Archive of SID

طراحی مفهومی سیستم مدیریت پسماند خطرناک در پالایشگاه‌های گازی (مطالعه موردی: فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴ پارس جنوبی)

مهدی جلیلی قاضی‌زاده[۱]

شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس؛ تهران، خیابان وحید دستگردی (ظفر)، کوی تخارستان، شماره ۱۶

mjalili@ut.ac.ir

چکیده

از جمله مهم‌ترین مراکز تولید پسماند خطرناک در منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس، پالایشگاه‌های گازی است که عدم برنامه‌ریزی صحیح در خصوص تدوین سیستم جامع مدیریت پسماندهای پالایشگاهی، منجر به بروز آلودگی‌های مختلف در این منطقه شده است. طراحی مفهومی یکی از مراحل طراحی سیستم جامع مدیریت پسماند است که ضمن شناسایی دقیق‌تر پسماندهای تولیدی به‌لحاظ کمّی و کیفی، نحوه ذخیره در محل، جمع‌آوری، حمل و نقل و دفع پسماندهای خطرناک با جزییات بیشتر تشریح شده و در آن گزینه‌های محتمل برای مدیریت پسماندهای مختلف پیشنهاد می‌شود. هدف از انجام این تحقیق، طراحی مفهومی سیستم مدیریت پسماند خطرناک در پالایشگاه گازی فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴ به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین مراکز تولید پسماند خطرناک در سایت ۲ پارس جنوبی می‌باشد. بدین منظور ابتدا کلیه پسماندهای تولیدی در هر واحد فرایندی شناسایی شده و کمیت، کیفیت و تواتر تولید هر پسماند تعیین شده است. در ادامه با استفاده از تعاریف و دستورالعمل‌های ملی و بین‌المللی، پسماندهای تولیدی طبقه‌بندی و کدگذاری شده‌اند. در نهایت پسماندهای خطرناک به چهار گروه پسماندهای جامد با ترکیبات آلی، پسماندهای جامد با ترکیبات معدنی، پسماندهای نیمه‌جامد و پسماندهای مایع تقسیم‌بندی شده و برای هر گروه، روش مدیریت پسماند که شامل تلفیقی از روش‌های بازیافت، پسماندسوزی، تصفیه و دفن در زمین می‌باشد، پیشنهاد شده است. از نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان در ارائه برنامه تفصیلی مدیریت پسماند در پالایشگاه‌های گازی موجود در منطقه و همچنین تدوین سیستم یکپارچه مدیریت پسماندهای خطرناک در کل منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: پالایشگاه گازی، مدیریت پسماند خطرناک، منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس، فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴.

۱- دکتری مهندسی محیط زیست دانشگاه تهران

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

استقرار واحدهای متعدد صنعتی (به‌خصوص پالایشگاه‌های گازی) در منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس، به انضمام جمعیت بالای نیروی انسانی که در آینده در منطقه حضور خواهند داشت، سبب می‌شود تا منطقه با حجم زیادی از پسماندهای خانگی و صنعتی مواجه شود. واقع شدن منطقه ویژه اقتصادی و طرح توسعه آن در سواحل خلیج فارس با توجه به شرایط خاص اقلیمی، هیدرولوژی و هیدروژئولوژی منطقه باعث شده است که مدیریت صحیح و اصولی پسماندهای تولیدی از اهمیت زیادی برخوردار باشد؛ چراکه آلودگی ناشی از مدیریت نامناسب پسماندها در منطقه ویژه با توجه به اثرات زیانبار ناشی از انتشار و پراکندگی آلاینده‌ها در سطح منطقه و به تبع آن انتقال آلودگی و بیماری توسط نیروی انسانی شاغل در منطقه به کل کشور، از موضوعاتی است که طرح‌ریزی سریع سیستم مدیریت پسماند را طلب می‌کند. منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس با مساحتی نزدیک به ۳۰۰۰۰ هکتار به دو بخش اصلی تحت عنوان "سایت ۱ پارس" و "سایت ۲ پارس" تقسیم می‌شود. بخش قابل توجهی از منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس به فعالیت‌های صنعتی اختصاص دارد که کاربری‌های عمده آن شامل پالایشگاه‌های گازی، واحدهای صنایع پتروشیمی، واحدهای LNG، صنایع مختلط، صنایع نیمه‌سنگین و صنایع پایین‌دست پتروشیمی می‌باشد. پالایشگاه‌های گازی که تحت‌عنوان فازهای گازی از آن یاد می‌شود یکی از اصلی‌ترین مراکز تولید پسماندهای صنعتی و خطرناک در منطقه می‌باشند. به‌طور کلی احداث ۲۸ فاز گازی در این منطقه پیش‌بینی شده است که در حال حاضر ۱۰ فاز در حال بهره‌برداری، ۱۴ فاز در مراحل مختلف اجرایی و ۴ فاز نیز در دست مطالعه می‌باشد. از میان ۲۴ فاز گازی که جانمایی آنها انجام شده است، ۱۶ فاز شامل فازهای ۱ تا ۱۰ (در حال بهره‌برداری) و فازهای ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۲۰ و ۲۱ (در حال ساخت) در سایت ۱ پارس و ۸ فاز در حال ساخت دیگر در سایت ۲ پارس قرار گرفته‌اند [۱]. مطالعات نشان می‌دهد بخش عمده‌ای از پسماندهای خطرناک تولیدی در سایت ۱ پارس مربوط به فازهای گازی است که در قالب ۵ پالایشگاه در حال فعالیت می‌باشند [۲]. عدم وجود سیستم جامع مدیریت پسماندهای صنعتی در سایت ۱ پارس، باعث بروز مشکلات متعدد زیست‌محیطی در محیط خشکی و دریا شده است؛ چراکه بخش قابل توجهی از مواد خروجی از فرآیند پالایش گاز در زمره مواد زائد خطرناک طبقه‌بندی می‌شوند. این مواد زائد می‌توانند حاوی عناصر و مواد خطرناکی از قبیل برخی فلزات سنگین و یا سایر ترکیبات سمی باشند. رهاسازی این مواد در محیط زیست می‌تواند در صورت تجاوز از شرایط قابل پذیرش محیط مسائل و مشکلاتی را برای محیط زیست و نهایتاً سلامت انسان در پی داشته باشد. با توجه به اینکه تاکنون بهره‌برداری از فازهای موجود در سایت ۲ پارس شروع نشده است، طراحی سیستم جامع مدیریت پسماندهای صنعتی در خصوص این فازهای در حال ساخت می‌تواند از مشکلاتی که در حال حاضر ناشی از تولید پسماندهای خطرناک در سایت ۱ به‌وجود آمده است، جلوگیری نماید.

