

کمینه‌سازی پسماندهای پتروشیمی با استفاده از رویکرد ۳R: مطالعه موردی در منطقه صنعتی عسلویه، ایران

محسن رحیمیان^{*۱}

*۱- کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش محیط‌زیست، دانشکده مهندسی عمران آب و محیط‌زیست، دانشگاه شهید بهشتی تهران

چکیده

با وجود گذشت یک دهه از شروع مدیریت پایدار پسماندها با استفاده از رویکرد ۳R (کاهش در مبدأ، استفاده مجدد و بازیافت)، تا به حال کاربرد این رویکرد در کمینه‌سازی پسماندهای پتروشیمی در ایران به کار گرفته نشده است. از این رو در این تحقیق به بررسی کاربرد این رویکرد بر روی پسماندهای تولیدی مجتمع الفین یازدهم منطقه ویژه اقتصادی پارس جنوبی پرداخته شده است. نتایج بررسی نشان می‌دهد که در این مجتمع سالانه حدود ۲۶۵ تن پسماند صنعتی و ۴۰۸ تن پسماند غیرصنعتی تولید می‌شود که شیوه دفع آن غالباً به صورت دفن در لندفیل‌های شهری است. از این رو پسماندهای تولیدی مجتمع با استفاده از ضرایب درصد وزنی و درجه خطرناکی، امتیازبندی شده و پسماندهایی که امتیاز بیشتر از ۸ کسب کرده‌اند به عنوان پسماندهای حائز اولویت کمینه‌سازی انتخاب گردیدند. از ۱۱ پسماند حائز اولویت کمینه‌سازی، ۷ پسماند جز پسماندهای خطرناک و ۴ پسماند جز پسماندهای غیرخطرناک مجتمع هستند. در نهایت راهکارها و روش‌های کمینه‌سازی پسماندهای حائز اولویت کمینه‌سازی ارائه شده است که نشان‌دهنده اولویت بالای روش بازیافت برای پسماندهای تولیدی مجتمع الفین یازدهم است. این مطالعه می‌تواند به عنوان مثالی از یک سیستم پایدار کمینه‌سازی پسماند در صنعت پتروشیمی مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: پسماندهای پتروشیمی، رویکرد ۳R، واحد الفین، کمینه‌سازی پسماند، متدولوژی تحلیل حالات و اثرات خطا

مقدمه

افزایش سریع جمعیت، توسعه اقتصادی و تلاش‌های مداوم برای بهبود کیفیت زندگی منجر به تخلیه روزافزون منابع طبیعی کره زمین و ایجاد طیف وسیعی از مواد زائد جامد دورریز در محیط‌زیست شده است. در طی چند دهه گذشته، روند مدیریت پسماند و حفاظت از محیط‌زیست با استفاده از روش‌های تولید پاک‌تر (کاربرد مستمر یک استراتژی محیط‌زیستی جامع برای فرآیند محصولات و خدمات، به‌منظور افزایش بازدهی کلی و کاهش آثار زیان‌آور برای انسان و محیط‌زیست) و اکولوژی صنعتی (تعادل توسعه صنعتی با استفاده پایدار از منابع طبیعی) توسعه یافته است تا باعث کاهش استفاده از منابع طبیعی گردد (Zamorano et al., 2011). از دیدگاه توسعه پایدار، مدیریت پسماند از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (Baud et al., 2001). فرآیندهای تولید در یک اکوسیستم صنعتی به‌سادگی مقدار مواد در چرخش را از شکلی به شکلی دیگر تبدیل می‌کند؛ با این حال، بازیابی هم‌کامکان مستلزم صرف انرژی و تولید ضایعات و فرآورده‌های جانبی مضر است ولی در سطحی بسیار پایین‌تر از سطح امروزی.

