کارایی برکه تثبیت اختیاری در حذف فنل از فاضلاب پالایشگاه نفت

عبداله درگاهی[1] علی الماسی[2] مجتبی محمودی[3] راضیه خاموطیان[3]

(دریافت ۹۱/۷/۲۵ پذیرش ۹۲/۲/۳۱)

چکیده

فنل یکی از هیدروکربن‌های آروماتیک سمّی است. این ماده از طریق دفع فاضلاب تعدادی از صنایع باعث آلودگی محیط زیست و به‌خصوص منابع آبی می‌شود. این مطالعه از نوع تجربی بود؛ برکه تثبیت اختیاری در مقیاس آزمایشگاهی با ظرفیت ٤٠٠ لیتر و با استفاده از ورقه فایبرگلاس با ضخامت ٦ میلی‌متر طراحی، ساخته و راه‌اندازی شد. زمان ماند هیدرولیکی برکه اختیاری در این مطالعه ۱۰ روز بود. پس از راه‌اندازی و بذرپاشی و تثبیت بیولوژیکی، نمونه برداشت شد. در ورودی برکه تثبیت اختیاری بر حسب میزان حذف فنل در برکه تثبیت بی‌هوازی، غلظت‌های فنل ۰ تا ۲۸، ۳۰ تا ۸۰، ۹۰ تا ۱۳۰ و ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر برای دمای بالا و غلظت‌های فنل ۱۰۰ تا ۱٤۰ و ۲۰۰ تا ۲٦۰ میلی‌گرم در لیتر برای دمای پایین در نظر گرفته شد. سپس پارامترهای NH_3، PO_4، فنل به‌ترتیب در طول موج ٤۲۵، ٦۹۰ و ۵۰۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر واریان مدل UV-120-02 برای هریک از نمونه‌ها و همچنین TCOD، SCOD ، TBOD، SBOD و pH آنها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که دما و غلظت فنل تأثیر چشمگیری بر کارایی برکه اختیاری دارند. همچنین کارایی برکه اختیاری با کاهش غلظت فنل و افزایش دما، افزایش پیدا می‌کند ($p<۰/۰۰۱$). بیشترین و کمترین راندمان حذف فنل توسط این سیستم به‌ترتیب برای غلظت ۰ تا ۲۸ میلی‌گرم در لیتر در دمای بالا، ۷۱/۸ درصد و ۲۰۰ تا ۲٦۰ میلی‌گرم در لیتر در دمای پایین، ۱٤/٦٦ درصد به‌دست آمد. نتیجه بررسی نشان داد که برکه تثبیت اختیاری در مقیاس پایلوت، در صورت راهبری مناسب، قابلیت حذف ترکیبات آلی همراه با غلظت‌های مختلف فنل در دمای بالا را با کارایی زیاد داراست.

واژه‌های کلیدی: برکه تثبیت اختیاری، حذف زیستی فنل، تصفیه فاضلاب نفت

Performance of the Facultative Stabilization Pond in Removing Phenol from Oil Refinery Effluent

A.Dargahi [1] *A. Almasi [2]* *M.Mahmoodi [3]* *R.Khamootian [3]*

(Received Oct. 16, 2012 Accepted May 21, 2013)

Abstract

Phenol is a highly toxic aromatic compound discharged into the environment through industrial effluents. The natural biological treatment process has been widely used as one of the most feasible, eco-friendly, and cost-effective options for the treatment of pollutants such as phenol. The objective of the present experimental-analytical study was to evaluate the performance of the facultative stabilization pond in removing phenol and other organic compounds from oil refinery effluents. For the purposes of this study, a pilot-scale anaerobic stabilization pond 1.2×0.6×0.55 m in size was constructed of fiberglass sheets 6 mm in thickness. The experiment was run with a hydraulic retention time of 10 days and a hydraulic loading rate of 43.5 l/d. The organic loading rate for the facultative pond was 150 kg/h.day. Samples were taken after pond operation and seeding when the pond reached its biological stability. Depending on phenol removal levels in the anaerobic stabilization pond, initial phenol concentrations at the inlet to the facultative pond were assumed to be 0-28, 30-80, 90-130, and 150-200 under warm conditions and 100-140, and 200b-260 mg/l in cool conditions. For each sample, the parameters NH_3, PO_4, and Phenol were measured using the Varian spectrophotometer (model UV-120-02) at the wavelengths of 425, 690, 500 nm, respectively. TCOD, SCOD, TBOD, SBOD, pH, and ORP were also measured according to the standard methods of water and wastewater. The results showed that phenol

۱- مربی و عضو هیئت علمی گروه مهندسی بهداشت محیط، عضو مرکز علوم پزشکی خلخال، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل

۲- استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، عضو مرکز توسعه اجتماعی و ارتقاء سلامت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، ایران (نویسنده مسئول) ۰۹۱۸۱۳۱۷۳۱۴
aalmasi@kums.ac.ir

۳- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

1. Faculty Member of Environmental Health Eng., Khalkhal Medical Faculty, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran
2. Prof. of Environmental Health Eng., Social Development and Health Promotion Research Center, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah (Corresponding Author) 09181317314
aalmasi@kums.ac.ir
3. MSc of Environmental Health Eng., Kermanshah University of Medical Sceinces, Kermanshah

Archive of SID
www.SID.ir

removal efficiency of the facultative pond was 71.8% for warm temperatures and 14.66% for cool temperatures. It was also found that temperature and phenol concentration significantly affected the performance of the pond. Moreover, its performance was observed to enhance with reducing phenol concentration and increasing temperature ($p<0.001$). Maximum phenol removal efficiency of the system was recorded at 71.8% for warm temperatures and a low phenol concentration of 0–28 mg/l while its minimum of 14.66% was recorded at a high phenol concentration of 200-260 mg/l under cold weather conditions. Based on the results obtained, it may be concluded that the pilot-scale facultative pond has a high performance in removing organic compounds with different concentrations of phenol under warm weather conditions.