پالایشگاه فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴ پارس جنوبی یکی از مهم‌ترین مراکز تولید پسماند صنعتی در سایت ۲ پارس است که در منطقه اختر (۱۰ کیلومتری شرق بندر طاهری) واقع شده است. این پالایشگاه ظرفیت برداشت روزانه دو میلیارد فوت مکعب (معادل ۲۸ میلیون مترمکعب) گاز ترش از مخزن را داشته و پس از پالایش گاز در واحدهای مختلف فرایندی، ۵۰ میلیون مترمکعب گاز تصفیه‌شده در روز برای مصارف داخلی، ۱/۱ میلیون تن در سال گاز مایع و ۷۷ هزار بشکه در روز میعانات گازی جهت صادرات و یک میلیون تن در سال گاز اتان جهت تامین خوراک صنایع پتروشیمی تولید می‌شود. در حین فرایند پالایش گاز ترش و تولید محصولات ذکر شده، مقادیر قابل توجهی پسماند خطرناک با تواترهای مختلف تولید شده که در صورت عدم وجود سیستم جامع مدیریت پسماند در این پالایشگاه، خسارات جبران‌ناپذیری بر محیط زیست منطقه وارد می‌شود.

طراحی یک سیستم جامع مدیریت پسماند برای صنایع مختلف (از جمله پالایشگاه‌های گازی) در سه مرحله قابل انجام است. در مرحله اول، پسماندهای تولیدی در هر صنعت به‌عنوان یکی از منابع آلاینده تاثیرگذار بر محیط زیست، شناسایی شده و راهکارهای کلی جهت مدیریت آن ارائه می‌شود. بدیهی است این مرحله قبل از شروع عملیات اجرایی و در قالب مطالعات ارزیابی اثرات زیست‌محیطی انجام شده و یافته‌های آن نیز در سطح کلان قابل استفاده می‌باشد. در مرحله دوم طراحی مفهومی (Conceptual Design) سیستم مدیریت پسماند انجام می‌شود. در این مطالعات ضمن شناسایی دقیق‌تر پسماندهای تولیدی

www.SID.ir

Archive of SID

به‌لحاظ کمّی و کیفی، نحوه ذخیره در محل، جمع‌آوری، حمل و نقل و دفع پسماندهای خطرناک با جزییات بیشتر تشریح شده و در آن گزینه‌های محتمل برای مدیریت پسماندهای مختلف پیشنهاد می‌گردد. خروجی این مطالعات در مرحله سوم طراحی سیستم مدیریت پسماند که در آن جزییات طرح نهایی ارائه می‌شود، قابل استفاده می‌باشد. علاوه بر آن نتایج حاصل از مطالعات طراحی مفهومی سیستم مدیریت پسماند برای پالایشگاه‌های موجود در منطقه، می‌تواند در طرح‌ریزی و اجرای سیستم یکپارچه مدیریت پسماندهای خطرناک در کل سایت ۲ پارس مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به اینکه فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴ پارس جنوبی در حال ساخت بوده و هنوز به بهره‌برداری نرسیده است، لذا هدف اصلی از انجام این تحقیق، ارائه برنامه مفهومی سیستم مدیریت پسماند در پالایشگاه گازی فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴ پارس جنوبی می‌باشد. بدین منظور پس از شناسایی پسماندهای تولیدی در واحدهای مختلف فرایندی، پسماندها از لحاظ زمان تولید، منبع تولید و ماهیتشان طبقه‌بندی شده و سپس عناصر موظف به‌عنوان پایه و اساس طراحی یک سیستم مدیریت پسماند بررسی می‌شوند و در نهایت با توجه به سطح اطلاعات موجود، راهکارهای مدیریتی برای هر گروه از پسماندها پیشنهاد می‌شود.

۲- روش‌شناسی

در طراحی سیستم‌های مدیریت پسماند اعم از شهری و صنعتی، عناصر موظفی تعریف شده‌اند که بررسی و طراحی این عناصر، پایه و اساس سیستم مدیریت پسماند را تشکیل می‌دهد. هرچند تعداد و مفاهیم این عناصر از سال ۱۹۳۰ تا کنون تا حدودی عوض شده‌اند، اما آنچه امروزه به‌عنوان عناصر موظف در طراحی سیستم مدیریت پسماند مورد توجه قرار می‌گیرد، در شکل ۱ نشان داده شده است.

شکل ۱: عناصر موظف در سیستم مدیریت پسماند [۳]

البته باید دقت کرد که وجود تمامی این عناصر برای سیستم مدیریت پسماند الزامی نبوده و بسته به شرایط، ممکن است برخی از آنها دارای اهمیت بیشتری باشند. طبق قانون مدیریت پسماند مصوب سال ۱۳۸۳ که می‌بایست به‌عنوان یک سند بالادستی در طراحی مفهومی سیستم مدیریت پسماند مد نظر قرار گیرد، متولی مدیریت پسماندهای ویژه بر عهده تولیدکننده می‌باشد. بر این اساس پالایشگاه گازی فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴، مسوولیت مدیریت پسماندهای خطرناک تولیدی را بر عهده داشته و می‌بایست طراحی کلیه عناصر موظف ذکر شده را در برنامه مدیریت زایدات خطرناک مدنظر قرار دهد. در این تحقیق بررسی عناصر موظف در سیستم مدیریت پسماندهای خطرناک به دو بخش کلی تقسیم شده است. بخش اول شامل مباحث کاهش در مبدأ، تولید (که شامل شناسایی کمّی و کیفی پسماندهای تولیدی و طبقه‌بندی آنهاست)، ذخیره در محل،

www.SID.ir

Archive of SID

جمع‌آوری و حمل و نقل (که عمدتاً شامل ارائه دستورالعمل‌های مدون بین‌المللی است) می‌باشد. در بخش دوم که بیشتر شامل طراحی تاسیسات مدیریت پسماندهای خطرناک می‌باشد، روش‌های بازیافت، تصفیه و دفع به‌طور خاص برای پسماندهای تولیدی که در بخش اول شناسایی و طبقه‌بندی شده‌اند، بررسی شده و گزینه مناسب که می‌تواند ترکیبی از مجموعه بازیافت/ تصفیه/ دفع باشد، انتخاب و پیشنهاد می‌شود.

