مجله محیط زیست و توسعه فرابخشی
Journal homepage: https://www.envjournal.ir

بهینه‌سازی انتشار آلاینده‌های BTEX از بخارات تولیدی کارخانه تولید عایق حرارتی با استفاده از طراحی کوره (مورد مطالعه: کارخانه پارسیان دژ)

زهرا سلطانیان‌زاده[۱]، محسن میرمحمدی[۲*]، محمدعلی زاهد[۳]

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران پردیس کیش، جزیره کیش، ایران

۲- استادیار، دانشکده محیط‌زیست،دانشگاه تهران، ایران*

۳- استادیار، دانشکده علوم زیست‌شناسی، دانشگاه خوارزمی، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۸
پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۲

کلمات کلیدی:
ترکیبات BTEX
بهینه سازی
آلودگی هوا
اکسیداسیون حرارتی

چکیده

پیشینه و هدف: هیدروکربن‌های معطر مانند بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و ایزومرهای زایلن (BTEX) از آلاینده‌های موجود در کارخانه‌های صنعتی هستند که در منابع مختلف به ویژه هوا مشکلاتی را ایجاد می‌کنند. حذف این ترکیبات سمی حتی به میزان بسیار کم از این منابع ثابت آلاینده‌ها نه تنها از نظر محیط‌زیستی بلکه از نظر اقتصادی نیز حائز اهمیت است. امروزه صنعتی شدن سریع جوامع به‌ویژه کشورهای در حال توسعه برای رفع نیازهای شهروندان به عنوان عامل اصلی آلودگی هوا شناخته شده است. بنابراین، حفظ استانداردهای محیط‌زیستی برای کاهش پتانسیل آلودگی و حمایت از توسعه پایدار ضروری است. کارخانه‌های تولید عایق رطوبتی یکی از منابع اصلی انتشار این گروه از آلاینده‌ها هستند، لذا اجرای اقدامات کنترلی و بهینه‌سازی عملکرد این واحدهای صنعتی در شهرستان دلیجان به عنوان پایتخت تولید عایق رطوبتی ضروری و غیرقابل انکار است.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق فرآیند حذف آلاینده‌های BTEX از کارخانه ایزوگام پارسیان دلیجان از طریق شبیه‌سازی و اصلاح فرآیند بر اساس طراحی کوره و با استفاده از روش اکسیداسیون حرارتی آلاینده‌ها مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفته است. سوالات مربوط به کارایی و مزایای محیط‌زیستی طراحی زباله‌سوز به عنوان انگیزه اصلی کار حاضر است. هدف از این مطالعه کمک به این شواهد با ارزیابی محیط زیستی و فنی عملکرد واحد زباله سوز در یک کارخانه تولید عایق حرارتی واقع در دلیجان ایران است. هم‌چنین در این مطالعه با تغییر دما و زمان اقامت زباله سوز با استفاده از نرم‌افزار SPSS، مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌های سیستم بهینه شده است. لازم به ذکر است که فرآیند حذف آلاینده‌های BTEX با شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار Aspen Hysys انجام شده است. در این راستا، اصلاح فرآیند بر اساس طراحی کوره سوزاننده و با استفاده از روش اکسیداسیون حرارتی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

نتایج: بر اساس نتایج، دما و زمان ماند در شرایط بهینه به ترتیب ۷۳۲ و ۰/۸۴ است. علاوه بر این، راندمان کنترل زباله سوز (CF) نشان می‌دهد که ۹۸/۵ درصد از ترکیبات BTEX در گازهای خروجی حذف شده است. لازم به ذکر است که بهره‌وری انرژی سیستم نیز بهبود چشمگیری داشته است به گونه‌ای که میزان سوخت مصرفی سیستم در شرایط بهینه نسبت به حالت اولیه ۲۳ درصد کاهش یافته است. عناصر سخت‌افزاری نتایج استفاده از دستگاه زباله‌سوز در این مطالعه، میزان راندمان کنترل (CEF) دستگاه در حذف ترکیبات مورد نظر۵ /۹۸ درصد گزارش شده است. هم‌چنین شاخص مصرف انرژی در

* پست الکترونیکی نویسنده مسؤول: mirmohammadi.m@ut.ac.ir

این حالت نسبت به عملکرد سیستم بدون عایق در همان حالت باعث کاهش ۲۳ درصدی مصرف سوخت شده است.

بحث: نتایج بهینه‌سازی نشان داد که استفاده از زباله سوز در شرایط خاص می‌تواند به عنوان یک راه حل کاربردی برای حذف ترکیبات BTEX از فعالیت‌های صنعتی در نظر گرفته شود. در این راستا، دما و زمان ماند را می‌توان به عنوان دو شاخص عملیاتی مهم مؤثر بر انتشار آلاینده‌ها و مصرف انرژی تعیین کرد. با توجه به نتایج، روش پیشنهادی عملکرد محیط‌زیستی و اقتصادی قابل قبولی دارد، بنابراین امکان سرمایه‌گذاری‌های کلان برای کاهش اثرات آلاینده‌های BTEX در منطقه از طریق جفت کردن آن‌ها به انرژی‌های تجدیدپذیر پیشنهاد می‌شود.

مقدمــه

امروزه با افزایش چشمگیر جمعیت جهانی، پیشرفت صنایع و تلاش در جهت رفع نیازهای زندگی مدرن، سالیانه مقدار زیادی از آلاینده ها از جمله ترکیبات آلی فرار[۱] (VOCs) از طریق فرایندهای طبیعی و انسانی وارد اتمسفر می‌گردد (Brown, 2021). ترکیبات آلی فرار یک اصطلاح مشترک برای توصیف ترکیبات آلی است که دارای ساختار مولکولی حاوی کربن هستند و خواص شیمیایی آن‌ها اجازه می دهد به آسانی در دمای معمولی اتاق تبخیر شده و به عنوان گاز وارد هوا شوند (Mentese, 2020). از اثرات مشخص این ترکیبات می‌توان به نقش آن‌ها در کاهش ازن استراتوسفری، گرمایش جهانی و اثرات سمی و سرطان‌زای آن بر انسان‌ها اشاره نمود (Lan, 2020; Pasquini, 2021; Qian, 2021).

