی است [۹]. در مطالعه

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-07-06]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1396.16.11.4.6]

Pourdara و همکاران، استفاده از پساب تصفیه‌شده بیمارستانی برای آبیاری فضای سبز مورد بررسی قرار گرفت. سیستم تصفیه مورد استفاده در این مطالعه فرایند لجن فعال از نوع هوادهی ممتد بود. نتایج آزمایشات نشان داد کارآیی فرایند مذکور در حذف BOD_5, COD, TSS و MPN به ترتیب ۷۸/۶، ۸۳/۷، ۸۶/۴ و ۹۹/۱۵ درصد بوده و کیفیت فاضلاب تصفیه‌شده در مقایسه با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران برای استفاده مجدد در فضای سبز از نظر کلیه پارامترها به جز MPN مطابقت دارد [۱۰]. لذا در این پژوهش کارآیی تصفیه‌خانه پساب مجتمع پتروشیمی شازند و امکان‌سنجی استفاده مجدد از پساب آن برای مصارف برج‌های خنک‌کننده و آبیاری فضای سبز مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع توصیفی می‌باشد که به منظور بررسی عملکرد تصفیه‌خانه فاضلاب مجتمع پتروشیمی شازند و امکان‌سنجی استفاده مجدد از پساب آن در آبیاری فضای سبز و آب جبرانی برج‌های خنک‌کننده انجام شد. تصفیه‌خانه فاضلاب (Wastewater treatment plant WWTP) این مجتمع، دارای سه مرحله تصفیه مقدماتی، بیولوژیکی و پیشرفته است. در اولین مرحله از تصفیه مقدماتی، پساب آلی و روغنی واحدهای این مجتمع وارد حوضچه آشغال‌گیری می‌شود. سپس پساب وارد حوضچه روغن‌گیری شده و با استفاده از اسکرابر عملیات روغن‌گیری و ته‌نشینی ثقلی صورت می‌گیرد. پس از اختلاط و همگن‌سازی پساب در تانک یکنواخت‌سازی، فرایند انعقاد و لخته‌سازی بر روی پساب انجام می‌شود. سپس پساب به حوضچه DAF (air flotation Dissolved) تخلیه می‌شود.

پس از تصفیه مقدماتی، پساب جهت انجام فرایند بیولوژیکی به حوضچه تزریق مواد مغذی ارسال می‌گردد. پس از تصفیه بیولوژیکی، پساب وارد حوضچه‌های ته‌نشینی ثانویه می‌شود، نهایتاً کلرزنی شده و وارد مرحله سوم تصفیه (تصفیه پیشرفته) می‌شود. در این مرحله، ابتدا سختی پساب کاهش داده شده و وارد حوضچه کلاریفایر می‌گردد. سپس پساب به فیلترهای شنی هدایت می‌شود. پساب تصفیه‌شده از فیلترهای شنی، جهت حذف طعم و بو، مواد آلی و مواد هیدروکربنی محلول وارد فیلترهای کربنی می‌شود. نهایتاً پساب جهت کاهش یون‌های موجود، وارد سیستم الکترودیالیز معکوس می‌گردد.

برای دستیابی به این هدف، اولاً نتایج آزمایشات مربوط به سال ۱۳۹۴ که توسط واحد آزمایشگاه مجتمع انجام شده بود مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفت، ضمناً جهت ارزیابی وضعیت میکروبی پساب خروجی از تصفیه‌خانه مقادیر کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی آن در ۳ نوبت نمونه‌برداری و اندازه‌گیری گردید. در این مطالعه مقادیر فاکتور COD در ابتدای تصفیه‌خانه، خروجی حوضچه روغن‌گیری و ته‌نشینی ثقلی، خروجی حوض کلرزنی و خروجی واحد الکترودیالیز معکوس، به عنوان آخرین واحد مستقر در این تصفیه‌خانه اندازه‌گیری شد. همچنین، میزان COD، TSS، کدورت و کلر آزاد پساب تصفیه شده در خروجی حوض کلرزنی جهت بررسی انطباق آن با استانداردهای زیست محیطی برای استفاده در آبیاری فضای سبز نمونه‌برداری و اندازه‌گیری شد. میزان سختی، سیلیس، قلیائیت، سولفات، سختی کلسیم، COD، هدایت

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-07-06]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1396.16.11.4.6]

الکتریکی و آهن پساب تصفیه‌شده در خروجی واحد EDR نیز به منظور استفاده در برج‌های خنک‌کننده مورد آزمایش قرار گرفت. نمونه‌برداری به مدت یک سال و هر روز در مجتمع پتروشیمی شازند انجام شد. عملیات نمونه‌برداری به صورت مرکب در حوضچه جمع‌آوری و ذخیره‌سازی در ابتدای تصفیه‌خانه، خروجی حوضچه روغن‌گیری و ته‌نشینی ثقلی، خروجی حوضچه کلرزنی و خروجی EDR صورت گرفت.