Keywords: Facultative Stabilization Pond, Phenol Bioremediation, Oil Refinery Wastewater.

۱- مقدمه

امروزه حضور فنل و مشتقات آن در آب و فاضلاب، به‌دلیل خطراتی که بر روی سلامت انسان و محیط‌زیست دارد، یک نگرانی عمده محسوب است. فنل به‌صورت طبیعی در نتیجه تجزیه جلبک‌ها و گیاهان وارد محیط می‌شود. اما حضور این ماده در آب‌های سطحی عمدتاً در نتیجه آلودگی ناشی از فاضلاب‌های صنعتی است [۱]. این آلاینده آلی، در غلظت‌های گوناگون از طریق فاضلاب صنایع پتروشیمی، تولید رزین و پلاستیک، کاغذ، پالایشگاه نفت، صنعت فولاد و آفت‌کش وارد محیط می‌شود [۲].

فنل و مشتقات آن به‌طور بالقوه سرطان‌زا هستند و حتی در غلظت‌های پایین نیز به‌طور قابل توجهی برای سلامتی مضر است. اثرات سوء ناشی از فنل، از طریق نفوذ در غشای سلولی و ورود به سیتوپلاسم و آسیب سلول‌های حساس ایجاد می‌شود و مشکلات جدی برای سلامت انسان و محیط زیست به‌وجود می آورد. سمیّت حاد ناشی از فنل باعث ایجاد اختلالات جدی در سیستم گوارش، آسیب به کلیه‌ها، کبد، نقص در عملکرد دستگاه گردش خون، ادم ریه‌ها و تشنج می‌شود. فنل در مقادیر بالا و کشنده از طریق پوست جذب بدن می‌شود. سمیّت مزمن ناشی از فنل و مشتقات آن باعث اختلال در سیستم خواب، آسیب به پانکراس و کلیه‌ها می‌شود [۳]. از طرفی ورود فنل به منابع آب آشامیدنی که با ترکیبات کلره گندزدایی شدند، سبب ایجاد ترکیبات کلروفنل می‌شود که خود مشکلات مهم محیط‌زیستی و بهداشتی به‌همراه دارد. به‌طوری که این مواد باعث ایجاد طعم و بوی نامناسب در آب شده و آب را برای مصرف نامناسب می‌سازند [۴ و ۵]. بنابراین تشخیص، شناسایی و تعیین میزان ترکیبات فنلی در محیط زیست و به‌ویژه منابع آب و پایش محیط زیستی متعاقب آن، اهمیت زیادی در کنترل و انتشار این مواد و کاهش اثرات این آلاینده‌ها بر محیط زیست دارد.

برای تصفیه فاضلاب‌های حاوی فنل، روش‌های متعددی نظیر اکسیداسیون شیمیایی، جذب سطحی، تصفیه بیولوژیکی و غیره وجود دارد[۹-۶]. در بین روش‌های بیان شده، سیستم‌های بیولوژیکی به‌دلیل مزایای خاصی که نسبت به سایر روش‌ها دارند، بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از مزایای عمده این روش‌ها، سازگاری بیشتر با محیط زیست است [۱۰]. همچنین در این روش، هیچ‌گونه ماده شیمیایی که برای محیط زیست زیان‌آور باشد، تولید نمی‌شود، لذا دفع پساب و لجن حاصل از این فرایندها نسبت به فرایندهای شیمیایی، اثرات سوء کمتری در منابع پذیرنده به‌دنبال دارد [۱۱]. برکه‌های تثبیت، ابتدایی‌ترین فرایند تصفیه بیولوژیکی را به‌کار می‌گیرند. این برکه‌ها به‌منظور ایجاد پساب خروجی مناسب برای تخلیه در آب‌های پذیرنده و همچنین بازیافت آب با کمترین هزینه و نیروی کار ماهر توسعه داده شده‌اند [۱۲]. از مزایای برکه‌ها می‌توان به ارزان بودن، راندمان بالا، قابلیت تحمل شوک مواد آلی و سمّی و بالا بودن راندمان حذف فلزات سنگین اشاره کرد. از طرفی تولید و پرورش حشرات، بالا بودن غلظت جامدات معلق، نیاز به زمان بالا، اتلاف زیاد آب و احتمال آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌تواند از معایب آن باشد[۱۳]. معمولاً برکه‌های تثبیت به‌صورت یک‌سری از برکه‌های بی‌هوازی، اختیاری و تکمیلی می‌باشند. در این سیستم، آلاینده‌ها از طریق ته‌نشینی و یا تبدیل طی فرایندهای بیولوژیکی و شیمیایی از جریان فاضلاب حذف می‌شوند [۱۴]. برکه‌های اختیاری، متداول‌ترین نوع برکه‌ها هستند که در لایه‌های فوقانی آنها به‌دلیل وجود اکسیژن محلول، شرایط هوازی وجود دارد و در لایه‌های تحتانی به‌دلیل عدم وجود اکسیژن محلول، شرایط بی‌هوازی غالب است. لایه حد واسط نیز در بین لایه هوازی شناسایی شده است. عمق این برکه‌ها معمولاً بین ۱/۵ تا ۲/۵ متر و زمان ماند آنها بین ۳۰ تا ۷۰ روز است [۱۵ و ۱۶]. تصفیه فاضلاب در برکه‌های تثبیت به‌طور اساسی در اثر کمپلکس جلبک‌ها و باکتری‌ها حاصل می‌شود. در حالی که اکسیداسیون مواد آلی به‌وسیله باکتری‌ها صورت می‌گیرد و عمل اکسیداسیون ناشی از اکسیژن محلولی است که توسط جلبک‌ها در اختیار باکتری‌ها قرار داده می‌شود [۱۷]. ویژگی‌های فاضلاب با توجه به اندازه پالایشگاه، نوع نفت خام، پیچیدگی فراوری و غیره تغییر می‌یابد. جدول ۱ نمونه‌ای از ویژگی‌های کیفی فاضلاب حاصل از پالایشگاه نفت را نشان می‌دهد [۱۸].