ترکیبات BTEX[۲] زیرمجموعه‌ای از این ترکیبات می‌باشند که شامل آروماتیک‌های بنزن، اتیل بنزن، تولوئن و زایلن می‌باشند. این ترکیبات جز تشکیل‌دهنده بسیاری از مشتقات نفتی می‌باشند و به صورت گسترده و بدون جایگزین در صنایع مختلف از جمله پالایشگاه‌ها، کارخانه‌های تولید محصولات میانی و مصرفی (محصولات آرایشی و بهداشتی، صنایع رنگ، عایق، چسب و محصولات رزینی) مورد استفاده قرار می‌گیرند و بخارات آن در حین تولید، حمل و نقل و مصرف به سرعت وارد اتمسفر می‌گردند (Liu, 2021 و Mazaheri, 2020 و Al-Harbi, 2019). لذا شناسایی آلاینده‌های محیط‌زیستی ناشی از فعالیت واحدهای صنعتی به ویژه در قسمت منابع هوا به امری ضروری مبدل گردیده است. در خصوص ارزیابی ترکیبات آلی فرار در هوا در نقاط شهری ایران مطالعات متعددی در دهه‌ای گذشته صورت گرفته است (Pardakhti & Esmaeilzade, 2019; Parastari & Pardakhti, 2021; Keramati *et al.*, 2016; Mohammadi *et al.*, 2016). Joneidi و همکاران در بررسی میزان ترکیبات آلی فرار در هوای شهر همدان، میزان این ترکیبات را بیشتر از استاندارد پیشنهادی آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده آمریکا اندازه‌گیری نمودند (Joneidi, 2003). در مطالعه Keramati و همکاران، غلظت ترکیبات آلی فرار و BTEX در هوای منطقه ویژه پارس جنوبی مورد بررسی قرار گرفت. بر طبق نتایج، بنزن بیش‌ترین غلظت را در میان آلاینده‌های مورد مطالعه داشته و از مقادیر استاندارد موجود فراتر رفته است (Keramati *et al.*, 2016). قرارگیری در معرض ترکیبات BTEX ممکن است از طریق جذب پوستی، آشامیدن و یا استحمام با آب آلوده، استنشاق هوای آلوده و مواد غذایی صورت پذیرد که سبب برهم خوردن سیستم عصبی مرکزی و سیستم تنفسی و هم‌چنین اختلال در کارکرد کلیه‌ها، کبد و سیستم خونی می‌شود لذا وجود مقدار کم آن‌ها در منابع نیز قابل توجه بوده و تجزیه و حذف آن‌ها جز مباحث راهبردی می‌باشد (Latif, 2019; Ulutas, 2021). قوانین هوای پاک میزان هیدروکربن‌های سنگین (ترکیبات آلی فرار) که ممکن است از یک مجتمع صنعتی منتشر شود را به ۲۵۰ تن در سال محدود می‌کند (Mohammadi *et al.*, 2016). در سالیان اخیر با توجه به افزایش چشمگیر ظرفیت تولید عایق‌های رطوبتی در کشور، مطالعه و بررسی در جهت تخمین و کاهش انتشار آلاینده‌ها از این مراکز صنعتی امری غیرقابل انکار می‌باشد. به طور کلی در این دسته از صنایع، کنترل انتشار ترکیبات آلی فرار تنها با تغییر روند تولید به‌واسطه

[۱] Volatile Organic Compounds

[۲] Benzene, Toluene, Ethyl benzene, Xylene

ایجاد یک واحد جدید و یا اصلاح تجهیزات فرایند، مواد خام و غیره صورت می‌گیرد (Honarmand & Omidvar, 2017; MirMohammadi *et al.*, 2012).

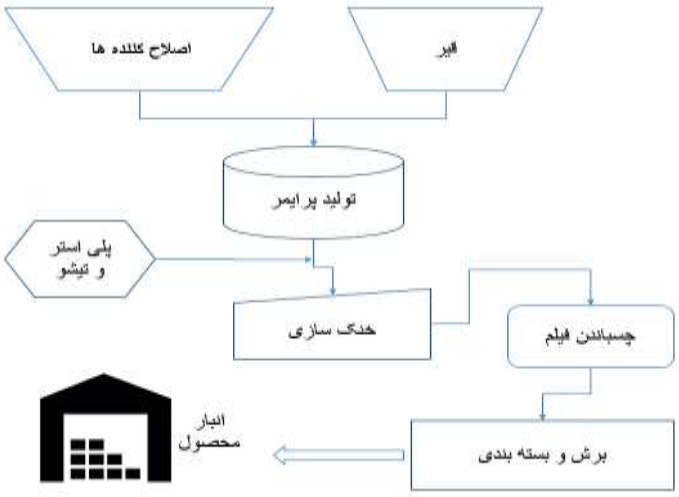
در این پژوهش برای نخستین بار در کشور با در نظرگیری توامان شاخص های اقتصادی، محیط‌زیستی و بهره‌وری، بهینه‌سازی در راستای کاهش میزان انتشار ترکیبات BTEX در واحد صنعتی تولید ایزوگام مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. نوآوری دیگر طرح، طراحی کوره بر مبنای نوع فرایند به‌کارگرفته شده در واحد تولیدی و هم‌چنین درنظرگیری شاخص‌هایی از قبیل نحوه قرارگیری تجهیزات واحد تولیدی، نوع و کیفیت مواد خام ورودی و دبی خوراک به منظور حذف آلاینده‌های مورد نظر می‌باشد که با توجه زیرساخت‌های موجود اساس روش به کارگرفته شده در طراحی این المان به منظور حذف ترکیبات BTEX، روش اکسیداسیون خواهد بود و هم‌چنین بهینه‌سازی واحد تولیدی با در نظرگیری شاخص‌های محیط‌زیستی، اقتصادی و بهره‌وری انرژی مورد تحلیل و بررسی قرار خواهد گرفت.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

کارخانه ایزوگام پارسیان دلیجان در شهرستان دلیجان (طول جغرافیایی "۱۶ '۵۰ تا "۵ '۵۱ و عرض جغرافیایی "۴۲ '۳۳ تا "۱۸ '۳۴) به عنوان پایتخت صنعت ایزوگام ایران در جنوب شرقی استان مرکزی و در مسیر شاهراه ارتباطی جنوب به شمال کشور قرار دارد. با سنجش شاخص توسعه انسانی، اصلی‌ترین مؤلفه آلودگی این منطقه انتشار بیش از حد آلاینده‌های هوا ناشی از وجود واحدهای صنعتی می‌باشد. بیش از چهارصد واحد صنعتی در این شهر در حال فعالیت می‌باشند که ۳۰٪ این مراکز تولید کننده عایق‌های حرارتی حاصل از قیر (ایزوگام) می‌باشند (Qarayaghi, 2009; Arabi, 2014) می‌باشند. در حال حاضر کارخانه ایزوگام پارسیان با ظرفیت اسمی ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ مترمربع در ساعت در ردیف یکی از بزرگترین تولیدکننده‌های عایق حرارتی کشور قرار گرفته است.

فرایند تولید ایزوگام: واحد تولید عایق حرارتی به طور کلی از دو زیر سیستم واحد تولید پرایمر و واحد خنک کننده تشکیل شده است که در شکل ۱ نشان داده شده است. در این فرآیند قیر به همراه اصلاح کننده‌ها (معمولاً کاه و پودر تالک) وارد کوره شده و در دمای بسیار بالا گرم می‌شوند. جریان قیر غنی شده از طریق لوله‌های انتقال وارد میکسر می‌شود تا با پلی‌پروپیلن‌آتاکتیک (APP) و استایرن بوتادین استایرن (SBS) مخلوط شود. گازهای خروجی از این مرحله عامل اصلی انتشار ترکیبات BTEX در نظر گرفته می‌شود. در نهایت مواد به واحد خنک‌کننده سرازیر شده و پس از افزودن روکش آلومینیومی برای بسته‌بندی و نگهداری نهایی آماده می‌شوند. مشخصات تجهیزات مورد استفاده در واحد صنعتی مورد مطالعه نیز در جدول ۱ قابل مشاهده است.