به‌طور کلی روش انجام این تحقیق کتابخانه‌ای بوده و در موارد لزوم، طی بازدیدهای حضوری از فازهای مشابه که در حال بهره‌برداری می‌باشند، اطلاعات مورد نیاز با استفاده از پرسشنامه و چک‌لیست اخذ شده و با بکارگیری فرض‌های منطقی، اطلاعات اخذ شده به فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴ پارس جنوبی تعمیم داده شده است.

۳- عناصر موظف در سیستم مدیریت پسماند خطرناک در فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴ پارس جنوبی

۳-۱- کاهش در مبدأ

در سیستم‌های مدیریت پسماند صنعتی، معمولاً کاهش در مبدأ با تغییر در نحوه فرایند و یا تغییر مواد اولیه تجلی می‌یابد. صنایع می‌توانند با استفاده از مواد با کیفیت بالاتر تولید پسماند را به حداقل رسانده و یا کیفیت پسماند تولیدی را تا حد مطلوب برای سلامت انسان‌ها و محیط زیست ارتقاء دهند. با اعمال این اصول در عین حالی که هزینه‌های مدیریت پسماند و اجرای قوانین کاهش می‌یابد، خطرات و مسوولیت‌ها در بلندمدت به حداقل می‌رسد. روش‌های متعددی برای کاهش پسماند خطرناک وجود دارد که عبارتند از:

- بازیافت یک پسماند بالقوه یا بخشی از آن در مکان تولید آن
- بهبود فرایند و تجهیزات به‌عنوان اولین چرخه تولید پسماند
- بهبود عملیات مانند نگهداری مطلوب محیط کار، بهبود کنترل و نگهداری تجهیزات، خودکار کردن ابزارهای فرایند، پایش بهتر و ردیابی پسماند، اصلاح گروه‌بندی پسماندها و ادغام آن در محاسبات مربوط به تراز جرمی
- جایگزین کردن مواد خامی که کمتر تولید خطر می‌کنند یا استفاده از مقادیر کوچکتری از این مواد در فرآیند تولید
- طراحی مجدد یا تنظیم دوباره محصولات پایانی

با مروری بر ادبیات موضوع در این رابطه تجارب مشابه قابل توجهی مشاهده نمی‌شود. تنها در برخی موارد به‌طورکلی به لزوم استفاده از موادی با کیفیت مناسب در واحدهای فرایندی اشاره شده است. در نهایت تعیین چگونگی کاهش نرخ تولید پسماندی حاصل از فرایند پالایش گاز و به عبارتی افزایش طول عمر اجزای هر واحد مساله‌ای است که بایستی توسط کارشناسان فنی مربوطه که در حال حاضر در این صنعت فعالیت می‌نمایند انجام شود. بنابراین در زمینه مدیریت پسماندهای تولیدی در فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴، عنصر کاهش در مبدأ نمی‌تواند به‌طور تاثیرگذار طراحی و اجرا شود.

۳-۲- تولید

۳-۲-۱- شناسایی پسماندهای تولیدی

پسماندهای تولیدی در پالایشگاه گازی فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴، عمدتاً شامل پسماندهای شهری (خانگی و اداری) و صنعتی می‌باشد. پسماندهای صنعتی عمدتاً مربوط به واحدهای فرایندی بوده که قسمت عمده آن در زمره پسماندهای خطرناک طبقه‌بندی می‌شوند. با توجه به عدم شروع به‌کار پروژه، تخمین دقیق کمیت پسماندهای صنعتی تولیدی امکان‌پذیر نمی‌باشد. لذا به‌منظور برآورد کمیت و کیفیت پسماندهای صنعتی تولیدی فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴، علاوه بر استفاده از مطالعات انجام شده در خصوص مدیریت پسماند در سایر فازهای مشابه [۴-۶]، بازدیدی از پالایشگاه فازهای ۴ و ۵ انجام شده و با مصاحبه با مسوولین بخش مدیریت پسماند این پالایشگاه و فرض‌های منطقی، کمیت و کیفیت پسماندهای صنعتی فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴ پیش‌بینی شده است. جدول ۱ کلیه واحدهای فرایندی و پسماندهای تولیدی در هر واحد را به همراه کمیت و تواتر تولید هر پسماند نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: پسماندهای تولیدی در پالایشگاه گازی فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴ پارس جنوبی به تفکیک واحدهای فرایندی