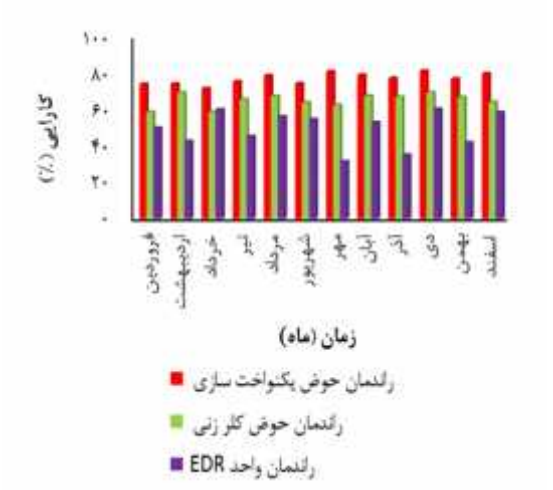
سولفات نقره، دی‌کرومات پتاسیم، اسید سولفوریک غلیظ، سولفات جیوه، نیترات نقره، معرف کرومات پتاسیم ۵٪، معرف فنل فتالئین، متیل اورانژ، سود، اسید سولفوریک، EDTA، معرف کلسیم موراکساید، هیدروکسید آمونیوم، اسید کلریدریک، اریوکروم بلاک T، اسید اگزالیک، مولیبدات آمونیوم، آمونیوم فرو سولفات، کلسیم کلرید، گلیسرول، بافر آمونیوم استات، محلول هیدروکسیل آمین ۱۰٪، ارتو فنانترولین، محیط کشت لاکتوز براث، محیط کشت EC براث، محیط کشت لاکتوز برلیان گرین بیل براث از شرکت مرک و سیگما آلدریچ تهیه شد. دستگاه DR/2400، DR/2010، pH متر دیجیتالی، هدایت‌سنج الکتریکی مدل 50150 و ترازوی دیجیتال مدل جی‌تی ساخت شرکت HACH استفاده شد.

COD به روش هضم ۲ ساعته اسید سولفوریک و دی‌کرومات پتاسیم توسط دستگاه اسپکتروفتومتر DR/2010 در طول موج ۶۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد [۱۱].

اندازه‌گیری کلر به روش تیتراسیون با نیترات نقره و قلیائیت به روش تیتراسیون با استفاده از اسید سولفوریک انجام شد. سیلیس به روش رنگ‌سنجی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر DR/2010 در طول موج ۸۵۰ نانومتر و یون سولفات به روش کدورت‌سنجی در طول موج ۴۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد [۱۱]. آهن نیز به روش رنگ‌سنجی در طول موج ۵۱۰ نانومتر سنجیده شد. برای اندازه‌گیری کدورت از دستگاه کدورت‌سنج ساخت شرکت HACH مدل 2100Q استفاده شد. سختی کلسیم به روش تیتراسیون با EDTA اندازه‌گیری شد. به منظور سنجش کلیفرم‌های کل و مدفوعی از تست MPN به روش ۱۵ لوله‌ای استفاده شد.

نتایج

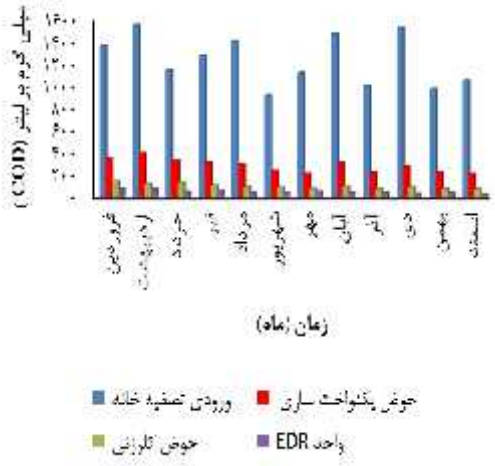
نمودار ۱، غلظت COD در فاضلاب ورودی به حوضچه روغن‌گیری و ته‌نشینی ثقلی، حوض کلرزنی و واحد EDR و همچنین، کارآیی این واحدها در حذف COD را نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار ۲ دیده می شود واحد روغن‌گیری و ته‌نشینی ثقلی در مقایسه با سایر واحدها با کاهش غلظت COD از ۱۵۶۰ به ۲۱۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین کارآیی را داشت.



نمودار ۱- غلظت COD در فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه، خروجی حوضچه روغن‌گیری و ته نشینی ثقلی، خروجی حوض کلرزنی

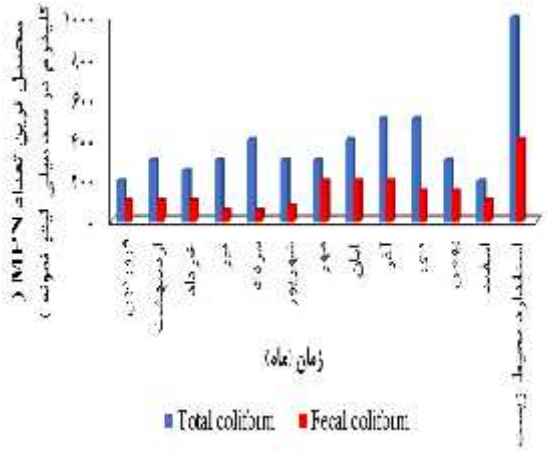
[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-07-06]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1396.16.11.4.6]