شکل ۱- طرح کلی فرآیند تولید عایق حرارتی در واحد صنعتی مورد مطالعه

جدول ۱- مشخصات تجهیزات به کار گرفته شده در واحد صنعتی مورد مطالعه

تجهیزات	ظرفیت	مشعل	گیربکس	دینام	ورق کف	ورق کناره ها	ورق سروته
کوره	۱۲ مترمکعب	۵۵۰۰۰۰ کیلوکالری	۴۰۰ دور بر دقیقه	۲۰ اسب بخار	۱۰ میلی متر (استیل ۳۷)	۱۰ میلی متر (استیل ۳۷)	۱۵ میلی متر (استیل ۳۷)
میکسر	۲۵ مترمکعب	-	۴۰۰ دور بر دقیقه	۲۰ اسب بخار	۱۰ میلی متر (استیل ۳۷)	۱۰ میلی متر (استیل ۳۷)	۱۵ میلی متر (استیل ۳۷)

طراحی واحد جانبی و بهینه سازی فرایند: به طور کلی بهینه‌سازی انتشار آلاینده‌ها در فرآیند بدون افزودن المان طراحی شده و تنها با کنترل تجهیزات موجود علاوه بر راندمان نامطلوب، پرهزینه بوده و در اغلب موارد غیر ممکن می باشند، بنابراین طراحی المان جدید با درنظرگیری شاخص‌های محیطزیستی و بهره‌وری انرژی با رویکرد اقتصادی نقش کلیدی در جهت نیل به اهداف این مطالعه ایفا می‌کند. در این پژوهش، پس از شناسایی تجهیزات و عملکرد فرایند، با در نظرگیری بخش تولید پرایمر به عنوان اصلی‌ترین منبع انتشار آلاینده‌های مورد نظر، روش پیشنهادی، اکسیداسیون حرارتی گازهای خروجی از این بخش می‌باشد. شبیه‌سازی فرایند تولید ایزوگام با استفاده از اطلاعات واحد تولیدی و بهره‌گیری از نرم افزار Aspen Hysys v7.3 صورت گرفته است. فرض‌های این شبیه‌سازی علاوه بر در نظرگیری فرایند به صورت پایا، شامل احتساب ترکیبات BTEX به عنوان آلاینده اصلی گازهای خروجی می‌باشد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی فرآیند توسط نرم‌افزار با توجه به فرضیات نرم‌افزار از دقت بالایی برخوردار است. این نتایج قابل مقایسه با نتایج واقعی می‌باشد و با فرضیات صحیح خطا ناچیز می‌شود. هم‌چنین می‌توان به کمک نرم‌افزار رفتار سیستم را در شرایط مختلف عملیاتی پیش‌بینی کرد. در این پژوهش پس از شبیه‌سازی فرایند، پارامترهایی از جمله نوع و غلظت ترکیبات شیمیایی ورودی به کوره، تعیین دما و زمان ماند مناسب ترکیبات BTEX در کوره و میزان اکسیژن موجود در گازهای آلاینده ورودی به کوره به منظور طراحی کوره در نرم افزارAspen Hysys v7.3 دسته‌بندی گردیده است.

ترکیبات شیمیایی: شناسایی ترکیب شیمیایی گازهای ورودی به کوره یکی از پارامترهای اصلی در طراحی می‌باشد. در واحد مورد مطالعه، گازهای حاصل از بخش تولید پرایمر (ورودی کوره) با استفاده از جاذب چارکول نمونه‌برداری گردیده است. در نمونه‌گیری‌های انجام شده با استفاده از تعیین حد بالای غلظت آلاینده‌های محیط حجم هوای برداشتی برای نمونه‌گیری به صورتی بوده است که ظرفیت جاذب اشباع نشده است. دبی پمپ نمونه‌گیری، حجم نمونه هوا و زمان اندازه‌گیری با توجه به شرایط محیطی تعیین شده است (Thoma, 2009). پس از نمونه‌برداری اولیه و انتقال به آزمایشگاه، نوع و میزان خلوص ترکیبات بنزن، زایلن، تولوئن و اتیل بنزن (BTEX) با استفاده از دستگاه GC-FID مدل GC-2010 SHIMADZU تعیین گردید.

نتایج حاصل از آنالیز ترکیبات آلاینده گاز خروجی واحد صنعتی توسط دستگاه GC-FID قبل از نصب کوره مطابق جدول ۲ می‌باشد.

جدول ۲- آنالیز ترکیبات گازهای خروجی واحد صنعتی قبل از نصب کوره

پارامتر	واحد	بنزا -یک	بنزا -دو	میکسر -یک
CO	ppm	۲۲	۳۳	۴۴
SO_2	ppm	۴	۶	۱۳
O_2	%	۷/۲۰	۶/۲۰	۶/۲۰
بنزن	ppm	۸۹	–	–
تولوئن	ppm	۱۰۶	–	–
NO_2	ppm	۱	۵	۵
NO	ppm	۵	۵	–
NO_x	ppm	۵/۱	۰/۱	۵
H_2S	ppm	۵	۱۲	۸
CO_2	%	۱۸	۱۸	۱۷
اتیل بنزن	ppm	۱۱۱	–	–
زایلن	ppm	۱۷۶	–	–
دما	°C	۱۰۳	۱۲۴	۹۳
سرعت	m/s	۶/۱	۱/۲	۸/۱
قطر دودگش	m	۳۵	۳۵	۳۰

دما و زمان ماند

یکی از شاخص‌های اصلی به منظور طراحی المان مورد نظر، اطلاع از شرایط عملیاتی مطلوب کوره به منظور انجام فرایند اکسیداسیون گازهای حاوی ترکیبات آلی فرار می‌باشد. دو عامل زمان ماند و دما به منظور حذف ترکیبات آلی فرار نقش تعیین‌کننده‌ای در فرایند اکسیداسیون حرارتی دارا می‌باشند و با توجه به نوع ترکیبات آلی تعیین می‌گردند. بر اساس نتایج مطالعات پیشین و برمبنای طراحی‌های صورت گرفته، دما و زمان ماند به ترتیب در محدوده بین ۷۰۰ تا ۷۵۰ درجه سانتی‌گراد و ۰/۷۵ تا یک ثانیه برای کوره به منظور تخریب حداکثری آلاینده‌های مورد مطالعه تعریف گردیده است، لذا در این پژوهش، شاخص‌های طراحی بر پایه این مقادیر در نرم‌افزار اعمال گردیده است (Van der vaart, 1996 و Sorrels, 2017 و Mascone, 1980).

میزان اکسیژن گازهای آلاینده: با توجه به ماهیت فرایند اکسیداسیون، میزان هوا و اکسیژن موجود در جریان گاز ورودی به کوره نقش حائز اهمیتی در انجام واکنش مورد نظر خواهد داشت. در صورتی که میزان اکسیژن در گازهای آلاینده بیش از ۲۰ درصد باشد، فرایند اکسیداسیون به طور کامل صورت می‌گیرد. این در حالیست که اگر میزان اکسیژن زیر ۲۰ درصد از گازهای ورودی به کوره را تشکیل داده باشد، در این صورت هوای اضافی به منظور سوزاندن کامل ترکیبات آلی فرار مورد نیاز خواهد بود. با توجه به فرمول‌های زیر، میزان اکسیژن اضافی در گازهای خروجی از بخش پرایمر محاسبه می‌گردد (Haridass, 2017).

$$ppm = \frac{\frac{M_p}{GMW} \times 22.414 \times \frac{T_2}{237\,(K)} \times \frac{101.325\,(KPa)}{P_2}}{V_a \times 1000\,(\frac{L}{m^3})} \quad (۱)$$

$$\text{Air\% Content} = 100 - \sum((X_n(\text{ppm}) / 10^6)*100) \quad (۲)$$

$$\text{Oxygen\% Content} = \text{Air\% Content} * 0.209 \quad (۳)$$

در روابط بالا GMW وزن یک مول گرم از آلاینده، M_p غلظت بر حسب میکروگرم، V_a حجم هوا بر حسب متر مکعب در دما و فشار محیط، T_2 دمای محیط ۲۵ درجه سانتیگراد، P_2 فشار محیط ۱۰۱/۹۳ کیلوپاسکال و X_n غلظت آلاینده بر حسب ppm می‌باشد.