با توجه به اینکه در مورد حذف فنل از فاضلاب پالایشگاه نفت توسط سیستم برکه اختیاری تحقیقات گسترده‌ای صورت نگرفته

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱- پارامترهای کیفی فاضلاب خام پالایشگاه نفت [۱۸]

پارامترها	دامنه غلظت (میلی گرم در لیتر)
BOD_5	۱۵۰-۲۵۰
COD	۳۰۰-۶۰۰
TOC	۵۰-۵۰۰
TSS	۲۰-۲۰۰
N-NH3	۰-۱۵
Phenol	۲۰-۲۰۰
سولفید ها	۰ -۶۰
روغن و گریس	۱۰۰-۳۰۰

است، لذا در این پژوهش با ساخت پایلوت برکه اختیاری و بهره‌برداری آن در جریان پیوسته به بررسی کارایی برکه تثبیت اختیاری در حذف غلظت‌های مختلف فنل از فاضلاب پالایشگاه نفت کرمانشاه پرداخته شد.

۲- مواد و روش‌ها

این پژوهش از نوع تجربی بود. برای انجام آن، برکه تثبیت اختیاری در مقیاس آزمایشگاهی با ظرفیت ۴۰۰ لیتر، با استفاده از ورقه فایبرگلاس با ضخامت ۶ میلی‌متر طراحی، ساخته و راه‌اندازی شد. زمان ماند هیدرولیکی برکه اختیاری ۱۰ روز و بار سطحی آن برحسب غلظت‌های مختلف فنل ورودی مطابق جدول ۲ است. ورودی برکه تثبیت در ۳۰سانتی‌متری بالاتر از کف، تعبیه شد. مشخصات کامل پایلوت برکه تثبیت اختیاری فاضلاب مورد استفاده در این پژوهش در شماتیک شکل ۱ نشان داده شده است. برکه توسط فاضلاب خروجی از واحد جداکننده روغن و گریس پالایشگاه نفت کرمانشاه به‌صورت روزانه بارگذاری شد. نتایج آزمایش‌های اولیه برای تعیین کیفیت این فاضلاب (فاضلاب خام) در جدول ۳ ارائه شده است. قبل از راه‌اندازی سیستم نسبت به بذرپاشی و تلقیح آن اقدام شد. به‌این ترتیب که قبل از بارگذاری سیستم با فاضلاب، مقدار ۱/۵ لیتر لجن فاضلاب شهری و یک لیتر لجن حاصل از تصفیه‌خانه پالایشگاه نفت که از قبل آماده شده بود، پس از به هم زدن و یکنواخت نمودن به ورودی سیستم منتقل شد. پس از بذرپاشی به‌مدت سه ماه، سیستم برکه تثبیت اختیاری برای راه‌اندازی آماده شد. برای تنظیم میزان بارگذاری برکه تثبیت در دامنه‌های تعریف شده، علاوه بر افزایش فنل، از ملاس نیز استفاده شد؛ به‌طوری که میزان بارگذاری برکه با افزایش همزمان فنل و ملاس در مقدار مشخص شده در هر مرحله بارگذاری قرار گیرد. نور مورد نیاز برکه اختیاری از لامپ‌های فلورسنت با میزان روشنایی ۶۹۰ لوکس در ۱۲ ساعت در روز تأمین شد. همچنین برای تأمین باد سیستم از یک دمنده برقی در سطح استفاده شد. در این پژوهش فنل با غلظت‌های مختلف ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ورودی پایلوت برکه تثبیت اضافه شد (فاضلاب خام نیز حاوی فنل است). لازم به‌ذکر است که در این مطالعه، برکه تثبیت اختیاری متعاقب برکه بی‌هوازی بود. در ورودی برکه تثبیت اختیاری بر حسب میزان حذف فنل در برکه تثبیت بی‌هوازی، چهار غلظت مختلف فنل (غلظت‌های ۰ تا ۲۸، ۳۰ تا ۸۰، ۹۰ تا ۱۳۰ و ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) برای دمای بالا (بالای ۲۰ درجه سلسیوس) و دو غلظت فنل (غلظت‌های ۱۰۰ تا ۱۴۰ و ۲۰۰ تا ۲۶۰ میلی‌گرم در لیتر) برای دمای پایین (زیر ۱۰ درجه سلسیوس) در نظر گرفته شد. در مطالعه حاضر، پارامترهای NH_3، PO_4 و فنل به‌ترتیب در طول موج ۴۲۵، ۶۹۰ و ۵۰۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر واریان مدل UV-120-02 و همچنین TCOD، SCOD، TBOD، SBOD و pH برای هر یک از نمونه‌ها اندازه‌گیری شد.