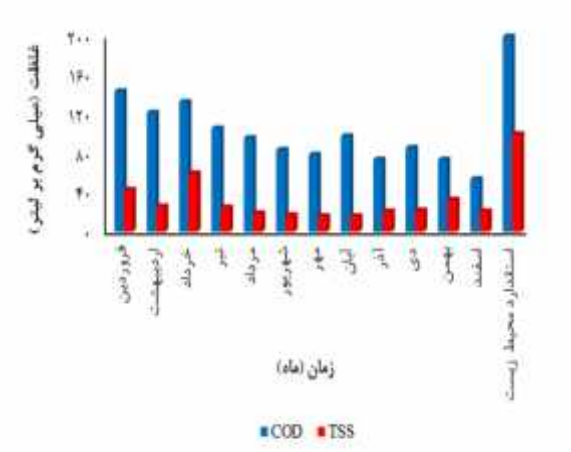
نمودار ۲ - مقایسه کارایی واحد ها در حذف COD

به منظور بررسی امکان‌سنجی استفاده از پساب خروجی حوض کلرزنی در آبیاری فضای سبز مقادیر COD، TSS، Fecal Coliform، Total Coliform، کدورت و کلر آزاد پساب خروجی از حوض کلرزنی در نمودارهای ۳ تا ۶ نشان داده شده و با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران مطابقت داده شده‌اند. مطابق با نمودار ۳، حداکثر میزان کلیفرم کل و مدفوعی اندازه‌گیری شده در این مطالعه به ترتیب ۵۰۰ MPN/۱۰۰ mL و ۱۰۰ mL /۲۰۰MPN می‌باشد.



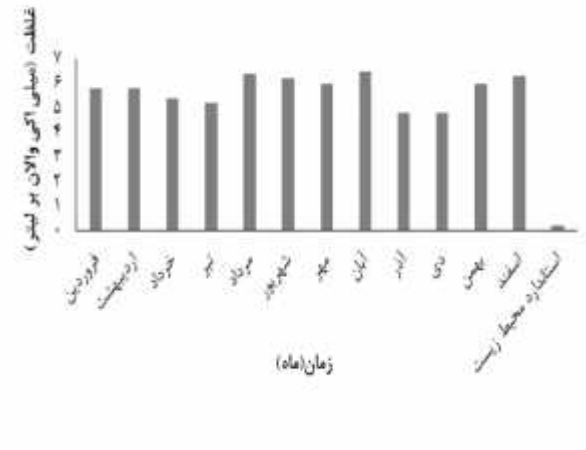
نمودار ۳- غلظت کلیفرم کل و مدفوعی در پساب خروجی حوض کلرزنی

در نمودار ۴- غلظت COD و TSS در پساب خروجی حوض کلرزنی نشان داده شده است. همان‌طور که در این نمودار نشان داده شده مقادیر این دو پارامتر از میزان استاندارد تجاوز نکرده است.



نمودار ۴- غلظت COD و TSS پساب خروجی حوض کلرزنی

همان‌طور که در نمودار ۵ مشخص است، میزان کلر پساب خروجی حوض کلرزنی از استاندارد تعیین شده بیشتر می‌باشد.

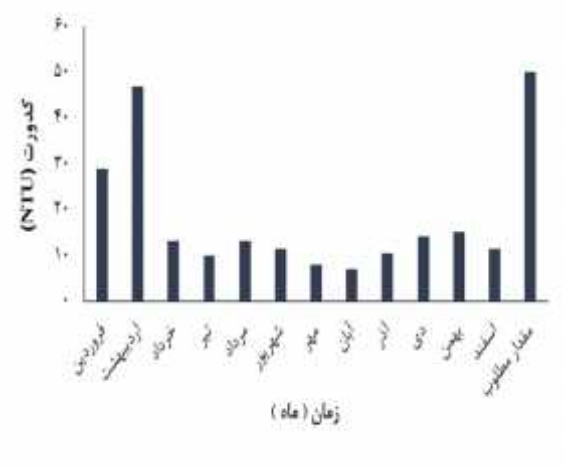


نمودار ۵- غلظت کلر آزاد پساب خروجی حوض کلرزنی

نمودار ۶ کدورت پساب خروجی حوض کلرزنی را نشان می‌دهد. حداکثر کدورت در اردیبهشت ماه NTU ۴۷ و

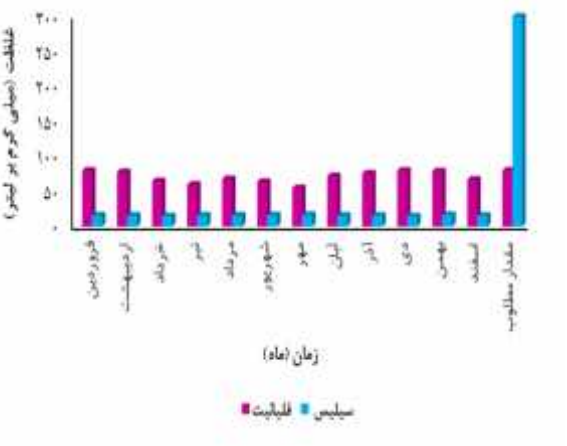
[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-07-06]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1396.16.11.4.6]

حداقل مقدار آن در آبان ماه معادل NTU ۷ می‌باشد. لذا میزان کدورت این پساب جهت آبیاری فضای سبز مطابق با استانداردهای زیست محیطی می‌باشد.