معادلات کوره: به منظور ارزیابی بهره‌وری انرژی، با در نظر گرفتن کوره طراحی شده به عنوان حجم کنترل قانون بقای جرم و انرژی به‌صورت زیر در خواهد آمد (Gu, 2019):

$$In - Out + Generation = Accumulation \quad (۴)$$

در فرایند اکسیداسیون صورت گرفته در کوره، دو جریان ورودی و خروجی برای موازنه جرمی مطابق رابطه ۵ می‌باشد.

$$\sum_{i=react}^{n} (m_{in.i}) = \sum_{i=prod}^{n} (m_{out.i}) \quad (۵)$$

$$m = \rho . q \quad (۶)$$

در این رابطه، ρ، دانسیته (نسبت جرم به حجم) و q میزان سرعت جریان حجمی (حجم در واحد زمان) می‌باشد. هم‌چنین با توجه به بار حرارتی جریان‌های ورودی و خروجی به کوره، موازنه انرژی جریان‌ها مطابق روابطه زیر در نظر گرفته شده است.

$$\sum_{i=prod}^{n} (H_{fi}) = \sum_{i=prod}^{n} ni\,(H_{fi} + \Delta H_{Ti}) \quad (۷)$$

در این معادله Hf,i آنتالپی تشکیل واکنش‌دهنده‌ها و محصولات را نشان می‌دهد. با موازنه آنتالپی درون کورهبر اساس محتوای آنتالپی کل در هر گونه شیمیایی برابر با مجموع آنتالپی شیمیایی و آنتالپی محسوس و طبق رابطه (۸) بیان می‌شود:

(۸)

$$H(f.CxHyZo) + \left(x + \frac{y}{4} - \frac{z}{2}\right)(H(f.O2)) = y/2(H(f.H2O) + \int_{298}^{T} Cp.H2OdT) + x(H(f.CO2) + \int_{298}^{T} Cp.CO2dT)$$

در نهایت معادله احتراق به صورت کلی از رابطه ۹ بدست می‌آید (Michos, 2020) :

$$CxHy + A_1\,(O2 + 3.76\,N2) \rightarrow A_2CO2 + A_3\,H2O + 3.76N2 \quad (۹)$$

$$O2 + 3.76\,N2 \equiv 4/76\,Air \quad (۱۰)$$

$$A1 = A2 + A3/2 \quad (۱۱)$$

$$\lambda = \frac{m\,(fuel)}{m\,(air)} \quad (۱۲)$$

نتایج

مشخصات کوره: با درنظرگیری پارامترهای ذکر شده در طراحی المان مورد نظر و با اعمال شرایط فنی واحد تولیدی در نرم افزار Aspen Hysys v7.3، در نهایت کوره با مشخصات زیر جهت بهره برداری نهایی گردید. (جدول ۳)

جدول ۳- مشخصات نهایی کوره جهت بهره‌برداری نهایی

المان	مشخصه
قطر	۲ متر
طول	۴ متر
ورق سروته	۱۵ mm (st37)
ورق کناره‌ها	۱۰ mm (st37)
ورق کف	۱۰ mm (st37)
دینام	۲۰ اسب بخار
مشعل	۶۵۰۰۰۰ کیلوکالری

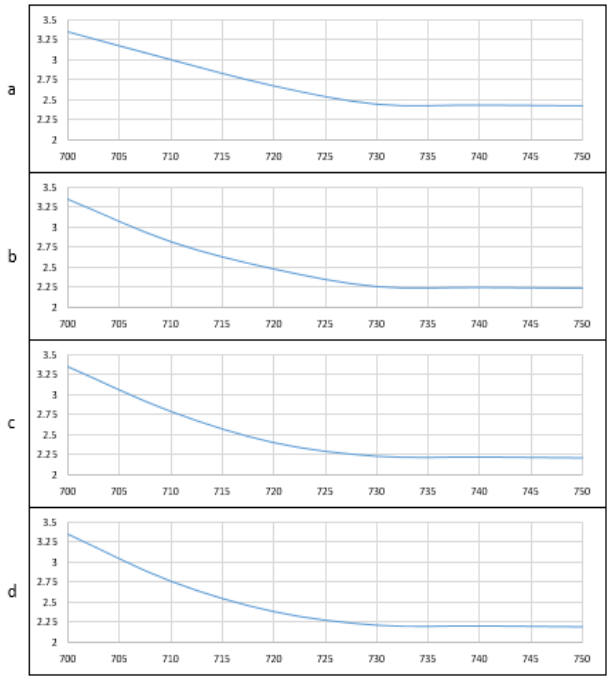
ارزیابی انتشار آلاینده‌ها: هدف اصلی از طراحی المان کوره، کنترل و بهینه‌سازی انتشار آلاینده‌های BTEX در فرایند تولید عایق‌های حرارتی می‌باشد. در فرایند مورد مطالعه از یک کوره برای اکسیداسیون حرارتی گازهای خروجی استفاده گردیده که معادله اکسیداسیون در این المان به صورت زیر می‌باشد (Nabi, 2020).

$$C_xH_yO_z + \left[x + \frac{y}{4} - \frac{z}{2}\right]O_2 \Rightarrow xCO_2 + \frac{y}{2}H_2O \quad (۱۳)$$

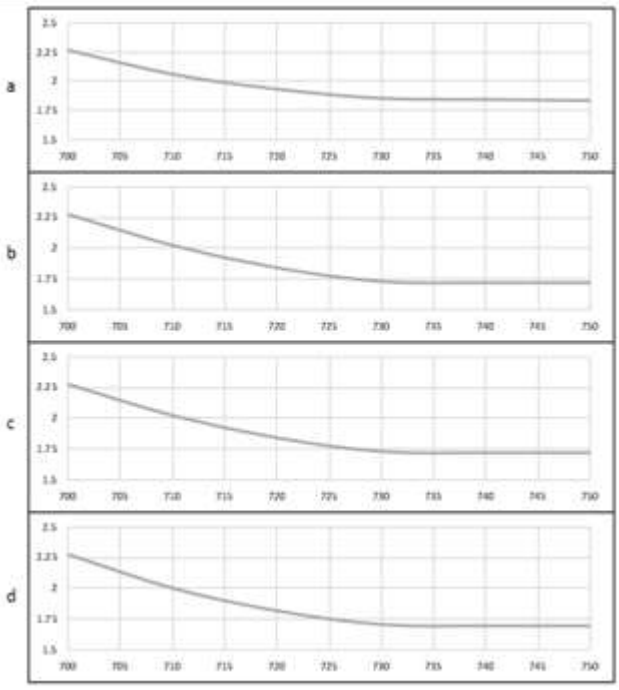
دمای مشعل و زمان ماند به ترتیب در محدوده‌های ۷۰۰ تا ۷۵۰ درجه سانتی‌گراد و ۰/۷۵ تا ۱ تنظیم گردید و میزان آلاینده‌های بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن به ترتیب در شکل‌های ۴، ۳، ۲ و ۵ در زمان‌های ماند مختلف و محدوده دمای تعیین شده نمایش داده شده است.