رویکردهای متنوعی از مدیریت پسماند در کشورهای مختلف ارائه شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به اقتصاد مدور در چین، پسماند صفر در استرالیا و همزیستی صنعتی در اروپا اشاره کرد (Zaman, 2014; Simboli et al., 2014; Ma et al., 2014). همه این رویکردها دارای هدف مشترکی هستند؛ یعنی تبدیل پسماند یک سیستم تولیدی به‌عنوان ماده اولیه سیستم دیگر. این هدف بر چرخه عمر محصول به‌عنوان یک سیستم حلقه بسته از منابع و انرژی تأکید دارد که به‌صورت رویکرد کلی ۳R (کاهش در مبدأ، استفاده مجدد و بازیافت) مطرح می‌شود. البته در رویکرد ۳R به‌طور ویژه تمرکز بر کاهش پسماند تولیدی از مبدأ است و بعد از آن بر روی گزینه‌های استفاده مجدد و بازیافت تأکید می‌شود (Wu et al., 2014). رویکرد ۳R با هدف کاهش پسماند به مقدار صفر یا کاهش دفن پسماند به صفر در بسیاری از کشورهای جهان به‌ویژه در کشورهای آسیایی

مانند ژاپن، چین و کره جنوبی مورد توجه قرار گرفته است (Sakai et al., 2011).

مدیریت پسماندهای پتروشیمی به‌دلیل وجود انواع مختلف پسماندها و آلاینده‌ها، پیروهای دشوار است. هم‌چنین به‌دلیل مسائل محیط‌زیستی و پتانسیل بالای آلودگی ناشی از پسماندهای پتروشیمی، مدیریت آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. انتشار آلاینده‌های آلی در هوا، نشت فلزات سنگین در آب‌های زیرزمینی و دفع غیربهداشتی پسماندها همگی از جمله چالش‌های مدیران صنایع و کارشناسان محیط‌زیست است (کریم پورزهرایی و همکاران، ۱۳۹۶؛ Abdul et al., 2006). دفن پسماندها یک روش معمول برای دفع پسماندهای پتروشیمی در ایران است که متأسفانه این سایت‌های دفن پسماند نیز اغلب به‌خوبی طراحی نشده و باعث افزایش بار محیط‌زیستی و نگرانی‌های بهداشتی عمومی می‌شود؛ بنابراین بسیار مهم است که جریان دفن پسماندها را به سمت استفاده مجدد و بازیافت این مواد سوق داد (Menikpura et al., 2012).

شاید تعیین دقیق تمام مراکز تولید پسماند و یا انواع و اجزاء مواد با توجه به گستردگی صنایع پتروشیمی و نیز پیچیدگی‌های تولید، امری سخت و دشوار باشد؛ با این حال مدیریت این مواد زمانی قابل ارزیابی و ارزش‌گذاری خواهد بود که به روشی ایمن برای حفظ سلامت انسان و محیط‌زیست در دفع آن‌ها منتهی شود. بر این اساس، برنامه‌ریزی دقیق برای هر یک از مراحل مدیریت پسماند به دانستن اجزاء تشکیل‌دهنده آن بستگی دارد. دانستن این‌که چه بخشی از پسماند تولیدی مرطوب است و یا ماهیت آلی داشته و قابل تجزیه بیولوژیکی است، در تدوین استراتژی دفع و تصفیه آن‌ها قطعاً تأثیرگذار خواهد بود. هم‌چنین تحلیل اجزاء تشکیل‌دهنده پسماند و نیز ترکیب شیمیایی آن، انجام پردازش، بازیافت و بازیابی مناسب مواد باارزشی را در شرایطی که منابع اولیه و طبیعی آن‌ها رو به کاهش است، امکان‌پذیر می‌کند (Abduli et al., 2006; Jafarnejad, 2016). کارایی مدیریت پایدار پسماند بر اساس رویکرد ۳R در مطالعات متعددی نشان داده شده است؛ اما تمرکز این رویکرد بر روی پسماندهای صنعت

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

مجتمع پتروشیمی کاویان در فاز دوم منطقه ویژه اقتصادی پارس و در ناحیه‌ای به مساحت ۴۳ هکتار در ۳۰۰ کیلومتری جنوب شرقی بندر بوشهر و در حاشیه خلیج فارس واقع شده است. موقعیت مکانی این مجتمع با طول جغرافیایی ۵۲/۵۲۵۵ شرقی و عرض جغرافیایی ۲۷/۵۷۲۲ شمالی در شکل ۱ آورده شده است. این ناحیه که به صورت نواری باریک در کنار خلیج فارس گسترده شده است از شمال به کوه‌های زاگرس و از جنوب به خلیج فارس ختم می‌شود. شرایط آب و هوایی منطقه به طور کلی گرم و خشک است و درجه حرارت هوای منطقه بین ۵ تا بیش از ۵۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی هوا بین ۶۰ تا ۸۸ درصد تغییر می‌کند. میانگین ریزش‌های آسمانی این منطقه حدود ۱۸۰ میلی‌متر در سال برآورد می‌گردد که بیشتر در ماه‌های زمستان و اوایل بهار می‌بارد. طرح پتروشیمی کاویان به عنوان الفین یازدهم از مجموعه طرح‌های توسعه‌ای صنایع پتروشیمی و از جمله طرح‌های فاز دوم منطقه ویژه انرژی پارس در عسلویه است که در سال ۱۳۹۱ به بهره‌برداری رسیده است.