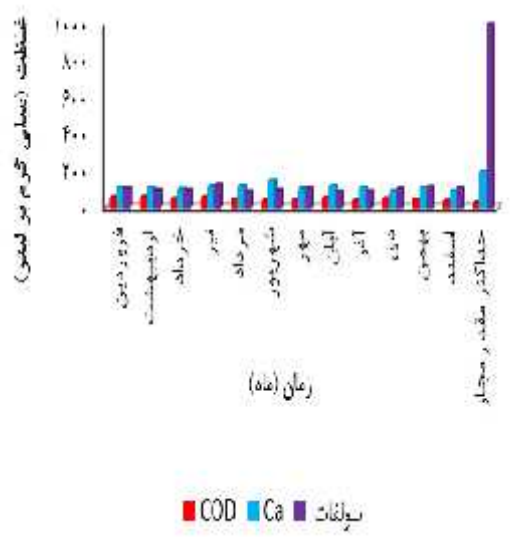
نمودار ۶- مقادیر کدورت پساب خروجی حوض کلرزنی

نمودار ۷، غلظت سیلیس و قلیائیت در پساب تصفیه شده در واحد EDR را نشان می‌دهد. حداکثر میزان قلیائیت ۱۲۶ و حداقل ۷۰ میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد. در حالی که حداکثر غلظت مجاز قلیائیت در برج‌های خنک‌کننده ۸۰ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. غلظت سیلیس در پساب تصفیه شده در این واحد با مقادیر مجاز مطابقت دارد [۵].



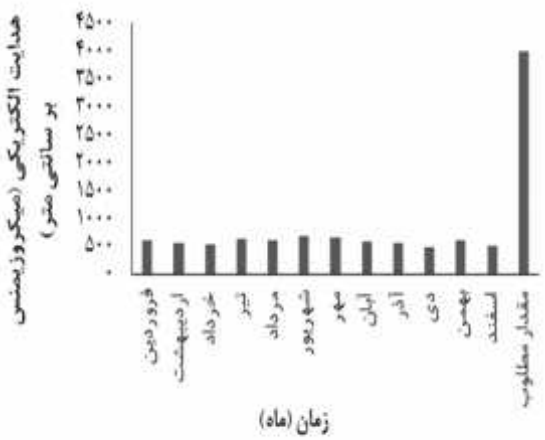
نمودار ۷- غلظت سیلیس و قلیائیت پساب تصفیه شده در واحد EDR

نمودار ۸ غلظت سولفات، سختی کلسیم و COD در پساب خروجی از واحد EDR را نشان می‌دهد. مقادیر COD از حداکثر میزان مجاز بیشتر می‌باشد.



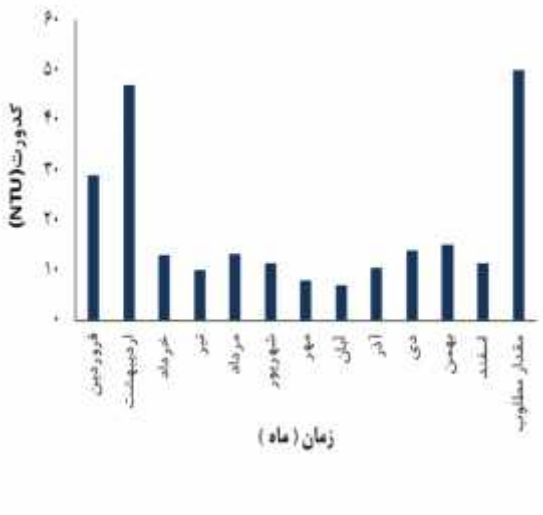
نمودار ۸- غلظت سولفات، سختی کلسیم و COD در پساب خروجی از واحد EDR

در نمودارهای ۹ و ۱۰، میزان هدایت الکتریکی و آهن در پساب خروجی از این واحد نشان داده شده است. مقادیر هردو پارامتر کمتر از حداکثر مقدار مجاز می‌باشد.



نمودار ۹- مقادیر هدایت الکتریکی پساب خروجی واحد EDR

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-07-06]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1396.16.11.4.6]