با توجه به نتایج بدست آمده و درنظرگیری نوع ترکیب و درصد مواد آلاینده در گازهای خروجی از کوره، میزان غلظت آلاینده‌ها در محدوده دمایی مورد مطالعه و زمان ماند ثابت پس از رسیدن به کمینه مقدار با شیب ثابت به مسیر خود ادامه داده به نحوی که میزان تغییرات

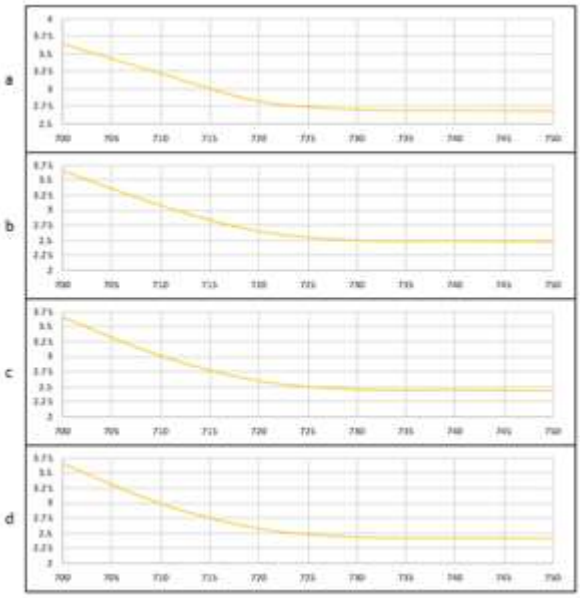
آلاینده‌ها تا دمای نهایی نزدیک به صفر می‌باشد. هم‌چنین مشاهده می‌شود که میان پارامتر زمان ماند و میزان غلظت آلاینده‌ها رابطه غیرمستقیم حاکم بوده به نحوی که با افزایش زمان ماند، در دماهای مشابه میزان کاهش غلظت آلاینده‌ها تا حدودی افزایش یافته است و به طورکلی زمان ماند در مقایسه با دمای واکنش اکسیداسیون تأثیر کمتری در فرآیند حذف دارد. با توجه به نتایج بدست آمده مشاهده می‌شود که با افزایش زمان ماند از ۰/۷۵ تا ۰/۸۴ ثانیه میزان تخریب ترکیبات BTEX افزایش می‌یابد ولی پس از زمان ۰/۸۴ ثانیه، با افزایش زمان ماند، تغییر محسوسی در میزان تخریب ترکیبات BTEX مشاهده نمی‌شود و واکنش به حالت تعادل می‌رسد. سرعت بالای فرآیند تخریب در دقایق اولیه، به دلیل وجود غلظت بالای اکسیژن در دسترس برای فرایند اکسیداسیون است. لذا با ادامه واکنش و کاهش غلظت اکسیژن از یک سو و کاهش غلظت ترکیبات BTEX به عنوان واکنش دهنده‌ها از سوی دیگر، نرخ اکسیداسیون پس از کاهش محسوس به حد ثابتی می‌رسد. هم‌چنین افزایش دمای عملیاتی تا دمای ۷۳۲ درجه سانتی‌گراد سبب تسریع نرخ تخریب پیوندهای شیمیایی موجود در ترکیبات BTEX و تولید محصولات بی اثر آب و دی اکسید کربن گردیده است و پس از این دما نرخ تخریب ترکیبات مورد مطالعه در محدوده ثابتی باقی مانده است. میزان تغییرات غلظت بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در زمان ماندهای مختلف به ترتیب در شکل‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ نمایش داده شده است. لازم به ذکر است در بین آلاینده‌های مورد مطالعه در گازهای خروجی بنزن دارای کمترین غلظت در بین ترکیبات آلاینده BTEX می‌باشند. پس از بنزن به ترتیب تولوئن، اتیل بنزن و زایلن دارای کمترین غلظت در گازهای خروجی می‌باشد.



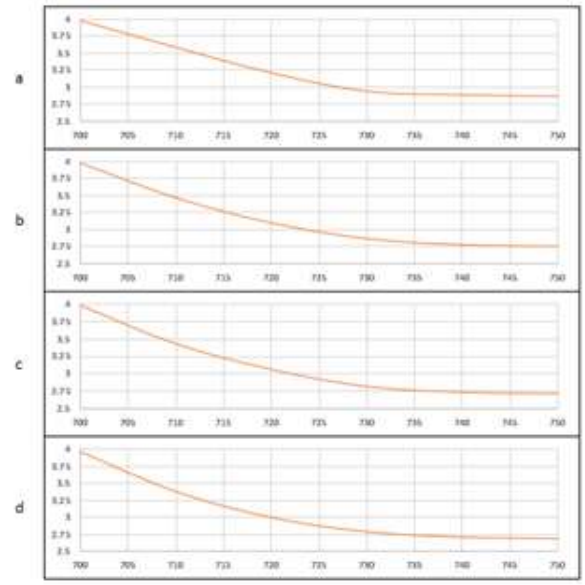
شکل ۲- میزان غلظت بنزن برحسب ppm در زمان‌های ماند a) ۰/۷۵ ثانیه، b)۰/۸۵ ثانیه، c)۰/۹۵ ثانیه و d) ۱ثانیه



شکل ۳- میزان غلظت تولوئن برحسب ppm در زمان‌های ماند a) ۰/۷۵ ثانیه، b)۰/۸۵ ثانیه، c)۰/۹۵ ثانیه و d) ۱ثانیه



شکل ۴- میزان غلظت اتیل بنزن برحسب ppm در زمان‌های ماند a) ۰/۷۵ ثانیه، b)۰/۸۵ ثانیه، c)۰/۹۵ ثانیه و d) ۱ثانیه



شکل ۵- میزان غلظت زایلن برحسب ppm در زمان‌های ماند a) ۰/۷۵ ثانیه، b)۰/۸۵ ثانیه، c)۰/۹۵ ثانیه و d) ۱ثانیه

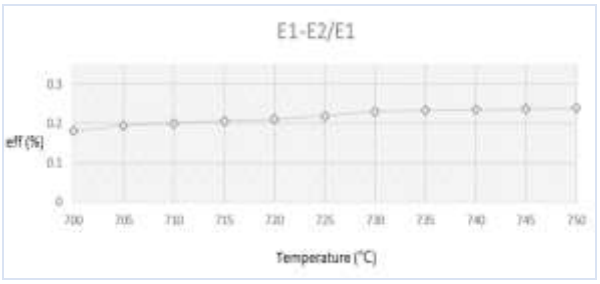
ارزیابی بهره‌وری انرژی: با بررسی روابط مرتبط با کوره که در بخش‌های قبلی بیان گردید، میزان کاهش انرژی مصرف‌شده در حالت بهینه (EG_2) درمقایسه باحالت قبل‌از نصب کوره (EG_1) مطابق رابطه ۱۴ قابل محاسبه می‌باشد.

$$\frac{EG1 - EG2}{EG1} = \frac{(\Delta H\ O2)}{(\Delta H\ total)} \qquad (۱۴)$$

ΔH_{O2}: آنتالپی کل اکسیژن مصرفی

ΔH_{total}: آنتالپی کل

پس از محاسبه آنتالپی ترکیبات خروجی در حالت های مورد مطالعه بر پایه روابط قانون بقای جرم و انرژی و مقایسه نوع ترکیبات و میزان سرعت حجمی آنها، درصد میزان کاهش انرژی پس از نصب کوره و با بهره گیری از رابطه فوق قابل محاسبه می باشد. میزان (اختلاف) کاهش انرژی مصرفی حالت بهینه (E_2) مطابق شکل ۶ می باشد. همانطور که در شکل ۶ مشاهده می شود، با افزایش دما در حالت بهینه کاهش مصرف انرژی به صورت محسوسی قابل رویت می باشد. این کاهش انرژی مصرفی با ادامه افزایش دما (محدوده ۷۳۰ تا ۷۳۵ درجه سانتیگراد) در حد معینی ثابت باقی می ماند لذا افزایش دما تا میزان دمای بهینه (۷۳۲ درجه سانتیگراد) سبب صرفه جویی در مصرف سوخت گردیده و در دماهای بالاتر بهره وری انرژی افزایش نخواهد یافت و تنها انرژی بیشتری صرف افزایش دمای کوره خواهد شد.