ردیف	واحد تولیدکننده	نام پسماند	ترکیبات احتمالی	کمیت تقریبی	تواتر تولید
۱	شیرین‌سازی گاز ۱۰۱ (فیلتر کوالسر)	کارتریج	گاز ترش	۸ عدد	سالانه
۲	فیلتراسیون پکیج ۱۰۱ (Precoat filter) (Charcoal)	ضایعات فیلتراسون آمین GAC 830	Reduced sulfur، MDEA، آنتی‌فوم، هیدروکربن‌ها	۱/۳۶ تن در سال ۱۲/۲ تن در سال	هر شش ماه یکبار
۳	فیلتراسیون پکیج ۱۰۱ (Cartridge)	کارتریج	آمین MDEA	۱۶ عدد	سالانه
۴	احیا گلیکول ۱۰۲	کارتریج زغال فعال	آب حاوی گلایکول	۲۶ عدد ۴۰ تن	بین یک تا سه سال
۵	تثبیت میعانات گازی ۱۰۳	فیلتر کارتریج	آب حاوی گلایکول	۴ عدد	هر سه ماه یک بار
۶	نمزدایی گاز ۱۰۴	سرامیک بال ۱/۲ اینچ سرامیک بال ۱/۴ اینچ سرامیک بال ۱/۸ اینچ سرامیک بال ۱ اینچ	گاز	۱۲ تن ۱۲ تن ۱۲ تن ۲۱ تن	هر سه سال یکبار
۷	نمزدایی گاز ۱۰۴	بستر غربال مولکولی شامل: الف- Siliporit P 1.6 ب- Siliporit P 3.2	گاز	۱۹۲ تن ۱۶۸ تن	هر سه سال یکبار
۸	نمزدایی گاز ۱۰۴	بستر حذف جیوه	گاز حاوی جیوه	۸۱ تن	هر سه سال یکبار
۹	نمزدایی گاز ۱۰۴	کارتریج	گاز شیرین	۷۰ عدد	بین یک تا سه سال
۱۰	بازیافت گوگرد (راکتورها) ۱۰۸	کاتالیست راکتور CR3S	گاز اسیدی	۲۱۰ تن	هر سه سال یکبار
		کاتالیست CRS31		۱۳۰ تن	هر سه سال یکبار
		سرامیک بال		۳۹۰ تن	بستگی به شرایط عملیاتی دارد.
۱۱	پشتیبان تثبیت میعانات گازی ۱۱۰	فیلتر کارتریج	آب حاوی گلایکول	۲ عدد	بستگی به شرایط عملیاتی دارد
۱۲	احیای کاستیک (اکسیدایزر) ۱۱۳	سرامیک بال	کاستیک و روغن دی‌سولفاید	۳۲ تن	بستگی به شرایط عملیاتی دارد
۱۳	احیای کاستیک (فیلتر شنی کاستیک) 113-F-112/212	شن سرامیک بال ۱/۸ اینچ	کاستیک و روغن دی‌سولفاید	۵۰۰ کیلوگرم ۳۵۰ کیلوگرم	بستگی به شرایط عملیاتی دارد
۱۴	احیای کاستیک (فیلتر کربن) 113-F-111/211	نمک Na_2S روغن دی‌سولفاید	کاستیک روغن دی‌سولفاید	۲۰۰ تن ۲ مترمکعب در روز	هر سه سال یکبار دائمی
۱۵	مرکاپتان‌زدایی پروپان ۱۱۴	بستر غربال ملکولی NK20COS سرامیک بال ۱ اینچ سرامیک بال ۱/۴ اینچ	پروپان مایع	۱۴ تن ۳ تن ۷۵۰ کیلوگرم	هر سه سال یکبار

www.SID.ir

Archive of SID

ردیف	واحد تولیدکننده	نام پسماند	ترکیبات احتمالی	کمیت تقریبی	تواتر تولید
۱۶	مرکاپتان‌زدایی پروپان (فیلتر شنی) 114F-111/211	شن سرامیک بال ۱/۸ اینچ	پروپان مایع	۳۷ تن ۶ تن	بستگی به شرایط عملیاتی دارد
۱۷	مرکاپتان‌زدایی پروپان (فیلتر کارتریج) 114-F- 101 A/B	کارتریج	پروپان مایع	۸۸ عدد	بستگی به شرایط عملیاتی دارد
۱۸	مرکاپتان‌زدایی بوتان ۱۱۵	بستر غربال ملکولی NK20COS سرامیک بال ۱ اینچ سرامیک بال ۱/۴ اینچ	بوتان مایع	۶ تن ۲ تن ۱ تن	هر سه سال یکبار
۱۹	مرکاپتان‌زدایی بوتان (فیلتر شنی) 115-F-111/211	شن سرامیک بال ۱/۸ اینچ	بوتان مایع	۲۰ تن ۴ تن	بستگی به شرایط عملیاتی دارد
۲۰	مرکاپتان‌زدایی بوتان (فیلتر کارتریج) 115-F-101 A/B	کارتریج	بوتان مایع	۴۸ عدد	بستگی به شرایط عملیاتی دارد
۲۱	تصفیه اتان ۱۱۶	کارتریج	اتان	۷۲ عدد	بستگی به شرایط عملیاتی دارد
۲۲	تصفیه اتان ۱۱۶ فیلتراسیون امین	کارتریج	آمین DEA	۶ عدد	بستگی به شرایط عملیاتی دارد
۲۳	تصفیه اتان ۱۱۶ فیلتراسیون امین	ضایعات فیلتراسیون آمین GAC 830	آمین DEA	۱۰۰ کیلوگرم ۱۰ تن	ماهانه سالانه
۲۴	تصفیه اتان ۱۱۶	بستر غربال مولکولی Siliporite NK 20	اتان	۳۰ تن	هر سه سال یکبار
۲۵	تصفیه اتان ۱۱۶	سرامیک بال ۱ اینچ سرامیک بال ۱/۴ اینچ	اتان	۴/۵ تن ۴/۵ تن	بستگی به شرایط عملیاتی دارد
۲۶	تولید بخار آب ۱۲۱	رزین کربن فعال	-	نامعلوم	سالانه هر سه سال یکبار
۲۷	تولید هوای ابزار دقیق ۱۲۳	روغن فرسوده فیلتر کارتریج	-	۱۵۰۰ لیتر ۴ عدد	سالانه هر دو سال یکبار
۲۸	تصفیه فاضلاب ۱۲۹	لجن	هیدروکربن‌ها و سولفیدآهن	۴۰۰ کیلوگرم	روزانه
۲۹	حوضچه سوزان ۱۴۲	خاکستر	-	نامعلوم	در زمان فعالیت حوضچه
۳۰	ذخیره مواد شیمیایی ۱۴۶	ظروف فلزی	مواد شیمیایی	نامعلوم	روزانه