نمودار ۱۰- مقادیر آهن پساب خروجی واحد EDR

بحث

ترکیبات آلی به عنوان آلاینده اصلی در اغلب صنایع پتروشیمی محسوب می‌شوند. شاخص ارزیابی کارآیی تصفیه‌خانه در حذف ترکیبات آلی، COD می‌باشد [۴]. همان‌طور که در نمودار ۲ دیده می‌شود در میان واحدهای مورد بررسی در این مطالعه واحد جداکننده ثقلی با کاهش COD به میزان ۸۱٪، بالاترین کارآیی را نشان داد. بیشترین حذف هیدروکربن‌های سنگین در واحد جدا کننده ثقلی اتفاق می‌افتد که موجب کاهش قابل‌توجه COD می‌شود. پساب صنایع پتروشیمی و پالایشگاه حاوی ترکیبات آلی مقاوم می‌باشد که به سختی مورد تجزیه زیستی قرار می‌گیرند. همچنین، بعضی از ترکیبات مقاوم بسیار سمی بوده و مانع از فعالیت میکروبی شده و می‌توانند سبب کاهش کیفیت پساب و عدم ثبات بهره‌برداری شوند [۴]. در خروجی حوض کلرزنی به عنوان آخرین حوض در فرایند بیولوژیکی، کارآیی حذف COD ۷۰- ۵۸ درصد به دست آمد. ناپایداری شرایط بهره‌برداری در فرایند تصفیه بیولوژیکی امری طبیعی می‌باشد و می‌تواند منجر به تغییر غلظت مواد مغذی و تغییر دمای محیطی گردد. به طور کلی، راندمان حذف COD در این تصفیه‌خانه از مرحله ورود فاضلاب تا مرحله خروج از واحد EDR ۹۷- ۹۴ درصد به دست آمد و حداکثر غلظت COD در پساب خروجی از واحد EDR، در فروردین ماه به میزان ۷۲ میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری گردید. در مطالعه انجام شده توسط Shokrollahzade و همکاران، کارآیی تصفیه‌خانه فاضلاب پتروشیمی آبادان در کنترل آلودگی صنایع پتروشیمی مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مطالعه کارآیی واحدهای جداکننده ثقلی، تانک یکنواخت‌سازی، حوض کلرزنی و سیستم بیولوژیکی در حذف COD بررسی شد. نتایج نشان داد کارآیی واحد جداکننده ثقلی در مقایسه با سایر واحدها بیشتر می‌باشد و مطابق با نتایج مطالعه حاضر است [۴]. با توجه به نتایج، حداکثر مقدار کلیفرم کل و مدفوعی در آذر ماه به ترتیب برابر mL ۱۰۰/ ۵۰۰MPN و ۱۰۰mL/ ۲۰۰MPN اندازه‌گیری شد. استاندارد تعیین شده از سوی سازمان حفاظت محیط زیست برای این دو پارامتر به ترتیب MPN / ۱۰۰mL ۱۰۰۰ و MPN/۱۰۰ mL ۴۰۰ می‌باشد [۱۰]، لذا مقادیر کلیفرم در پساب این حوضچه در حد مطلوب بود. پارامتر COD قابلیت زیست تجزیه‌پذیری آلاینده‌های موجود در پساب را نشان می‌دهد. اما به طور کلی، فرایند تجزیه پذیری زیستی هیدروکربن‌های نفتی به دلیل آبگریز بودن آلاینده‌ها، آهسته است [۱۲]. بنابراین COD باقی‌مانده نشان‌دهنده میزان زیست تجزیه‌ناپذیری یا سخت تجزیه پذیری مواد می‌باشد [۱۲]. نمودار ۴ غلظت COD باقی‌مانده در پساب خروجی حوض کلرزنی را نشان می‌دهد. سازمان حفاظت محیط زیست حداکثر غلظت

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-07-06]
[DOR: 20.1001.1.17353165.1396.16.11.4.6]

COD پساب برای استفاده مجدد در آبیاری فضای سبز را ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تعیین کرده است [۱۰]. همان‌طور که در این شکل ملاحظه می‌گردد حداکثر و حداقل مقدار آن در پساب به ترتیب ۱۴۴ و ۵۴ میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد غلظت CODپساب جهت آبیاری فضای سبز مناسب است. آب مورد استفاده در آبیاری فضای سبز شامل مقادیر زیادی جامدات معلق، نیتروژن، فسفر، نمک و جمعیت باکتریایی می‌باشد. مشخصات ذرات جامد معلق به واکنش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی جامدات معلق و میکروارگانیسم‌ها بستگی دارد. حضور جامدات معلق در آب مصرفی در آبیاری فضای سبز علت اصلی گرفتگی خاک می‌باشد [۱۳]. در نمودار ۴ مقادیر TSS نیز نشان داده شده است. غلظت TSS در محدوده ۶۰ -۱۶ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که با استاندارد تعیین شده برای این پارامتر (۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) مطابقت دارد [۱۰]. لذا کاربرد پساب حوض کلرزنی جهت آبیاری فضای سبز به لحاظ TSS مناسب بوده و هیچ‌گونه مشکلی را ایجاد نخواهد کرد. در مطالعه Kumar و همکاران، سیستم تصفیه طبیعی وتلند (wetland) در فصل زمستان غلظت TSS را از ۲۲۵ به ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر و سیستم تصفیه داک‌وید (duckweed) با کارآیی۵۷/۵۲ درصد غلظت TSS را به ۹۶ میلی‌گرم بر لیتر کاهش داد [۱۴].

کلر به دلیل مرتبط بودن با EC تحت شرایط آزمایشگاهی، نرخ جذبی کم و تحرک‌پذیری بسیار در خاک، عموماً به عنوان یک اندیکاتور برای تخمین میزان نمک به کار گرفته می‌شود [۱۵]. کلر اندازه‌گیری شده در پساب ۶/۴-۴/۸ میلی‌اکی‌والان بر لیتر بود که با استاندارد کلر مورد استفاده برای آبیاری فضای سبز مطابقت ندارد [۱۰]. بالا بودن میزان کلر می‌تواند خطر شور شدن خاک را به دنبال داشته باشد [۱۵]. در پژوهشی که Wang و همکاران انجام دادند، هیچ‌گونه تغییری در مقادیر جامدات محلول خاک در طی ۵ سال آبیاری با آب اصلاح شده رخ نداد تنها در ۱۰-۰ سانتی‌متری لایه بالایی خاک میزان TDS کمی افزایش یافت [۱۶]. با بررسی نتایج مطالعات مشابه می‌توان این گونه نتیجه گرفت که بالا بودن غلظت کلر در پساب مورد استفاده برای آبیاری فضای سبز این مجتمع با در نظر گرفتن تمهیداتی همچون پایش مداوم غلظت کلر در پساب خروجی از حوض کلرزنی مشکلی را ایجاد نخواهد کرد.