درجه خلوص فنل مورد استفاده در این تحقیق ۹۹ درصد بود و از شرکت مرک آلمان تهیه شد. پس از تعیین مقدار پارامترهای انتخابی، محاسبه درصد حذف پارامترهای آلاینده مورد نظر، انجام شد. در این پژوهش برای دو دما و غلظت‌های مختلف فنل، مجموعاً ۲۸۸۰ نمونه مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. برای مقایسه کارایی برکه تثبیت اختیاری در حذف پارامترهای مورد اندازه‌گیری در غلظت‌های مختلف فنل، از آزمون آماری ANOVA یک‌طرفه استفاده شد. تمامی مراحل نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌ها در این پژوهش مطابق با دستورالعمل‌های کتاب روش‌های استاندارد انجام شد [۱۹].

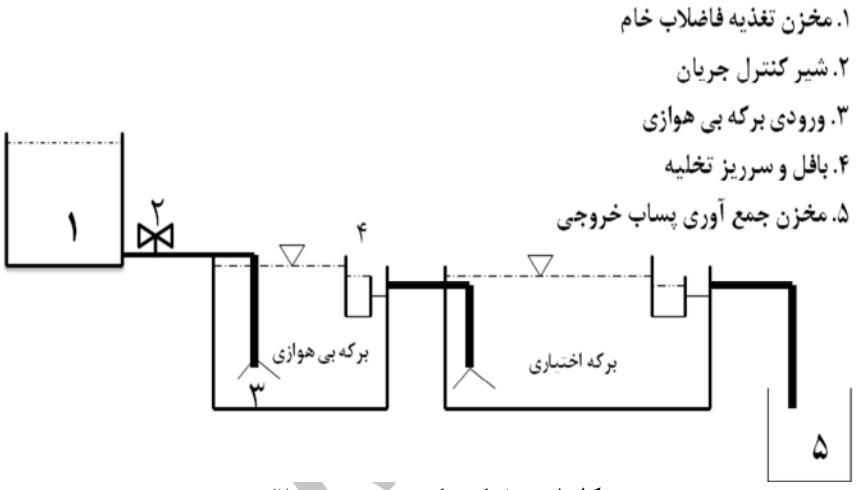
جدول ۲- میزان بار سطحی برکه اختیاری بر حسب غلظت‌های مختلف فنل ورودی در زمان ماند ۱۰ روز

پارامترها	غلظت فنل (mg/L)					
	۰-۲۸	۳۰-۸۰	۹۰-۱۳۰	۱۵۰-۲۰۰	۱۰۰-۱۴۰	۲۰۰-۲۶۰
بار سطحی(kgBOD/ha.day)	۶۷/۴۴	۹۹/۴۶	۱۲۳	۱۸۵/۸۸	۷۰/۶۴	۷۴/۶۱

Archive of SID
www.SID.ir

جدول۳- نتایج پارامترهای تعیین کننده کیفیت فاضلاب خام خروجی از سپیراتور پالایشگاه نفت کرمانشاه

پارامتر	میزان
TCOD	۶۲۲ (mg/L)
SCOD	۴۹۵ (mg/L)
TBOD	۲۰۴ (mg/L)
SBOD	۱۲۶ (mg/L)
TSS	۵۶ (mg/L)
VSS	۴۴ (mg/L)
N-NH3	۱۳/۱ (mg/L)
Phenol	۹۶/۶ (mg/L)
pH	۷/۹



شکل۱- شماتیک برکه تثبیت مورد مطالعه

۳- نتایج و بحث

نتایج حاصل از آزمایش‌های فاضلاب ورودی و پساب خروجی از برکه تثبیت اختیاری برای تصفیه فاضلاب پالایشگاه نفت کرمانشاه در دمای بالا، در جدول ۴ و شکل ۲ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در سیستم برکه بی‌هوازی با کاهش غلظت فنل و افزایش دما، میزان حذف پارامترهای مورد مطالعه توسط سیستم برکه اختیاری افزایش یافته است. به‌طوری که بیشترین میزان حذف فنل از فاضلاب نفت توسط این سیستم در غلظت ۰تا ۲۸ میلی‌گرم در لیتر، برابر ۷۱/۸ درصد و کمترین میزان آن در غلظت ۲۰۰-۱۵۰ برابر ۴۹/۴۷ درصد برای دمای بالا به‌دست آمد.

نتایج آزمایش‌های فاضلاب ورودی و پساب خروجی از برکه تثبیت اختیاری برای تصفیه فاضلاب پالایشگاه نفت کرمانشاه در دمای پایین، در جدول ۵ و شکل ۳ نشان داده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت فنل ورودی و کاهش دما، میزان حذف فنل از فاضلاب پالایشگاه نفت توسط سیستم برکه اختیاری کاهش می‌یابد. در حالی که بیشترین و کمترین میزان حذف فنل توسط این سیستم، به‌ترتیب، در غلظت فنل ۱۰۰ تا ۱۴۰ میلی‌گرم در لیتر، ۱۸/۴۴درصد، و در غلظت فنل ۲۰۰ تا ۲۶۰ میلی‌گرم در لیتر، ۱۴/۶۶درصد برای دمای پایین به‌دست آمد.