۳-۲-۱- طبقه‌بندی پسماندهای تولیدی

پس از شناسایی انواع پسماندها که از دیدگاه منبع تولید انجام می‌گیرد، می‌بایست پسماندهای تولیدی از لحاظ ماهیت و اثرگذاریشان طبقه‌بندی شوند. آنچه در این مقوله بیشتر مورد توجه قرار دارد، تقسیم‌بندی پسماند به دو گروه پسماندهای عادی و پسماندهای خطرناک می‌باشد. چراکه علاوه بر اثرات متفاوتی که این دو گروه پسماند بر انسان و محیط زیست دارند، از دیدگاه قانونی نیز متولی این دو گروه پسماند متفاوت می‌باشد. با توجه به اینکه در حال حاضر حدود تشخیص ویژگی‌های خطرناک بودن پسماندهای خطرناک توسط آیین‌نامه قانون مدیریت پسماند تهیه نشده است، از تعاریف ارائه شده توسط

www.SID.ir

Archive of SID

سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) و تعاریف مندرج در کنوانسیون بازل جهت طبقه‌بندی پسماندها استفاده شده است. تعریف پایه پسماند خطرناک در کنوانسیون بازل و EPA یکسان بوده و تنها نحوه کدگذاری آنها متفاوت می‌باشد. بنا به تعریف، پسماند خطرناک به پسماندی اطلاق می‌شود که دارای یکی از ویژگی‌های اشتعال‌پذیری و قابلیت انفجار، سمیت، خورندگی و واکنش‌پذیری بوده و یا در فهرست‌های تهیه شده در چارچوب قانون حفاظت و احیای منابع ایالات متحده آمریکا (RCRA) و یا پیوست شماره ۳ کنوانسیون بازل ثبت شده باشد [۷].

در مورد پسماندهای تولیدی در فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴ از هر دو گروه تعاریف پایه و فهرست‌های مربوطه استفاده شده است. ولی در عین حال با توجه به تاکید قانون مدیریت پسماند بر کنوانسیون بازل، در این مطالعه از فهرست پیوست‌های شماره ۱ و ۸ کنوانسیون بازل برای طبقه‌بندی پسماندهای خطرناک استفاده شده است. برای تکمیل کدگذاری پسماندهای خطرناک فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴ از روش کدگذاری اتحادیه اروپا که به نوعی تکمیل کننده پیوست‌های کنوانسیون بازل می‌باشد نیز استفاده شده است (جدول ۲).

جدول ۲: طبقه‌بندی و کدگذاری پسماندهای خطرناک در پالایشگاه گازی فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴ پارس جنوبی

پسماند	کدگذاری بر اساس پیوست I کنوانسیون بازل	کدگذاری بر اساس پیوست VIII کنوانسیون بازل	کدگذاری بر اساس اتحادیه اروپا
کارتریج	Y8	A4160	150202
زغال فعال	Y9	A4160	150202
سرامیک بال	Y9	-	150202
بستر غربال مولکولی	Y9	A2030	-
بستر جداسازی جیوه	Y29	A1030	060405
کاتالیست‌ها	Y9	-	-
روغن فرسوده	Y8	-	130113
روغن دی‌سولفاید	Y8	-	130113 130206
فیلتر شنی	Y8	-	150202
ضایعات فیلتراسیون آمین	Y9	-	150202
خاکستر	Y18	-	-
لجن	Y18	-	-
نمک Na2S	Y35	-	-

۳-۳- ذخیره در محل، جمع‌آوری و حمل و نقل

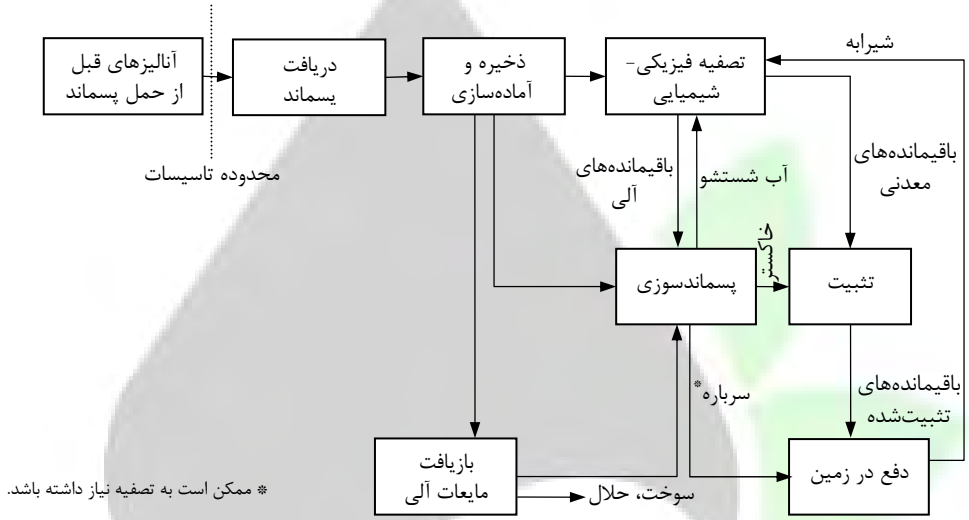
به‌طور کلی طراحی این سه عنصر (به‌خصوص در مورد پسماندهای خطرناک) عمدتاً شامل ارائه دستورالعمل‌های مدون ملی و بین‌المللی بوده و آنچه در این خصوص از اهمیت زیادی برخوردار است، نظارت بر اجرای صحیح این دستورالعمل‌ها می‌باشد. در خصوص عنصر موظف ذخیره در محل، مشخصات ظروف نگهداری پسماند، نحوه برچسب‌گذاری ظروف و شرایط محل نگهداری ظروف از جمله مواردی است که می‌بایست استانداردها و دستورالعمل‌های ارائه شده در خصوص آن به دقت رعایت شود. همچنین رعایت مباحث مربوط به سازگاری پسماندهای خطرناک در محل نگهداری پسماندها نیز می‌بایست مدنظر قرار گیرد. در خصوص جمع‌آوری و حمل و نقل نیز رعایت دستورالعمل بارگیری، حمل و تخلیه پسماندها از موارد مهم بوده و در کنار آن تعیین مشخصات تجهیزات حمل و نقل و رعایت نکات ایمنی می‌بایست مدنظر مجریان سیستم مدیریت پسماند قرار گیرد. هرچند استانداردها و دستورالعمل‌های مذکور در مراجع مختلف آورده شده است، اما نکات مهم و کلیدی این دستورالعل‌ها در کتاب مدیریت پسماند خطرناک خلاصه شده است [۳].