حداکثر کدورت (۴۷ NTU) در اردیبهشت ماه و حداقل مقدار آن در آبان ماه (۷ NTU) اندازه‌گیری شد و استاندارد تعیین شده برای این پارامتر ۵۰NTU می‌باشد [۹]. لذا مقادیر کدورت این پساب برای آبیاری فضای سبز مناسب می‌باشد. حداکثر غلظت مجاز قلیائیت در برج‌های خنک‌کننده ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر است و بیشترین میزان قلیائیت در پساب ورودی به برج‌های خنک‌کننده نیز در دی و فروردین ماه ۸۰ میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد و در سایر ماه‌ها قلیائیت پساب ۷۹-۵۵ میلی‌گرم بر لیتر بود. قلیائیت نشان‌دهنده تعداد یون‌های کربنات و بی‌کربنات موجود در آب می‌باشد و اگر مقدار آن کنترل نشود در اثر رسوب کلسیم کربنات و منیزیم خسارات بسیاری به سیستم‌های تولید بخار وارد می‌گردد [۱۷]. اندازه‌گیری‌ها در مطالعه حاضر حاکی از مناسب بودن مقادیر آن برای استفاده در برج‌های خنک‌کننده می‌باشد. مطابق نتایج مطالعه حاضر، حداکثر غلظت سیلیس (۱۶/۷میلی‌گرم بر

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-07-06]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1396.16.11.4.6]

لیتر) بسیار کمتر از حداکثر غلظت مجاز (۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بود، لذا غلظت سیلیس در پساب خروجی از این واحد جهت کاربرد در برج‌های خنک‌کننده مناسب می‌باشد. یون‌های سیلیس فعال به دلیل ناچیز بودن بار الکتریکی خود، به میزان بسیار کمی حذف می‌شوند. در شرایط خنثی ذرات سیلیس بی‌بار می‌باشند و از خوردگی ممانعت می‌کنند، لذا غشاهای EDR ذرات سیلیس را نپذیرفته و همراه با جریان خروجی دفع می‌گردند [۷]. طبق مطالعات انجام شده حذف یون‌های دو ظرفیتی در مقایسه با یون‌های تک ظرفیتی بیشتر می‌باشد و دلیل آن تفاوت انرژی هیدراتاسیون است [۷]. در مطالعه حاضر غلظت سولفات در پساب تصفیه‌شده حداقل ۸۸ و حداکثر ۱۲۶ میلی‌گرم بر لیتر بود. حداکثر غلظت مجاز این پارامتر ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد [۵]. در مطالعه Hansen و همکاران غلظت سولفات در آب مورد استفاده در برج‌های خنک‌کننده ۲۸۲-۱۵۹ میلی‌گرم بر لیتر گزارش گردید [۵]. کنترل غلظت کاتیون کلسیم در آب خوراک برج‌های خنک‌کننده به دلیل ایجاد سختی و احتمال تشکیل رسوب در لوله‌ها و تجهیزات بسیار مهم می‌باشد [۱۷]. همان‌طور که نتایج نشان داد، این واحد در حذف COD بازدهی بالایی نداشت. زیرا غلظت مجاز COD در آب مصرفی برج‌های خنک‌کننده کمتر از ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد [۵] در حالی‌که در بررسی حاضر غلظت COD از این عدد تجاوز کرده و در اردیبهشت ماه به ۶۱ میلی‌گرم بر لیتر رسید. در مطالعه‌ای که توسط Dos Santos و همکاران بر روی پساب پالایشگاه‌ها جهت کاربرد در برج‌های خنک‌کننده انجام شد، غلظت COD برابر ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر گزارش گردید [۸]. حذف بار الکتریکی و یا وزن مولکولی کم ترکیبات آلی هیدروفیلیک سبب عبور این ترکیبات از غشا شده و موجب کاهش راندمان واحد EDR در حذف COD می‌شود [۱۸]. یکی از مهم‌ترین پارامترهای مورد بررسی در آب مورد استفاده در برج‌های خنک‌کننده TDS می‌باشد. کاهش هر چه بیشتر TDS سبب کیفیت بهتر آب تصفیه شده می‌گردد. هرگونه تغییر در مقادیر EC منجر به تغییر مستقیم TDS می‌شود. هدایت الکتریکی به دلیل داشتن ارتباط قوی با کل جامدات محلول (TDS)، به آسانی به وسیله فرایندهای کواگولاسیون و ترسیب حذف نمی‌گردد [۶].