لازم به ذکر است که در تمام مدت پژوهش، مقدار pH در ورودی برکه تثبیت، در محدوده ۷/۵ تا ۸ و در پساب برکه تثبیت اختیاری، حدود ۷/۵ تا ۸/۵ بود. در برکه تثبیت اختیاری مقدار اکسیژن محلول ۲ تا ۴ میلی‌گرم در لیتر بود که سبب رشد زیاد لارو حشرات از جمله پشه در سطح برکه اختیاری شد. همچنین در این پژوهش با ترکیب فاضلاب نفت و خانگی، تنوع جلبکی نظیر فیتوکونیس، کلرلا، آنابنا، فورمدیوم در برکه اختیاری مشاهده شد که دلیل آن کاهش مقدار سولفور موجود در فاضلاب ورودی به برکه اختیاری است. سپس فاضلاب نفت به تنهایی به سیستم برکه اختیاری اضافه

www.SID.ir

شد. با وجود شرایط کاملاً مناسب برای برکه اختیاری، فقط جلبک فورمدیوم مشاهده شد که علت وجود آن، مقاومت در برابر سولفور فاضلاب ورودی بود.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها مبین این واقعیت است که پارامترهای مستقل مورد مطالعه (غلظت فنل و دما) ، به‌طور چشمگیری کارایی برکه تثبیت اختیاری در مقیاس آزمایشگاهی، تصفیه فاضلاب پالایشگاه نفت را تحت تأثیر قرار داده‌اند، به‌طوری که کارایی سیستم در غلظت کمینه فنل و دمای بالای سیستم، به‌طور معنی دار افزایش پیدا کرد ($P<0/001$). همچنین با توجه به نتایج تجزیه و تحلیل‌های فاضلاب ورودی و پساب خروجی مندرج در جدول‌ها و نمودارهای مذکور، متوسط راندمان سیستم برکه تثبیت اختیاری در حذف پارامترهای TBOD SBOD, TCOD, SCOD، فنل در بهترین شرایط از غلظت ۰ تا ۲۸ میلی‌گرم در لیتر و دمای بالا برابر ۱۶/۶۳، ۶۴/۴۹، ۶۸/۶۹، ۷۴/۷۹ و ۷۱/۸ درصد و در بدترین شرایط، غلظت فنل از ۲۰۰ تا ۲۶۰ میلی‌گرم در لیتر و دمای پایین به‌ترتیب ۱۰/۲۸، ۱۰/۹۸، ۱۷/۱۷، ۱۶/۰۱و ۱۴/۶۶درصد به‌دست آمد. نتایج نشان دهنده این واقعیت است که پارامترهای مستقل مورد مطالعه بر کارایی برکه تثبیت اختیاری در مقیاس آزمایشگاهی، تصفیه فاضلاب پالایشگاه نفت را تحت تأثیر قرار داده‌اند. به‌نظر می‌رسد علت اصلی کاهش راندمان حذف فنل با افزایش غلظت، اثر سمیّت فنل بر گونه‌های جلبکی و باکتری‌های موجود در برکه اختیاری و دلیل عمده کاهش راندمان حذف فنل با کاهش دما، از بین رفتن تنوع جلبکی و کاهش شدید رشد باکتری‌های تجزیه کننده فنل در برکه تثبیت است.

جدول ۴- مشخصات فاضلاب ورودی و پساب خروجی از برکه تثبیت اختیاری جهت تصفیه فاضلاب پالایشگاه نفت کرمانشاه در دمای بالا

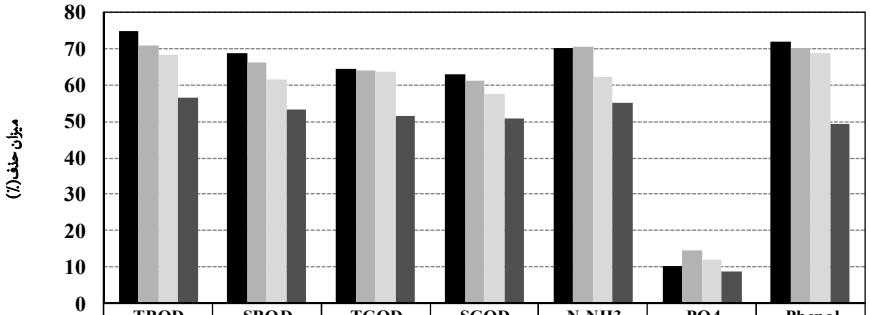
غلظت فنل ورودی (mg/L)		BOD_5 (mg/L)		COD(mg/L)		NH_3 (mg/L)	فسفات (mg/L)	فنل (mg/L)
		TBOD	SBOD	TCOD	SCOD			
فاضلاب ورودی	۰-۲۸	۱۵۷/۸۴±۱۵/۶۷	۱۳۸/۹۴±۱۵/۶۷	۴۴۰/۳۸±۴۳/۷۴	۴۲۴/۸۸±۴۳/۷۴	۶/۳۹±۱/۰۶	۰/۷۳±۰/۱۷	۱۱/۰۱±۱/۸
	۳۰-۸۰	۱۰۶/۴۸±۱۶/۹۸	۹۶/۹۲±۱۰/۶۹	۳۱۶/۳۲±۶۹/۴۲	۳۰۳/۶۲±۵۶/۸۲	۹/۰۴±۲/۰۱	۰/۹±۰/۲۵	۴۸/۹±۱۳/۳۷
	۹۰-۱۳۰	۱۹۴/۳±۱۵/۴۳	۱۷۰/۴±۱۵/۴۲	۵۶۷/۳±۱۵/۴۱	۵۵۴/۳±۱۵/۴۱	۱۰/۰۸±۲/۲۴	۱/۲۷±۰/۲۱	۱۱۳/۰۵±۱۱/۱۷
	۱۵۰-۲۰۰	۲۹۳/۵±۳۳/۷۲	۲۷۱/۶±۳۳/۷۲	۹۰۰/۶۷±۱۲۴/۸	۸۹۷/۱۴±۱۱۹/۹۷	۱۱/۴۵±۲/۱۴	۱/۳۸±۰/۲	۱۸۰/۵±۱۰/۵
پساب خروجی	۰-۲۸	۳۹/۸۴±۵/۳۰	۴۴/۷۶±۱۷/۴۶	۱۵۹/۷۴±۴۸/۹۵	۱۵۹/۸۸±۴۸/۷۳	۱/۹۴±۱/۰۵	۰/۶۶±۰/۱۶	۳/۴۵±۱/۵۳
	۳۰-۸۰	۳۱/۶۶±۱۰/۹۹	۳۴/۸۱±۱۱/۴۳	۱۰۶/۰۶±۵۵/۹۵	۱۲۵/۵±۴۶/۹۲	۲/۸۱±۱/۵۲	۰/۷۸±۰/۲۶	۱۴/۴۴±۷/۶
	۹۰-۱۳۰	۵۷/۴۰±۱۳/۷۲	۵۸/۴±۱۵/۴۱	۲۰۵/۳±۱۰/۲۳	۲۱۵/۳±۱۵/۴۱	۴/۰۸±۲/۰۴	۱/۲۱±۰/۲۱	۳۶/۰۵±۱۱/۱۷
	۱۵۰-۲۰۰	۱۲۹/۵±۳۳/۷۲	۱۲۰/۶±۵۳/۱۳	۴۷۸/۶۷±۱۲۳/۷۶	۴۵۰/۱۴±۱۱۹/۹۷	۵/۱۸±۱/۴	۱/۲۶±۰/۲	۹۱/۵±۱۰/۵