پتروشیمی کمتر مورد توجه قرار گرفته است (Memon, 2010; Sakai et al., 2011; Manaf et al., 2009). با توجه به افزایش رو به رشد صنایع پتروشیمی در ایران و وجود مشکلات پسماندهای صنعتی و خطرناک ناشی از آنها، وجود مدیریت اصولی و کارآمد بر روند تولید پسماند صنایع پتروشیمی امری ضروری است. از این رو انجام مطالعات لازم در زمینه اجرایی کردن روش‌های کمینه‌سازی پسماندها با استفاده از رویکرد ۳R در صنایع پتروشیمی به عنوان راه‌حل‌های مدیریتی مناسب و طولانی از فواید بالایی برخوردار است و در صورتی که مدیریت پسماندهای صنایع پتروشیمی به صورت مناسب انجام شود، کشور از منافع قابل توجه اقتصادی و محیط‌زیستی آن برخوردار می‌گردد (ثابت اقلیدی و همکاران، ۱۳۹۲). سلسله مراتب مدیریت پسماند، مقوله پایداری و مدیریت پسماند را به نحو مطلوبی به هم گره می‌زند. لذا هدف از این پژوهش بررسی نحوه کمینه‌سازی پسماندهای پتروشیمی کاویان (الفین یازدهم) واقع در منطقه ویژه اقتصادی پارس با استفاده از رویکرد جامع ۳R است و در نهایت تصویری از وضعیت مدیریت پسماندهای پتروشیمی کاویان به منظور کاهش جریان پسماندهای تولیدی ارائه می‌شود.



شکل ۱- ناحیه مورد مطالعه و نمایی از الفین یازدهم

خوراک و محصولات الفین یازدهم

صنایع پتروشیمی نقش و اثر مهمی در پیشرفت زندگی کنونی جهان بشری دارند. برحسب تعریف صنایع پتروشیمی به صناعی گفته می‌شود که در آن هیدروکربن‌های موجود در نفت خام و یا گاز طبیعی به محصولات شیمیایی تبدیل می‌شوند. صنایع پتروشیمی برای نیل به این هدف از فرآیندهای زیادی استفاده می‌کنند. واحد الفین یکی از اصلی‌ترین واحدهای صنایع پتروشیمی بوده که نقش اساسی را در تولید مواد اولیه صنایع پلیمری دارد. در واحد الفین، هیدروکربن‌های اشباع‌شده در کوره‌های کراکینگ طی فرآیند پیرولیز در تماس با حرارت بالا و بخار رقیق‌کننده، شکسته شده و طیف وسیعی از هیدروکربن‌ها شامل هیدروژن، متان، اتان، اتیلن، استیلن، متیل استیلن، پروپان، پروپیلن، بوتیلن، بوتادین، ترکیبات سنگینی چون بنزین پیرولیز و نفت کوره پیرولیز را تولید می‌کنند (Davis & Lacson, 2005).

خوراک اصلی پتروشیمی کاویان، گاز اتان بوده که از فازهای مختلف پارس جنوبی تأمین می‌گردد. محصول اصلی این پتروشیمی اتیلن (به صورت گاز) است که میزان تولید آن یک میلیون تن در سال است. محصول دیگر این مجتمع برش‌های سه کربنه و سنگین‌تر است که شکل ظاهری آن مایع است. این ماده به عنوان محصول جانبی تلقی می‌شود و میزان تولید اسمی این محصول ۸۹ هزار تن در سال است. عملیات اصلی تولید محصول در واحدهای فرآیندی الفین انجام می‌شود و بقیه واحدهای موجود در شرکت اصولاً جزو واحدهای پشتیبانی تولید محسوب می‌شود. از جمله واحدهای مزبور می‌توان به ساختمان‌های اداری، تعمیرگاه‌ها و کارگاه‌ها، انبارها، آزمایشگاه‌ها، آتش‌نشانی و غیره اشاره نمود که در برخی از آن‌ها پسماند نیز تولید می‌شود.