همانطور که نتایج نشان داد EC پساب خروجی از واحد EDR حداکثر ۶۹۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر اندازه‌گیری گردید. در حالی‌که حداکثر مقدار مجاز در برج‌های خنک‌کننده ۴۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در نظر گرفته شده است لذا هدایت الکتریکی این پساب برای مصارف برج‌های خنک‌کننده مناسب می‌باشد [۵]. Dos Santos و همکاران استفاده مجدد از پساب‌های پالایشگاه تصفیه شده به روش پیشرفته را در برج‌های خنک‌کننده بررسی کردند. در این مطالعه ابتدا جامدات معلق با استفاده از فرایندهای فیزیکوشیمیایی کاهش یافت، سپس از فیلترهای کربنی برای حذف جامدات محلول استفاده شد و پس از نمک‌زدایی پساب در واحد EDR، پساب به برج‌های خنک‌کننده ارسال گردید. میزان هدایت الکتریکی در ۳ ماه به ترتیب ۵۱۲، ۵۲۲ و ۴۹۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به دست آمد که با مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد [۸]. با توجه به نتایج مطالعه حاضر، حداقل غلظت آهن در آذر ماه ۰/۰۹ و حداکثر غلظت آن در فروردین و اردیبهشت ۰/۱۲ میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد. کنترل

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-07-06]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1396.16.11.4.6]

غلظت عنصر آهن از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد زیرا در صورت بالا بودن غلظت آن در آب ورودی سبب تشکیل پوسته‌هایی در برج‌های خنک‌کننده و بویلرها می‌گردد [۱۷]. در مطالعه Hansen و همکاران، استفاده مجدد از فاضلاب صنعت پتروشیمی بر اساس روش آبشاری به منظور جایگزینی در تلفات برج‌های خنک‌کننده بررسی شد. غلظت آهن در پساب ورودی به برج‌های خنک‌کننده در این مطالعه ۲-۰/۹ میلی‌گرم بر لیتر بود [۵].

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد پساب خروجی از واحد تصفیه بیولوژیکی منتهی به حوض کلرزنی در تمام ایام سال به دلیل انطباق با استانداردهای سازمان محیط زیست ایران قابلیت استفاده برای مصارف آبیاری فضای سبز را دارد، همچنین، پساب خروجی از واحد EDR دارای کیفیت بالاتری است لذا این پساب هم قابلیت استفاده جهت آبیاری فضای سبز را دارد و هم به عنوان آب مورد نیاز برج‌های خنک‌کننده می‌تواند استفاده شود. بنابراین، جهت صرفه‌جویی در هزینه‌ها و عدم نیاز به تصفیه پیشرفته برای مصارف آبیاری و کافی بودن تصفیه بیولوژیکی، استفاده از پساب خروجی از این واحد برای آبیاری فضای سبز مجتمع توصیه می‌گردد. همین‌طور از پساب تصفیه شده در واحد EDR به دلیل مطابقت با استانداردها می‌توان برای استفاده از برج‌های خنک‌کننده بهره برد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل جمع‌آوری اطلاعات از واحد آزمایشگاه مجتمع پتروشیمی شازند و انجام پاره‌ای از آزمایشات مرتبط در قالب طرح تحقیقات دانشجویی در دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی همدان می‌باشد که بدین وسیله از واحد آزمایشگاه مجتمع پتروشیمی شازند و دانشگاه علوم پزشکی همدان قدردانی می‌گردد.

References

[1] Shakerkhatibi M, Monajemi P, Jafarzadeh M, Mokhtari S, Farshchian M. Feasibility study on EO/EG wastewater treatment using pilot scale SBR. *International Journal of Environmental Research (IJER)* 2012; 7(1): 195-204.

[2] Ding P, Chu L, Wang J. Biological treatment of actual petrochemical wastewater using anaerobic/anoxic/oxic process and the microbial diversity analysis. *Appl Microbiol Biotechnol* 2016; 100(23): 10193-202.

[3] Liu S, Ma Q, Wang B, Wang J, Zhang Y. Advanced treatment of refractory organic pollutants in petrochemical industrial wastewater by bioactive enhanced ponds and wetland system. *Ecotoxicology* 2014; 23(4): 689-98.

[4].Shokrollahzadeh S, Golmohammad F. Evaluation of wastewater treatment plant in pollution control of petrochemical industries: A case study of abadan petrochemical company. *Environ Sci* 2011; 8(2): 83-94.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-07-06]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1396.16.11.4.6]

[5] Hansen E, Rodrigues MAS, de Aquim PM. Wastewater reuse in a cascade based system of a petrochemical industry for the replacement of losses in cooling towers. *J Environ Manag* 2016; 181(2): 157-62.

[6] Farahani MHDA, Borghei SM, Vatanpour V. Recovery of cooling tower blowdown water for reuse: The investigation of different types of pretreatment prior nanofiltration and reverse osmosis. *J Water Process Engineering* 2016; 10 (20): 88-99.

[7].Loganathan K, Chelme-Ayala P, El-Din MG. Treatment of basal water using a hybrid electrodialysis reversal–reverse osmosis system combined with a low-temperature crystallizer for near-zero liquid discharge. *Desalination* 2015; 363(14): 92-8.

[8] Dos Santos VL, Veiga AA, Mendonça RS, Alves AL, Pagnin S, Santiago VM. Reuse of refinery's tertiary-treated wastewater in cooling towers: microbiological monitoring. *Environ Sci Pollution Res* 2015; 22(4): 2945-55.