جدول ۵- مشخصات فاضلاب ورودی و پساب خروجی از برکه تثبیت اختیاری جهت تصفیه فاضلاب پالایشگاه نفت کرمانشاه در دمای پایین

غلظت فنل (mg/L)		BOD_5 (mg/L)		COD(mg/L)		NH_3 (mg/L)	فسفات (mg/L)	فنل (mg/L)
		TBOD	SBOD	TCOD	SCOD			
فاضلاب ورودی	۱۰۰-۱۴۰	۱۱۱/۵۴±۱۳/۴۰	۹۹/۰۵±۱۷/۲۲	۳۲۷/۵۶±۵۵/۷۹	۳۰۹/۵۲±۵۴/۴	۱۰/۳۵±۲/۲۴	۱/۶۶±۰/۲۴	۱۲۵/۷±۱۱/۲۸
	۲۰۰-۲۶۰	۱۱۷/۸۲±۲۲/۸۴	۹۲/۵۱±۲۲/۸۴	۴۰۷/۲۴±۵۷/۲۶	۳۸۵/۷۸±۵۶/۴۱	۱۱/۴۴±۲/۲۲	۱/۳۳±۰/۲۷	۲۳۹/۳±۱۱/۹۴
پساب خروجی	۱۰۰-۱۴۰	۸۳/۵۴±۱۳/۴	۷۸/۰۵±۱۷/۲۲	۲۶۸/۰۶±۵۵/۷۹	۲۶۰/۵۲±۵۴/۴۱	۹/۰۵±۲/۲۴	۱/۵۱±۰/۲۴	۱۰۲/۷±۱۱/۲۸
	۲۰۰-۲۶۰	۹۲/۸±۲۲/۸۴	۷۷/۵۱±۲۲/۸۴	۳۶۳/۲۴±۵۷/۲۸	۳۴۶/۷۸±۵۶/۴۱	۱۰/۰۴±۲/۲۲	۱/۲۲±۰/۲۷	۲۰۴/۳±۱۱/۹۴

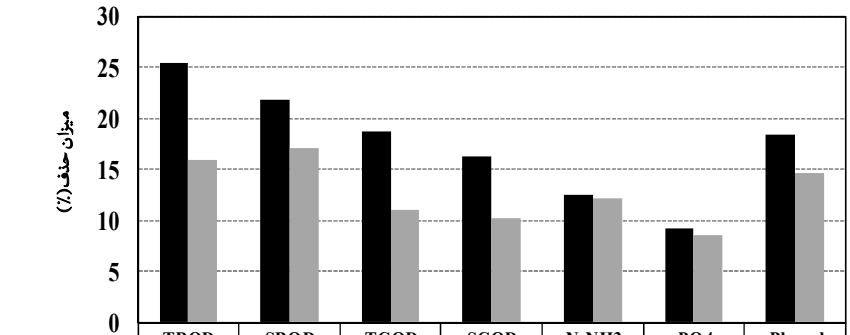
Archive of SID

www.SID.ir



	TBOD	SBOD	TCOD	SCOD	N-NH3	PO4	Phenol
0-28	74.79	68.69	64.49	63.16	70.27	10.22	71.8
30-70	70.8	66.24	64.09	61.2	70.61	14.57	70
90-130	68.32	61.69	63.85	57.66	62.34	12.09	68.77
150-200	56.64	53.13	51.36	50.78	54.96	8.83	49.47

شکل ۲- میانگین راندمان سیستم برکه تثبیت اختیاری در حذف پارامترهای اندازه‌گیری شده در غلظت‌های مختلف فنل و دمای بالا



	TBOD	SBOD	TCOD	SCOD	N-NH3	PO4	Phenol
100-140 mg/L	25.45	21.86	18.7	16.33	12.56	9.22	18.44
200-260 mg/L	16.01	17.17	10.98	10.28	12.23	8.56	14.66

شکل ۳- میانگین راندمان سیستم برکه تثبیت اختیاری در حذف پارامترهای اندازه‌گیری شده در غلظت های مختلف فنل و دمای پایین