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۴- تاسیسات مدیریت پسماند خطرناک

همان‌گونه که ذکر شد بخش دوم از طراحی مفهومی سیستم مدیریت پسماندهای خطرناک در فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴ پارس جنوبی مربوط به تاسیسات مدیریت پسماند خطرناک می‌باشد. طبق ماده ۲۲ از آیین‌نامه اجرایی قانون مدیریت پسماندها (مصوب ۱۳۸۴)، سازمان حفاظت محیط زیست می‌بایست محل‌های مناسب جهت دفع پسماندهای ویژه را مشخص نموده و از طریق وزارت‌خانه‌های کشور و صنایع و معادن در اختیار تولیدکنندگان پسماند خطرناک قرار دهد [۸]. در ادامه تولیدکنندگان می‌بایست تاسیسات مدیریت پسماند خطرناک خود را طراحی و در محل‌های مذکور اجرا نمایند. متداول‌ترین تاسیسات در مدیریت پسماندهای خطرناک (به جز تاسیسات ذخیره‌سازی) شامل بازیافت/ بازچرخش، تصفیه و دفع در زمین می‌باشد. اگرچه در مورد برخی از پسماندهای خاص، نیاز به ترکیبی از تاسیسات ذکر شده می‌باشد که یک تاسیسات تلفیقی مدیریت پسماند را تشکیل می‌دهند. شکل ۲ نمونه‌ای از تاسیسات تلفیقی مدیریت پسماند را نشان می‌دهند.



شکل ۲: نمودار مدیریت پسماند در تاسیسات تلفیقی مدیریت پسماند خطرناک

به‌منظور ارائه یک چارچوب کلی برنامه مدیریت پسماند بر مبنای گروه‌های سه‌گانه اشاره شده، پسماندهای خطرناک تولیدی در پالایشگاه گازی فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴ به چهار دسته شامل: ۱- پسماندهای جامد با ترکیبات آلی؛ ۲- پسماندهای جامد با ترکیبات معدنی؛ ۳- پسماندهای نیمه‌جامد؛ و ۴- پسماندهای مایع تقسیم می‌شوند. در ادامه با توجه به خصوصیات هر گروه از پسماندهای خطرناک تولیدی در فازهای ۲۲ تا ۲۴، یک یا تلفیقی از روش‌های فوق انتخاب می‌شود.

۳-۴-۱- پسماندهای جامد با ترکیبات آلی

این پسماندها عمدتاً شامل زغال فعال و ضایعات pre coat می‌باشد. زغال فعال که در واحدهای ۱۰۱، ۱۰۲ و ۱۱۶ جهت فیلتراسیون بکار می‌رود، بسته به شرایط عملیاتی به‌طور متوسط هر ساله از مدار خارج شده و تبدیل به پسماند می‌شود. همچنین ضایعات pre coat که به‌منظور حذف مواد مضر برای سایر بسترهای جذب در واحدهای ۱۰۱ و ۱۱۶ بکار می‌رود، از جنس کربن بوده آغشته به MDEA، Reduced sulfur، آنتی‌فوم و هیدروکربن‌ها است. این مواد نیز پس از مدت زمان تقریبی یک سال خاصیت جذب خود را از دست می‌دهد و به‌عنوان پسماند از سیستم خارج می‌شود. با توجه به ماهیت این پسماندها که غالباً از جنس کربن می‌باشند، پسماندسوزی می‌تواند علاوه بر استحصال انرژی در شرایط خاص (بازیافت) با کاهش حجم این پسماندها (تصفیه)، شرایط را برای دفع هرچه ساده‌تر آنها مهیا کند. استحصال یا عدم استحصال انرژی در سوزاندن این پسماندها، تصمیمی است که به مشخصات جزیی‌تر پسماند نظیر ارزش حرارتی و همچنین امکان‌سنجی روش‌های مختلف استفاده از انرژی به‌دست آمده وابسته است. در هر دو حالت خاکستر باقیمانده از فرایند سوزاندن پسماند، غیرقابل استفاده بوده

www.SID.ir

Archive of SID

و می‌بایست به‌طور مستقیم و یا پس از تثبیت، در زمین دفن شود. شکل ۳- الف نمونه‌ای از زغال فعالی که به شکل پسماند در آمده است را نشان می‌دهد.

۳-۴-۲- پسماندهای جامد با ترکیبات معدنی

قسمت اعظم پسماندهای خطرناک تولیدی در پالایشگاه گازی فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴ شامل پسماندهایی است که ترکیب عمده آنها از مواد معدنی تشکیل شده و معمولاً از جنس سیلیس و آلومینیوم می‌باشند. این پسماندها شامل سرامیک بال، بستر غربال مولکولی و بستر حذف جیوه می‌باشند. این مواد که به‌منظور فیلتر کردن اجزای مختلف سیال در واحدهای مختلف فرایندی استفاده می‌شوند، پس از اشباع شدن و عدم امکان بازیابی مجدد، به‌صورت پسماند از مدار خارج می‌شوند. تولید این پسماندها به‌صورت مقطعی بوده و تواتر آن به شرایط عملیاتی وابسته است (معمولاً بین شش ماه تا سه سال). شکل ۳- ب نمونه‌ای از بستر غربال مولکولی را که بر اثر تنش‌های متناوب دمایی خرد شده است، نشان می‌دهد.

با توجه به ماهیت این پسماندها که عمدتاً غیرقابل بازیافت و سوزاندن هستند، گزینه دفن بهداشتی و یا تثبیت/دفن بهداشتی برای این گروه پیشنهاد می‌شود. وجود و یا عدم وجود فرایند تثبیت قبل از دفن بهداشتی وابسته به نتایج آزمایش TCLP در دو حالت با و یا بدون تثبیت می‌باشد.

علاوه بر پسماندهای ذکر شده، کارتریج‌ها و شن اشباع شده از عملیات فیلتراسیون را نیز می‌توان در این گروه قرار داد و با توجه به ابعاد کارتریج‌ها که عملیات تثبیت را دچار مشکل می‌کند، گزینه دفن بهداشتی برای این پسماندها پیشنهاد می‌شود.