ماهیت پسماندهای تولیدی

جهت اعمال یک مدیریت صحیح بر اساس رویکرد ۳R، شناخت و طبقه‌بندی پسماندهای تولیدی برای ارزیابی تجهیزات مورد نیاز، سیستم‌ها و برنامه‌های مدیریتی از مهم‌ترین بخش‌های مدیریت این مواد به حساب می‌آید.

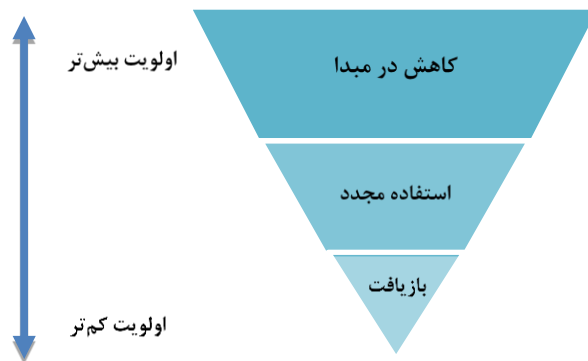
به کار بردن روش‌های آماری برای تعیین کمیت پسماندهای پتروشیمی به دلیل ماهیت ترکیبی و پیچیده این نوع پسماندها کاری بسیار دشوار است و بهترین راه برای حل این مشکل، استفاده از روش‌های میدانی است که شامل نمونه‌برداری‌های تصادفی برای تعیین اجزا پسماند می‌باشد. به طور کلی پسماندهای مجتمع‌های پتروشیمی به دو گروه پسماندهای صنعتی شامل پسماندهای فرآیندی و غیرفرآیندی و پسماندهای غیرصنعتی شامل پسماندهای عادی و کشاورزی تقسیم می‌شوند؛ البته در صورت وجود مرکز پزشکی می‌توان گروه پسماندهای بیمارستانی را نیز به گروه‌بندی گفته‌شده اضافه نمود که به دلیل نرخ بسیار کم تولید این نوع از پسماندها در مجتمع، از طبقه‌بندی آن صرف نظر شده است. روش‌های میدانی برای تعیین اجزای پسماند غیرفرآیندی شامل آزمایش نمونه پسماندهایی است که مستقیماً از منبع برداشته می‌شود و نه از پسماند مخلوطی که از وسایل جمع‌آوری برداشت می‌شود (Geng et al., 2007; Tchobanoglous et al., 1993). فرآیندی نیز اجزای پسماند تولید شده بر مبنای اطلاعات حاصل از واحدهای تولیدی استخراج گردیده است. از این‌رو در این مطالعه پس از شناخت فرآیند و مراحل تولید پسماند در مجتمع پتروشیمی کاویان به بررسی نقاط تولید پسماند، نوع و میزان تولید آن‌ها پرداخته شده است.

رویکرد کمینه‌سازی پسماند (۳R)

کمینه‌سازی یا حداقل کردن پسماندها به مجموعه‌ای از تکنیک‌ها، فرآیندها و یا فعالیت‌هایی اطلاق می‌شود که به صورت سیستماتیک باعث پیشگیری، حذف و یا کاهش میزان پسماندهای تولیدی و به حداقل رساندن اثرات محیط‌زیستی آن شود. رویکرد ۳R و اولویت انجام آن در شکل ۲ آورده شده است. اولویت اول این رویکرد یا کاهش در مبدأ عبارت است از کلیه روش‌های مشتمل بر بهبود فرآیند و بهبود رویه‌های بهره‌برداری که منجر به کاهش مقادیر پسماند تولیدی گردد (Taylor & Morrissey, 2014). از جمله نمونه‌های ساده و آشکار این مورد می‌توان به برقراری سیستم مکاتبات بدون کاغذ در مکاتبات روزمره اداری اشاره کرد که منجر به کاهش کاغذهای باطله

برای مقاصد دیگر در خارج از محل تولید آن. از نمونه بارز این مورد نیز می‌توان به فروش کاغذ اشاره نمود که در آن کاغذ فروخته شده صرف مصارف دیگری از جمله بسته‌بندی یا ساخت کارتن از کاغذ می‌شود.