مطالعه آولار و همکاران نشان داد که کارایی برکه تثبیت اختیاری در بارهای ۶، ۵۲، ۳۱۲، ۶۳۶ و ۹۷۲ کیلوگرم COD بر هکتار در روز، در حذف فنل به‌ترتیب ۷۷، ۷۶، ۶۹، ۵۹ و ۵۲ درصد بوده است [۲۰]. همچنین کارایی برکه اختیاری در تصفیه فاضلاب پالایشگاه نفت با غلظت متغیر فنل در ورودی، بهتر از نتایج مطالعه منسس و همکاران است زیرا آن‌ها نشان دادند که راندمان حذف BOD_5 توسط سیستم برکه اختیاری ۵۳ درصد است [۲۱]. نزدیک بودن نتایج این پژوهش در حذف BOD_5 و COD با مطالعه مارا در سال ۱۹۷۶، اولیویرا در سال ۱۹۹۰، اوسوالد در سال ۱۹۶۷، آرسیوالا در سال ۱۹۷۳ در شرایط دمای بالا مشهود است. آنها نشان دادند که میزان حذف BOD_5 از فاضلاب در برکه‌های تثبیت تحت شرایط گرم ۶۰ تا ۷۰ درصد و در شرایط سرد ۴۰ تا ۵۰ درصد است [۲۵-۲۲]. همچنین نتایج این پژوهش با پژوهش الماسی و پسکاد که از برکه آنوکسیک برای تصفیه فاضلاب در دو شرایط گرم و سرد در بارهای آلی حجمی مختلف استفاده کرده بودند، یکسان است. الماسی و پسکاد نشان دادند که میزان حذف BOD_5 و COD تحت شرایط گرم، توسط سیستم برکه آنوکسیک به‌ترتیب ۷۷ درصد با بار آلی حجمی ۲۴/۳۲ گرم BOD_5 بر مترمکعب در روز و ۶۸/۲۸ درصد با بار آلی حجمی ۴۵/۹۸ گرم COD بر مترمکعب در روز و در شرایط سرد به ترتیب ۶۲/۳ درصد با بار آلی حجمی ۱۸/۵۵ گرم BOD_5 بر مترمکعب در روز و ۴۸/۹۵ درصد با بار آلی حجمی ۳۰/۹۲ گرم COD بر مترمکعب در روز بوده است [۲۶]. همچنین ساکار و پسکاد در سال ۱۹۹۵ گزارش کرده‌اند که افزایش درجه حرارت در برکه‌های الثمرا در اردن، افزایش کمی در بازدهی برکه ایجاد نموده است. اثر دما برسرعت واکنش‌های بیولوژیکی امری کاملاً مشهود و تأیید شده است [۲۷]. همچنین پژوهش موسوی و همکاران نشان داد که راندمان حذف COD و فنل توسط روش بیولوژیکی MSBR به ترتیب ۳۴/۷ درصد و ۲۸/۱ درصد به‌دست آمد که با پژوهش حاضر در غلظت پایین فنل و دمای بالا مشابهت دارد [۲۸].

سبزعلی‌پور و همکاران در بررسی که بر روی پارامترهای کیفی پساب در واحد اولفین پتروشیمی بندر امام انجام دادند، راندمان

Archive
www.SID.ir

حذف COD و روغن در سیستم CDI را به‌ترتیب ۱۷ و ۱۰ درصد گزارش نمودند [۲۹]. این امر نشان دهنده کارایی مطلوبی نیست. در پژوهشی که قیصری و کاظمی بر روی تعیین کارایی تصفیه‌خانه فاضلاب در یک شرکت شیر پاستوریزه مورد بررسی قرار دادند، راندمان حذف COD و BOD_5 در سیستم لاگون بی‌هوازی در حدود ۳۵ درصد و در بخش لجن فعال حدود ۶۱ درصد به‌دست آمد که با راندمان سیستم برکه اختیاری مطالعه حاضر در غلظت فنل ۰ تا ۲۸ میلی‌گرم در لیتر و دمای بالا مشابهت دارد [۳۰].

۵- نتیجه‌گیری

به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که سیستم‌های بیولوژیکی به‌خصوص سیستم برکه تثبیت قادر است آلودگی پساب‌های شهری و صنعتی را تا حد قابل ملاحظه‌ای پایین بیاورد. برکه‌های تثبیت اختیاری در صورت راهبری مناسب، قابلیت حذف فنل از فاضلاب پالایشگاه نفت را با کارایی نسبتاً بالا دارد. با توجه به ویژگی‌های خوب این سیستم نظیر انعطاف‌پذیری، سهولت اجرا، سادگی بهره‌برداری، راندمان نسبتاً خوب و عدم نیاز به مهارت و تخصص بالا، در شرایطی که زمین کافی در دسترس و شرایط آب و هوایی نسبتاً گرم باشد، می‌تواند گزینه مناسبی برای تصفیه فاضلاب‌های صنعتی به‌جای سیستم‌های گران و پیچیده باشد.

۶- قدردانی

نویسندگان از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی کرمانشاه و مدیریت پژوهش پالایشگاه نفت کرمانشاه به‌خاطر تأمین بودجه این پروژه تحقیقاتی (با شماره ۸۹۰۲۸) تشکر و قدردانی می‌نمایند.