کاتالیست‌ها نیز از جمله مواد زاید صنعتی تولیدی در فرایند پالایش گاز است که نحوه مدیریت آنها، با توجه به نوع کاتالیست متفاوت می‌باشد. کاتالیست‌ها که برای افزایش سرعت واکنش در واحد ۱۰۸ استفاده می‌شوند، بسته به نوع آن پس از گذشت یک تا سه سال خاصیت خود را از دست داده و به‌صورت پسماند از سیستم خارج می‌شوند. شکل ۳- ج نمونه‌ای از ضایعات کاتالیستی را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه کاتالیست‌ها از مواد نسبتاً گران قیمت ساخته شده‌اند و یا دفن آنها در زمین ایجاد مسائل مختلف زیست محیطی می‌نماید، عموماً جهت بازیابی مجدد به کارخانه سازنده ارسال می‌گردند و به‌طور کلی این مواد قابل بازیافت می‌باشند. در موارد خاصی که برخی از کاتالیست‌ها قابلیت بازیابی دوباره را ندارند، روش تثبیت/دفن در زمین برای این پسماندها پیشنهاد می‌شود.

۳-۴-۳- پسماندهای نیمه‌جامد

لجن‌ها که قسمت عمده‌ای از پسماندها را در فرایند پالایش گاز تشکیل می‌دهند، جزء این گروه از پسماندها قرار دارند. لجن حاصل از حوضچه‌های خنثی‌سازی، Catch pit و Storm basin و لجن حاصل از بخش‌های مختلف واحد تصفیه پساب (واحد ۱۲۹) در این گروه قرار می‌گیرند. این لجن‌ها عمدتاً دارای ترکیبات هیدروکربنی و ترکیات آهن و گوگرد می‌باشد. با توجه به اینکه قابل بازیافت و سوزاندن نمی‌باشند، پیشنهاد می‌شود پس از انجام یک سری فرایندهای تصفیه (نظیر آبگیری و خشک کردن) در زمین دفن شوند.

۳-۴-۴- پسماندهای مایع

یکی از مهم‌ترین پسماندهایی که در پالایشگاه‌های گازی تولید می‌شود، روغن دی‌سولفاید یا DSO می‌باشد. این پسماند که از فرایند مرکاپتان‌زدایی و احیاء کاستیک حاصل می‌شود، به‌صورت روغن بوده و دانسیته آن نزدیک به آب است. نحوه تولید DSO به شکل زیر می‌باشد:

$$CH_3-SH \xrightarrow{NaOH} CH_3-SNa \xrightarrow{O_2} CH_3-S-S-CH_3$$
$$C_2H_5-SH \xrightarrow{NaOH} C_2H_5-SNa \xrightarrow{O_2} C_2H_5-S-S-C_2H_5 \qquad (۱)$$
$$C_2H_5-SH \ , \ CH_3-SH \xrightarrow{NaOH} C_2H_5-SNa \ , \ CH_3-SNa \xrightarrow{O_2} C_2H_5-S-S-CH_3$$

www.SID.ir

Archive of SID

واکنش‌های فوق نشان می‌دهد در شرایط مختلف سه محصول مزاحم به‌نام‌های Dimethyl DSO، Diethyl DSO و Methyl Ethyl DSO تولید می‌شود که هر سه به‌عنوان پسماند از سیستم خارج می‌شود. تولید این پسماند دائمی و مقدار تقریبی آن ۲ مترمکعب در روز می‌باشد. با توجه به ترکیب این پسماند که دارای ترکیبات هیدروکربنی می‌باشد، سوزاندن آن در پسماندسوز می‌تواند به‌عنوان گزینه پیشنهادی مطرح شود. همچنین در صورت عدم امکان سوزاندن به‌دلیل مشکلات آلودگی هوا و هزینه‌های پسماندسوزی، دفع این نوع پسماند در زمین می‌تواند به‌عنوان گزینه بعدی مطرح باشد. دفع در زمین شامل دفن بهداشتی و تزریق به چاه‌های عمیق است که در هر دو حالت می‌بایست به محصورسازی محل توجه خاص داشت.

در روش تزریق DSO به چاه عمیق، این پسماند به یک یک چاه متخلخل و عمیق حاوی آب نمک تزریق می‌شود. توجه به لایه‌های زمین‌شناسی در این نوع عملیات دفع از اهمیت خاصی برخوردار است. چاه حاوی پسماند باید به اندازه کافی از سفره‌های آب زیرزمینی فاصله داشته و لایه بالایی محل تزریق پسماند غیرقابل نفوذ باشد. چاه تزریقی شامل لوله‌های تزریق می‌باشد. این لوله‌ها توسط یک‌سری غلاف‌های متحدالمرکز که فاصله بین آنها با سیمان و مایعات غیرخوردنده پر شده است، حفاظت می‌شوند. این پوسته‌ها از نشت مواد به ساختارهای اطراف چاه جلوگیری می‌کند.

در صورت نیاز به دفن بهداشتی این پسماند و با توجه به خصوصیات روان‌گرایی آن، فرایند جامدسازی و تثبیت این پسماند به‌عنوان تصفیه قبل از دفن ضروری به‌نظر می‌رسد. تثبیت یکی از بخش‌های اصلی در دفن بهداشتی پسماندهای خطرناک می‌باشد. برخی از پسماندها تنها زمانی قابل دفن می‌باشند که قبلاً تصفیه شده باشند ولی اکثر پسماندهایی که قابل دفن نیستند بعد از تثبیت امکان دفن پیدا می‌کنند. در واقع تثبیت، افزودن معرف‌ها به پسماند است تا پتانسیل پخش آلودگی و سمیت آن کاهش یابد. جامدسازی عبارتست از تبدیل مایع یا پسماند آبکی به جامد با افزودن ماده جامد یا دیگر معرف‌ها. استفاده از فرایند تثبیت و جامدسازی برای پسماندهای حاوی مواد آلی (نظیر DSO) کاربرد زیادی دارد.

روغن‌های زاید و تعویضی حاصل از دستگاه‌های مختلف نیز از جمله مهم‌ترین زایدات فرایند پالایش گاز است که در گروه پسماندهای مایع قرار می‌گیرند. روغن‌های حاصل از روانکاری دستگاه‌ها، روغن‌های تولیدی در CPI واحدها، روغن نشتی از دستگاه‌های مختلف نظیر کمپرسورها، توربین‌ها و غیره در این دسته از زائدات قرار می گیرند. با توجه به استفاده از این پسماندها در صنایع دیگر و امکان بازیافت آنها، لذا ذخیره‌سازی و فروش این نوع پسماندها به سایر صنایع پیشنهاد می‌شود.