شکل ۶- براورد میزان کاهش انرژی مصرفی پس از بکارگیری و نصب کوره

آنالیز تحلیلی

سوخت مورد استفاده در کوره طراحی شده گاز متان می باشد. در این مطالعه با توجه به استفاده از گاز متان به عنوان سوخت کوره، به ازای یک واحد سوخت و ۱۷/۶۷ واحد هوا ضریب لامبدا برابر یک (λ=۱) می‌گردد. به طور کلی احتراق مشعل در صورتی به‌صورت کامل و پایدار صورت می‌گیرد که نسبت سوخت و هوا در بازه‌ی مناسب خود قرار داشته باشند. لذا با توجه به موارد ذکر شده و رابطه (۹)، (۱۰)، (۱۱) و (۱۲) پارامترهای معادله احتراق مطابق جدول ۴ خواهد بود. لازم به ذکر است در این مطالعه میزان کل جریان گاز scfm ۳۲۰۰ در واکنش اکسیداسیون می‌باشد.

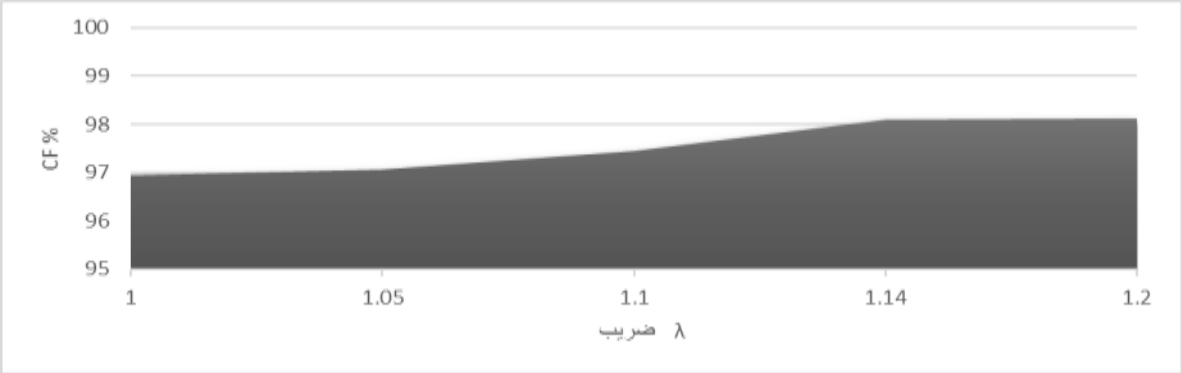
جدول ۴- میزان ضرایب احتراق سوخت مصرفی توسط کوره

پارامتر	A_1	A_2	A_3
میزان محاسبه شده	۲	۱	۴

ارتباط سوخت مصرفی توسط کوره و دمای اکسیداسیون در بخش‌های قبل مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج آنالیز آماری، صحت‌سنجی سیستم در ساعات کارکرد و در شرایط عملیاتی مختلف با استفاده از اطلاعات شبیه‌سازی صورت گرفت. راندمان کنترلی دستگاه کوره (Control Efficiency) در حذف ترکیبات BTEX مطابق رابطه ۱۵ تعریف می‌گردد (Choi, 2018).

$$CF = [C_{inlet} - C_{outlet} / C_{inlet}] * 100 \quad (۱۵)$$

در این رابطه C_{inlet} و C_{outlet} به ترتیب مجموع غلظت‌های ترکیبات BTEX در هنگام ورود و خروج از کوره می‌باشد. در شکل ۷ میزان راندمان کنترلی سیستم برحسب مقادیر مختلف لامبدا نمایش داده شده است.



شکل ۷- میزان راندمان کنترلی کوره بر اساس مقادیر محتلف ضریب لامبدا

با توجه به شکل ۷ و مقادیر بدست آمده برای راندمان کنترلی سیستم و هم‌چنین در نظرگیری عوامل تأثیرگذار از جمله هزینه‌های عملیاتی، زمان ماند و دما، مقدار بهینه لامبدا ۱/۱۴ برای سیستم در نظر گرفته شد. مقدار پارامترهای اندازه‌گیری شده در حالت بهینه سیستم مطابق جدول ۵ نمایش داده شده است.

جدول ۵- مقدار پارامترهای اندازه گیری شده در حالت بهینه سیستم

پارامتر بهینه شده	میزان
راندمان کنترلی (CF)	۹۸/۰۹
زمان ماند	۰/۸۴ ثانیه
دما	۷۳۲ °C
اکسیژن مصرفی	۰/۶۱
هوای مورد نیاز	۲/۹
ضریب لامبدا	۱/۱۴

بر طبق بررسی‌های صورت گرفته و نتایج حاصل، در حالتی که بیشترین میزان راندمان کنترلی کوره (CF) محاسبه گردیده است، میزان اکسیژن اندازه‌گیری شده، هوای مصرفی و λ با توجه به روابط ذکرشده به ترتیب برابر با ۰/۶۱، ۲/۹ و ۱/۱۴ محاسبه گردید. با توجه به روند تغییرات راندمان کنترلی (CF) با ضریب لامبدا در شکل (۶)، میزان CF ابتدا روند صعودی داشته و پس از رسیدن به حد معینی از ضریب لامبدا به میزان بیشینه خود رسیده و در ادامه بدون تغییر قابل توجهی (شیب تقریبی صفر) در مقدار معینی ثابت می‌ماند. با مقایسه پارامترهای اندازه‌گیری شده با به‌کارگیری کوره، میزان صرفه‌جویی انرژی ۰/۲۳ نسبت به شرایط مشابه و عدم وجود کوره اندازه‌گیری گردید. مقایسه میزان ترکیبات بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن قبل و بعد از بهینه‌سازی مطابق جدول ۶ نمایش داده شده است.

جدول ۶- مقادیر اندازه گیری شده ترکیبات BTEX گاز خروجی کوره در حالت بهینه سیستم

ترکیب	میزان باقیمانده در گاز خروجی در واحد حجم (ppm)	میزان حذف شده در واحد حجم (ppm)
بنزن	۱/۷۴	۸۷/۲۶
تولوئن	۲/۲۳	۱۰۳/۷۷
اتیل بنزن	۲/۴۸	۱۰۸/۵۲
زایلن	۲/۷۴	۱۷۳/۲۶

بحث

هدف از انجام این پژوهش طراحی و ساخت دستگاه کوره جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش انتشار آلاینده‌های بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن با استفاده از روش اکسیداسیون حرارتی در کارخانه ایزوگام پارسیان دژ می‌باشد. در این راستا ابتدا تجهیزات و کارکرد قسمت‌های مختلف واحد تولیدی شناسایی شده و بر این اساس المان مورد نظر با پیاده‌سازی عوامل سخت‌افزاری و نرم‌افزاری طراحی و ساخته شد. در نهایت پس از ارزیابی کارکرد سیستم در شرایط عملیاتی متفاوت، نتایج خروجی سیستم با حالت قبل از بهینه‌سازی مقایسه گردید و رویکرد اقتصادی طرح پس از بهینه‌سازی انتشار آلاینده‌ها و میزان بهره‌وری انرژی، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به طور کلی در این پژوهش برای طراحی و بهینه‌سازی فرایند تولید عایق حرارتی در کارخانه مذکور اقدامات ذیل انجام پذیرفت.