۷- مراجع

1. Yapar, S., Ozbudak, V., Dias, A., and Lopes, A. (2005). "Effect of adsorbent concentration to the adsorption of phenol on hexadecyl trimethyl ammonium-bentonite." *J. Hazard Mater*, 100(1-3), 135-139.
2. Bayramoglu, G., and Arica, M.Y. (2008). "Enzymatic removal of phenol and p-chlorophenol in enzyme reactor: Horseradish peroxidase immobilized on magnetice beads." *J. Hazard. Mater.*, 164(2-3), 148-155.
3. Busca, G., Berardinelli, S., Resini, C., and Arrighi, L. (2008). "Technologies for the removal of phenol from fluid streams: A short review of recent developments. *J. of Hazardous Materials*., 160, 265-288.
4. Idris, A., and Saed K. (2002). "Degradation of phenol in wastewater using anolyte produced from electrochemical generation of brine solution." *Global NEST: The International Journal*, 4 (2-3), 139-144.
5. Pimentel, M., Oturan, N., Dezotti, M., and Oturan, M.A. (2008). "Phenol degradation by advanced electrochemical oxidation process electro-fenton using a carbon felt cathode." *Applied Catalysis B:Environmental*, 83, 140-149.
6. Patterson, J. W. (1975). *Wastewater treatment technology*, Ann Arbor Science Publishers Inc., USA.
7. Ersoz, D., Adil, S., Izzet, A., Ayca, D., and Sibel, S.R. (2004). "Removal of phenlic compounds with nitrophenol- imprinted polymer based on and hydrogen-bonding interactions." *Separation and Purification Technology*, 38 (2), 173-179.
8. Kinsley, C., and Nicell, J. A. (2000). Treatment of aqueous phenol with soybean peroxidase in the presence of polyethylene glycol." *J. of Bioresource Technol*, 73, 139-146.
9. Dyer, J. C., and Mignone, N. A. (1993). *Handbook of industrial residues, Vol. 1, Environmental engineering series*, Noyes Publications, Park Ridge, NJ, USA.
10. Kehma, H., and Reed, G. (1999). *Biotechnology*, 2nd Ed., Vol, 11a. WIEY- VCH, Weinhem, Germany.
11. Tchobanoglous, G., Burton, F.L., and Stensel, H.D. (2003). *Wastewater engineering treatment and reuse*, 4th Ed., Metcalf and Eddy, McGraw-Hill, Inc., USA.
12. Naddafi, K., and Nabizade, R. (1996). *Stabilization ponds: Design and performance principles*, 1th Ed., Nass Press, Tehran. (In Persian)
13. Miranzade, M.B. (2004). *Stabilization ponds: Theory and design*, Morsal Press, Tehran. (In Persian)

Archive of SID

www.SID.ir

14. Mozaheb, S. A., Fallahzadeh, M., Ghaneian, M. T., and Rahmani Shamsi, J. (2009). "Effect of organic load, pH and EC variations of raw wastewater and weather condition on the efficiency of Yazd stabilization ponds." *J. of Water and Wastewater*, 70, 55-61. (In Persian).
15. Benefield, L. D. (1980). *Biological process design for wastewater treatment*, Englewood cliffs: Prentie- Hall.
16. Beran, B., and Kargi, F. (2005). "A dynamic mathematical model for wastewater stabilization ponds." *Ecological Modeling Journal*, 181, 39-57.
17. World Bank Group. (1998). *Pollution prevention and abatement: Petroleum refining*, Draft Technical Background Document, Environment Department, Washington, D.C.
18. http:// www.ifc.org/ifcext/enviro.nsf/Content/Environmental Guidelines
19. APHA. AWWA. WEF. (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 20th Ed., Washington D.C.
20. Avelar, F.J., Martınez-Pereda, P., Thalasso, F., Rodrıguez-Vazquez R., and Esparza-Garcıa, F.J. (2001). "Upgrading of facultative waste stabilisation ponds under high organic load." *Biotechnol. Lett.*, 23, 1115-1118.
21. Meneses, C.G., Saraiva, L.B, Melo, H.N., de Melo, J.L., and Pearson, H.W. (2005). "Variations in BOD, algal biomass and organic matter biodegradation constants in a wind-mixed tropical facultative waste stabilization pond." *Water Sci. Technol.*, 51(12), 183-190.
22. Oswald W. J., Golueke, C. G., and Tyler, R. W. (1967). "Integrated pond systems for subdivisions." *In: J. WPCF*, 39 (8), 1289.
23. Oliveira, R. D. (1990). "The performance of deep waste stabilization ponds in Northeast Brazil." PhD. Thesis, University of Leeds, UK.
24. Arceivala, S. J. (1973). "Simple waste treatment methods: Aerated lagoons, oxidation ditches, stabilization ponds in Warm and temperate Climates." Middle East Technical University, Ankara.
25. Almasi, A. (1994). "Wastewater treatment mechanisms in anoxic stabilization ponds." PhD. Thesis, University of Newcastle Upon Tyne, UK.
26. Almasi, A., and Pescod, M.B. (1996). "Wastewater treatment mechanisms in anoxic stabilization ponds." *Wat. Sci. Tech*., 33(7), 125-132.
27. Gabriel, B. (2005). *Wastewater microbiology*, 3rd Ed., John Wiley and Sons, Inc., New York.
28. Mosavi, Gh., Mahmoudi, M., and Barikbin, B. (2009). Biological removal of phenol from strong wastewaters using a novel MSBR." *J. of Water Research*, 43 (5), 1295-1302.
29. Sabzalipor, S., Jafarzadeh, N., and Monavari, M. (2007). "Qualitative survey of the effluent from the oflin unit of Bandar -e-Imam petrochemical complex." *J. of Water and Wastewater*, 63, 39-49. (In Persian)
30. Gheisari, A., Kazemi, N., and farazmand, A. (2003). "Performance of a dairy wastewater treatment plant." *J. of Water and Wastewater*, 46, 60-65. (In Persian)

Archive of SID

www.SID.ir