الف ب ج

شکل ۳: نمونه‌ای از ضایعات تولیدی در فرایند پالایش گاز؛ الف) زغال فعال؛ ب) بستر غربال مولکولی؛ و ج) کاتالیست

۴- نتیجه‌گیری

یکی از مهم‌ترین اثرات پالایشگاه گازی فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴ پارس جنوبی، تولید پسماند می‌باشد که این پسماندهای تولیدی بعضاً می‌توانند شامل عناصر و یا ترکیبات خطرناک باشند. بر همین اساس مدیریت مناسب مواد زائد صنعتی و یا خطرناک به منظور کاهش و کنترل آلودگی محیط زیست و نیز احیای منابع از طریق بازیافت مواد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از آنجاکه قانون مدیریت پسماند که در سال ۱۳۸۳ به تصویب رسیده است، صراحتاً اعلام می‌دارد که کلیه تولیدکنندگان پسماند ویژه ملزم به مدیریت پسماندهای تولیدی خود هستند، لذا اجرای برنامه مدیریت پسماند در پالایشگاه‌های گازی نه تنها از نظر

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش اثرات زیست‌محیطی طرح بلکه از لحاظ قانونی نیز الزامی است. ازآنجاکه در حال حاضر پالایشگاه گازی فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴ به بهره‌برداری نرسیده است، لذا در این مرحله طراحی مفهومی سیستم مدیریت پسماند در این پالایشگاه قابل انجام بوده و هدف اصلی از این تحقیق ارائه برنامه مفهومی مدیریت مواد زاید صنعتی، از طریق شناسایی و طبقه‌بندی مواد زائد صنعتی در فرآیند پالایش گاز در فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴ می‌باشد. بدین منظور پس از شناسایی پسماندهای تولیدی، کلیه پسماندهای صنعتی به چهار گروه تقسیم‌بندی شده و برای هر بخش روش مدیریت پسماند پیشنهاد شده است. به‌طور خلاصه جدول ۳، روش کلی پیشنهادی برای مدیریت پسماندهای تولید شده را در فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴ نشان می‌دهد. بدیهی است نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند به‌عنوان سند بالادستی در مطالعات تفصیلی سیستم مدیریت پسماند در فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴ پارس جنوبی (وحتی فازهای مشابه) مورد استفاده قرار گیرد.

جدول۳: پسماندهای صنعتی تولیدی در پالایشگاه گازی فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴ پارس جنوبی و روش پیشنهادی مدیریت آنها

ردیف	پسماند	روش پیشنهادی مدیریت پسماند	ردیف	پسماند	روش پیشنهادی مدیریت پسماند
۱	کارتریج	دفن بهداشتی	۸	روغن دی‌سولفاید	تصفیه/ دفن بهداشتی
۲	زغال فعال	پسماندسوزی/دفن بهداشتی	۹	فیلتر شنی	دفن بهداشتی
۳	سرامیک بال	تصفیه/دفن بهداشتی	۱۰	ضایعات فیلتراسیون آمین	پسماندسوزی/ دفن بهداشتی
۴	بستر غربال مولکولی	تصفیه/دفن بهداشتی	۱۱	خاکستر	تصفیه/ دفن بهداشتی
۵	بستر جداسازی جیوه	تصفیه/دفن بهداشتی	۱۲	لجن	تصفیه/ دفن بهداشتی
۶	کاتالیست‌ها	بازیافت/دفن بهداشتی	۱۳	ظروف فلزی مستعمل	بازیافت
۷	روغن فرسوده	بازیافت/ تصفیه/ دفن بهداشتی			

تشکر و قدردانی

مطالب ارایه شده در این مقاله، بخشی از مطالعاتی است که در چارچوب پروژه "مطالعات ارزیابی اثرات زیست‌محیطی (EIA) طرح توسعه فازهای ۲۲، ۲۳ و ۲۴ پارس جنوبی در سایت ۲ (اختر) استان بوشهر" توسط شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس انجام شده است. نویسنده این مقاله بر خود لازم می‌داند مراتب قدردانی خویش را از مجری طرح - شرکت نفت و گاز پارس- به دلیل همکاری در اخذ اطلاعات مورد نیاز اعلام نماید.

مراجع

۱. سازمان منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس، ۱۳۹۱، برگرفته از سایت http://pseez.ir/database-refinery-fa.html.

۲. حاجی‌زاده، م.، قیصریان‌فرد، ج. و قاسمی، ع.، ۱۳۹۱، "مدیریت و تفکیک پسماندها و شناسایی ضایعات صنعتی در پالایشگاه پنجم شرکت مجتمع گاز پارس جنوبی و ارائه راهکار بهینه جهت دفع و تخلیه آنها"، دومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست، تهران.

۳. عبدلی، م.ع.، جلیلی قاضی‌زاده، م. و سمیعی‌فرد، ر.، ۱۳۸۹، "مدیریت پسماندهای خطرناک"، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۵۸ صفحه.

۴. سلطان‌پور، ط. و محمدزاده، ر.، ۱۳۹۰، "بررسی کمیت وکیفیت پسماندهای صنعتی و ویژه پالایشگاه سوم (فاز ۴ و ۵) شرکت مجتمع گاز پارس جنوبی"، دومین همایش ملی مدیریت پساب و پسماند در صنایع نفت و انرژی، تهران.

۵. میرابی، م.، جعفرزاده، م.ت. و عباسی، م.، ۱۳۸۹، "مدیریت پسماند در پالایشگاه گاز سرخون و قشم"، چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران.

۶. بهمن‌نیا، غ.، ۱۳۸۷، "ارائه طرح جدید سیستم مدیریت پسماندها در یک واحد صنعتی مورد مطالعاتی - پالایشگاه گاز سرخون"، دومین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران.

7. Jalili Ghazizade, M. & Safari, E., 2010, "Landfilling of produced spent pot liner in aluminium industries: proposed method in developing countries", first International Conference on Final Sinks, September, Vienna, Austria.

۸. علیزاده، م. و پاداش، الف.، ۱۳۸۹، "مروری بر قوانین و مقررات مواد زائد خطرناک؛ مجموعه شماره ۱: پسماندهای صنعتی"، موسسه بین‌المللی مدیریت محیط زیست نواندیشان امین، ۹۶ صفحه، تهران.

www.SID.ir