- کلیه المان‌ها و تجهیزات به کار گرفته شده در کارخانه مذکور و چگونگی عملکرد آنها شناسایی گردیده و در ادامه پارامترهای کنترلی جهت بهینه‌سازی انتشار آلاینده‌ها با رویکرد کاهش مصرف انرژی در این سیستم تعریف گردید.

- شبیه‌سازی فرایند با استفاده از نرم‌افزار Aspen Hysys با در نظرگیری میزان ظرفیت واحد تولیدی و متغیرهای عملیاتی بخش‌های مختلف سیستم برای طراحی و ساخت کوره و بهینه‌سازی چند منظوره ارائه گردید.

- با برنامه‌نویسی صورت گرفته در نرم‌افزار، علاوه بر مشخصات مورد نیاز جهت ساخت دستگاه، شاخص‌های بهینه عملکرد المان طراحی شده اعم از دما و زمان ماند در هنگام کارکرد تعیین گردید و سعی شد بعضی از مشکلات از جمله احتراق کامل سوخت مورد استفاده، به‌واسطه محاسبات صورت گرفته در برنامه‌نویسی جبران گردد.

میزان انتشار آلاینده‌های بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن پیش و پس از طراحی و نصب کوره اندازه‌گیری و با یکدیگر مقایسه گردیدند. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان دهنده عملکرد مطلوب سیستم پس از نصب کوره نسبت به حالت اولیه بوده و راندمان کنترلی کوره محاسبه و ثبت گردید. میزان کاهش انرژی مورد نیاز برای شرایط کنترلی مشابه، برای دو حالت نصب و عدم نصب کوره مقایسه و ارائه گردید.

بر طبق نتایج بدست آمده، با به‌کارگیری کوره، میزان راندمان کنترلی (CF) دستگاه در حذف ترکیبات مورد نظر ۹۸/۵ درصد گزارش گردیده است که در مقایسه با نتایج بدست‌آمده از مطالعات مشابه که برپایه طراحی‌کوره صورت گرفته‌اند، از عملکرد مطلوبتری برخوردار می‌باشد (Tessitore, 2020; Rostami, 2014; Peng, 2021). هم‌چنین شاخص مصرف انرژی در این حالت در مقایسه با عملکرد سیستم بدون ایسنیریتور در حالت مشابه، سبب کاهش ۲۳ درصدی مصرف سوخت گردیده است. کاهش میزان مصرف منابع طبیعی، حفاظت از محیط زیست و کاهش گازهای آلاینده در راستای نیل به اهداف توسعه پایدار، از اهمیت بالایی نسبت به گذشته برخوردار است. اجرای این طرح در صنایع مرتبط و با در نظرگیر ظرفیت تولید کشور علاوه بر صرفه جویی بالغ بر۱میلیارد دلاری، با حذف ۸۷۷۴/۴ تن ترکیبات BTEX باعث افزایش سطح بهداشت عمومی جامعه می‌گردد. لذا این طرح در کنار تأمین اهداف توسعه پایدار، رشد و ارتقا در صنعت تولید عایق‌های حرارتی را به همراه خواهد شد.

منابع

1. **Al-Harbi, M., 2019.** Characteristic of atmospheric BTEX concentrations and their health implications in urban environment. Applied Ecology and Environmental Research, 17(1), pp.33-51.
2. **Arabi, M., 2014.** Identifying and measuring factors that generate environmental crisis in Arak metropolis, 6th International Conference on Comprehensive Crisis Management, Mashhad. https://civilica.com/doc/339756/ (In Persian with English abstract).
3. **Brown, R.W., Bull, I.D., Journeaux, T., Chadwick, D.R. and Jones, D.L., 2021.** Volatile organic compounds (VOCs) allow sensitive differentiation of biological soil quality. Soil Biology and Biochemistry, 156, p.108187.
4. **Choi, E., Eum, H., Seo, Y.S., Yi, S.M. and Lee, H., 2018.** Variability of nitrous oxide and carbon dioxide emissions continuously measured in solid waste incinerators. Journal of Material Cycles and Waste Management, 20(2), pp.832-843.
5. **Gu, T., Yin, C., Ma, W. and Chen, G., 2019.** Municipal solid waste incineration in a packed bed: A comprehensive modeling study with experimental validation. Applied Energy, 247, pp.127-139.
6. **Haridass, R., Ramesh, K., Rajeshkumar, T. and Vignesh, E., 2017.** Performance improvement of pollution control device used in small scale foundry industry. International Journal of Research in Science and Engineering, 3.(۱)
7. **Honarmand, H. and Omidvar, M., 2017.** Simulation and sensitivity analysis of the effect of operating conditions and design parameters on the energy consumption of benzene, toluene and xylene (BTX) units with Aspen Plus software. https://civilica.com/doc/678861 (In Persian with English abstract).
8. **Joneidi Jafari, A., 2003.** A Comparison of Major Pollutants Emission from Petrol and Diesel Car Exhaust. Avicenna Journal of Clinical Medicine, 9(4), pp.0-0.
9. **Keramati, A., Nabizadeh Nodehi, R., Rezaei Kalantary, R., Nazmara, S., Zahed, A., Azari, A., Bahramifar, H. and Mahvi, A.H., 2016.** TVOCs and BTEX concentrations in the air of south pars special economic energy zone. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 25(133), pp.236-244.
10. **Lan, H., Hartonen, K. and Riekkola, M.L., 2020.** Miniaturised air sampling techniques for analysis of volatile organic compounds in air. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 126, p.115873.
11. **Latif, M.T., Abd Hamid, H.H., Ahamad, F., Khan, M.F., Nadzir, M.S.M., Othman, M., Sahani, M., Wahab, M.I.A., Mohamad, N., Uning, R. and Poh, S.C., 2019.** BTEX compositions and its potential health impacts in Malaysia. Chemosphere, 237, p.124451.
12. **Liu, Y., Wang, H., Jing, S., Zhou, M., Lou, S., Qu, K., Qiu, W., Wang, Q., Li, S., Gao, Y. and Liu, Y., 2021.** Vertical profiles of volatile organic compounds in suburban Shanghai. Advances in Atmospheric Sciences, 38(7), pp.1177-1187.
13. **Mascone, D., 1980.** Thermal Incinerator Performance for NSPS. Addendum, Office of Air Quality Planning and Standards, US Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC.
14. **Mazaheri Tehrani, A., Bahrami, A., Leili, M., Poorolajal, J., Zafari, D., Samadi, M. and Mahvi, A.H., 2020.** Investigation of seasonal variation and probabilistic risk assessment of BTEX emission in municipal solid waste transfer station. International Journal of Environmental Analytical Chemistry, pp.1-14.
15. **Mentese, S. and Akca, B., 2020.** Hot-spot summertime levels and potential sources of volatile organic compounds (VOC) on roads around Çanakkale and Kilitbahir harbors across Dardanelles strait. Atmospheric Pollution Research, 11(12), pp.2297-2307.
16. **Michos, K.N. and Bikas, G., 2020.** Quasi-dimensional multi-zone combustion diagnostic tool for si engines with novel NOx and CO emissions models. SAE International Journal of Advances and Current Practices in Mobility, 2(2020-01-0289), pp.1818-1848.
17. **MirMohammadi, M., Kermaniha, M. and Karimian, B., 2012.** Air pollution control in Bitumens industry, 6th National Environmental Engineering Conference.

https://civilica.com/doc/170333/ (In Persian with English abstract).