[9] Xu M, Bai X, Pei L, Pan H. A research on application of water treatment technology for reclaimed water irrigation. *International J Hydrogen Energy* 2016; 41(35): 15930-7.

[10] Pourdara H, Zeyni M, Falah J. Using Hospital Wastewater Effluent for Irrigation of Green Fields *Water and Wastwater J* 2004; 10(49): 43-9. [Farsi]

[11].By Lenore S. Clescerl AEG ADE. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. *American Public Health Association* 2005.

[12] Shokrollahzadeh S, Azizmohseni F, Golmohammad F, Shokouhi H, Khademhaghighat F. Biodegradation potential and bacterial diversity of a petrochemical wastewater treatment plant in Iran. *Bioresource Technology* 2008; 99(14): 6127-33.

[13] Li YK, Liu YZ, Li GB, Xu TW, Liu HS, Ren SM, et al. Surface topographic characteristics of suspended particulates in reclaimed wastewater and effects on clogging in labyrinth drip irrigation emitters. *Irrigation Science* 2012; 30(1): 43-56

[14].Kumar D, Asolekar S, Sharma S. Post-treatment and reuse of secondary effluents using natural ltreatment systems: the Indian practices. *Environmental Monitoring and Assessment* 2015; 187(10): 612.

[15].Bedbabis S, Trigui D, Ahmed CB, Clodoveo ML, Camposeo S, Vivaldi GA, et al. Long-terms effects of irrigation with treated municipal wastewater on soil, yield and olive oil quality. *Agricultural Water Management* 2015; 160(1): 14-21.

[16].Wang Z, Li J, Li Y. Using Reclaimed Water for Agricultural and Landscape Irrigation in China: a Review. *Irrigation and Drainage* 2017; 29(2): 14-22.

[17].Venzke CD, Venzke CD, Rodrigues MAS, Rodrigues MAS, Giacobbo A, Giacobbo A, et al. Application of reverse osmosis to petrochemical industry wastewater treatment aimed at water reuse. *Management of Environmental Quality: An International Journal* 2017; 28(1): 70-7.

[18].van Limpt B, van der Wal A. Water and chemical savings in cooling towers by using membrane capacitive deionization. *Desalination* 2014; 28(2): 342: 148-55.

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-07-06]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1396.16.11.4.6]

The Evaluation of Wastewater Treatment Efficiency of Shazand Petrochemical Corporation and Feasibility of Its Effluent Reuse in 2016

R.Shokohi[1], H.Almasi[2], F.Zamani[3]

Received: 31/10/2017 Sent for Revision: 25/12/2017 Received Revised Manuscript: 17/01/2018 Accepted: 20/01/2018

Background and Objectives: Petrochemical wastewater contains some kinds of toxic substances but if the effluent is treated properly, its reuse will be possible. This study aimed to evaluate the efficiency of wastewater treatment of Shazand Petrochemical Corporation and feasibility of its effluent reuse in green space irrigation and cooling towers.

Materials and Methods: In this descriptive study, the results of tests conducted by the laboratory of Shazand Petrochemical Corporation in 2016 were evaluated and analyzed, and then the feasibility of its effluent reuse in irrigation of green spaces and cooling towers was investigated. So the amount of chemical oxygen demand (COD), total suspended solid (TSS), Fecal Coliform, Total Coliform, turbidity and free chlorine in effluent of pond chlorination and also the amount of silica, alkalinity, calcium hardness, sulphate, COD, electrical conductivity and iron in the effluent of reverse electrodialysis unit were measured.

Results: The results showed the maximum efficiency of wastewater treatment in the removal of COD was 98 percent. The amount of parameters in the effluent of chlorination pond was in accordance with the environmental standards for irrigation of green spaces and treated wastewater in the electrodialysis unit that with having maximum 0.12 mg/L iron, 126 mg/L sulfate ,and electrical conductivity 695 ɱs/cm was suitable for use in cooling towers.

Conclusion: The results of this study demonstrate that the effluent of chlorination pond can be used for irrigation of green space and also the treated wastewater in reverse electrodialysis unit can be used in cooling towers.

Key words: Petrochemical wastewater, Shazand, Reuse, Reverse electrodialysis

Funding: This research was funded by Hamadan University of Medical Science and Shazand Petrochemical Corporation.

Conflict of interest: None declared.

Ethical approval: The ethics committee of Hamadan University if Medical Sciences has approved the study.

How to cite this article: Shokohi R, Almasi H, Zamani F. The Evaluation of Wastewater Treatment Efficiency of Shazand Petrochemical Corporation and Feasibility of Its Effluent Reuse in 2016. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2018; 16(10): 1041-52. [Farsi]

1- Associate Prof., Dept. of Environmental Health Engineering, Faculty of Health , Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

2- PhD Student, Dept. of Environmental Health Engineering, Faculty of Health ,Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences , Ahvaz, Iran

3- MSc Student, Dept. of Environmental Health Engineering, Faculty of Health , Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

(Corresponding Author) Tel: (081) 383805724, Fax: (081) 383805724, E-mail: f.zamani2016@yahoo.com

[Downloaded from journal.rums.ac.ir on 2026-07-06]

[DOR: 20.1001.1.17353165.1396.16.11.4.6]