18. **Mohammadi, A., Mokhtari, M., Abdolahnejad, A. and Nemati, S., 2016.** A survey on variations of btex and ozone formation potential in Yazd city and mapping with GIS. Studies in Medical Sciences, 27(8), pp.650-660.
19. **Mohammadi, N., Zoroufchi, B.K., Shakerkhatibi, M., Fatehifar, E., Behroozsarand, A., Mahmoudian, A. and Sheikholeslami, F., 2017.** Forecasting concentrations of gaseous air pollutants using artificialneural networks in Tabriz.
20. **Nabi, M.N., Hustad, J.E. and Arefin, M.A., 2020.** The influence of Fischer–Tropsch-biodiesel–diesel blends on energy and exergy parameters in a six-cylinder turbocharged diesel engine. Energy Reports, 6, pp.832-840.
21. **Parastari, A. and Pardakhti, A., 2021.** Carcinogenic and non-carcinogenic risk assessment of benzene in 22 regions of Tehran, 6th international conference of knowledge and technology of agricultural sciences, natural resources and environment of Iran, Tehran. https://civilica.com/doc/1237055/ (In Persian with English abstract).
22. **Pardakhti, A. and Esmaeilzade, M., 2019.** Assessment and comparison of health risk in exposure to volatile organic compounds (BTEX) in 3 metrocities of Iran, 8th National Conference on Air and Noise Pollution Management, Tehran. https://civilica.com/doc/1002050/ (In Persian with English abstract).
23. **Pasquini, D., Gori, A., Ferrini, F. and Brunetti, C., 2021.** An Improvement of SPME-Based Sampling Technique to Collect Volatile Organic Compounds from Quercus ilex at the Environmental Level. Metabolites, 11(6), p.388.
24. **Peng, Y., Yang, Q., Wang, L., Wang, S., Li, J., Zhang, X., Zhang, S., Zhao, H., Zhang, B., Wang, C. and Bartocci, P., 2021.** VOC emissions of coal-fired power plants in China based on life cycle assessment method. Fuel, 292, p.120325.
25. **Qarayaghi, R., 2009.** The first scientific conference on sustainable ecosystem and development. Arak Central Province Environmental Network, Arak Chamber of Commerce, Industries, Mines and Agriculture. (In Persian with English abstract).
26. **Qian, J., Tian, F., Luo, Y., Lu, M. and Zhang, A., 2021.** A novel multisensor detection system design for low concentrations of volatile organic compounds. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 69(5), pp.5314-5324.
27. **Rostami, R. and Jonidi Jafari, A., 2014.** Application of an adsorptive-thermocatalytic process for BTX removal from polluted air flow. Journal of Environmental Health Science and Engineering, 12(1), pp.1-10.
28. **Sorrels, J.L., Baynham, A., Randall, D. and Hancy, C., 2017.** Incinerators and Oxidizers. EPA Air Pollution Control Cost Manual, pp.2017-12.
29. **Tessitore, J.L., 2020.** Control of VOCs by Incineration. In Sizing and Selecting Air Pollution Control Systems (pp. 117-129). CRC Press.
30. **Thoma, E. and Prevention, A.P., 2009.** Measurement of emissions from produced water ponds: upstream oil and gas study# 1. US Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio http://nepis. epa. gov/ Adobe/PDF/P100EACG. pdf.
31. **Ulutaş, K., Kaskun, S., Demir, S., Dinçer, F. and Pekey, H., 2021.** Assessment of H2S and BTEX concentrations in ambient air using passive sampling method and the health risks. Environmental Monitoring and Assessment, 193(7), pp.1-10.
32. **Van der Vaart, D.R., Spivey, J.J., Vatavuk, W.M. and Wehe, A.H., 1996.** Thermal and Catalytic Incinerators.

Environment & Interdisciplinary Development
Journal homepage: https://www.envjournal.ir

Optimization of BTEX Emissions from Vapors Produced by Waterproofing Production Plant Using Incinerator Design (Case Study: Parsian Dej Plant)

Zahra Soltanianzadeh[1], Mohsen MirMohammadi[*2], Mohammad Ali Zahed[3]

[1] Kish International Campus, University of Tehran, Kish, Iran
[2] * Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran
[3] Faculty of Biological Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

Original Article

Received:
2022.09.19

Accepted:
2022.12.13

Keywords:
BTEX
Optimization
Air Pollution
Thermal Oxidation

Abstract

Introduction: Aromatic hydrocarbons such as benzene, toluene, ethylbenzene and xylene isomers (BTEX) are pollutants in industrial plants that cause problems in various sources, especially air. Elimination of these toxic compounds, even to a very small extent, from these constant sources of pollutants is important not only from an environmental but also from an economic point of view. Nowadays, the rapid industrialization of societies, especially developing countries, to meet the needs of citizens is recognized as the main cause of air pollution. Therefore, maintaining environmental standards is necessary to reduce the potential for pollutions and support sustainable development. Waterproofing production plants are one of the main sources of emissions of this group of pollutants, so the implementation of control measures and optimization of the performance of these industrial units in Delijan city as the capital of Waterproofing production is necessary and undeniable.

Material and Methods: In this study, the process of removing BTEX contaminants from Izogam Parsian Delijan factory has been evaluated and studied through simulation and process modification based on insulator design and using thermal oxidation of pollutants (BTEX) method. Questions related to the efficiency and environmental benefits of designing incinerator serve as the primary motivation for the present work. The purpose of this study is to help this evidence by assessing the environmental and technical evaluation of the performance of the incinerator unit in a BW production plant located in Delijan-Iran. Moreover, energy consumption and pollutant emissions of system have been optimized by changing the temperature and residence time of incinerator using SPSS software. It should be noted that the process of removing BTEX contaminants has been accomplished by simulation using Aspen Hysys software. In this regard, the process modification based on the Incinerator designing and using the thermal oxidation method has been evaluated.

* Corresponding Author's email: mirmohammadi.m@ut.ac.ir

Results: Based on the results, the temperature and residence time in optimal conditions are 732 and 0.84, respectively. Furthermore, the incinerator's control efficiency (CF) reveals that 98.5% of BTEX compounds in the exhaust gases were removed. It should be noted that the system's energy efficiency has also improved significantly in such a way that the amount of fuel consumed by the system in optimum condition has decreased by 23% compared to the initial state.have been optimized by implementing software such as SPSS and hardware elements. The results of using the incinerator in this study, the rate of control efficiency (CEF) of the device in removing the desired compounds is reported to be 98.5%. Also, the energy consumption index in this case, compared to the performance of the system without insulator in the same mode, has caused a 23% reduction in fuel consumption.
Discussion: The optimization results revealed that using incinerator in certain condition can be considered as an applicable solution for removing BTEX from industrial activities. In this regard, temperature and residence time can be determined as two significant operating indexes affecting the pollutants emission and energy consumption. According to the results, the proposed method has acceptable environmental and economic performance thus, It is also suggested the possibility of large investments to reduce the effects of BTEX pollutants in the region by coupling them to renewable energies.