می‌شود. استفاده مجدد به معنی استفاده مجدد از پسماندهای تولیدی در فرآیند موردنظر یا سایر عملیات و فرآیندهایی است که در داخل سایت صورت می‌پذیرد که از آن جمله می‌توان به استفاده از طرف دوم کاغذهای باطله به عنوان یک نمونه ساده و بارز اشاره نمود. بازچرخانی یا بازیافت عبارت است از استفاده از پسماندهای تولیدی



شکل ۲- رویکرد ۳R در مدیریت پایدار پسماند

تعیین اولویت پسماندها جهت کمینه‌سازی استفاده شده است (Ho & Liao, 2011). برای انتخاب پسماندهای اولویت‌دار می‌توان به عوامل متعددی از جمله مقدار پسماند تولیدی، میزان مخاطرات پسماند، کاهش هزینه تهیه مواد اولیه، هزینه‌های مربوط به کمینه‌سازی و نظایر آن اشاره کرد. در طرح حاضر دو پارامتر درصد وزنی و میزان خطر پسماند موردتوجه قرار گرفته و از روی آن پسماندهای اولویت‌دار تعیین گردیده است که روش و نحوه امتیازدهی آن در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است. در این اولویت‌بندی چنانچه پسماندی امتیاز بالاتر از ۸ را کسب نماید، حائز اولویت برای کمینه‌سازی شناخته می‌شود.

جهت کمینه‌سازی و کاهش پسماند می‌توان رویکرد ۳R را در مورد تمام پسماندها اجرا نمود؛ اما تنوع پسماندها و تعدد راهکارهای کاهش تولید پسماند از یکسو و هزینه‌های مربوطه از سوی دیگر، اولویت‌بندی پسماندهای حائز اهمیت از نظر کمینه‌سازی را ضروری می‌نماید. تعیین اولویت‌های کمینه‌سازی پسماندها را می‌توان به صورت بسیار کلی برای واحدها به‌طور یکپارچه در نظر گرفت که این رویه باعث می‌شود که برخی از پسماندها از اولویت برخوردار نبوده و حذف گردد. از این‌رو با تعیین اولویت‌ها برای هریک از واحدها باعث انتخاب پسماندهای بیشتری شده و برنامه‌های کمینه‌سازی به صورت جامع‌تری اجرا می‌شود. در این مطالعه از روش دوم که بر اساس متدولوژی آینده‌نگر تحلیل حالات و اثرات خطا (FMEA) است، برای

جدول ۱- نحوه امتیازدهی به پارامتر مقدار پسماند و درجه خطر آن برای تعیین اولویت کمینه‌سازی

پارامتر	نحوه تعیین	امتیاز
درصد وزنی	بیش از ۵۰ درصد پسماندهای فرآیندی، بیش از ۱۰ ظرف خالی در روز	۵
	۳۰-۵۰ درصد پسماندهای فرآیندی، ۷-۱۰ ظرف خالی در روز	۴
	۱۰-۳۰ درصد پسماندهای فرآیندی، ۵-۷ ظرف خالی در روز	۳
	۵-۱۰ درصد پسماندهای فرآیندی، ۲-۵ ظرف خالی در روز	۲
	کمتر از ۵ درصد پسماندهای فرآیندی، کمتر از ۲ ظرف خالی در روز	۱
درجه خطر	خطرناک (H)	۴
	گروه خطر ۱	۳
	گروه خطر ۲	۲
	گروه خطر ۳	۱

جدول ۲- نحوه تعیین پسماندهای اولویت‌دار برای کمینه‌سازی

گروه	گروه	گروه	خطرناک	درصد وزنی / درجه خطر
خطر ۳	خطر ۲	خطر ۱	(H)	
۵	۱۰	۱۵	۲۰	بیش از ۵۰ درصد پسماندهای فرآیندی، بیش از ۱۰ ظرف خالی در روز
۴	۸	۱۲	۱۶	۳۰-۵۰ درصد پسماندهای فرآیندی، ۷-۱۰ ظرف خالی در روز
۳	۶	۹	۱۲	۱۰-۳۰ درصد پسماندهای فرآیندی، ۵-۷ ظرف خالی در روز
۲	۴	۶	۸	۵-۱۰ درصد پسماندهای فرآیندی، ۲-۵ ظرف خالی در روز
۱	۲	۳	۴	کمتر از ۵ درصد پسماندهای فرآیندی، کمتر از ۲ ظرف خالی در روز

نتایج و بحث

منابع و نوع پسماند تولیدی

پس از شناسایی روند تولید پسماندهای مجتمع پتروشیمی کاویان این نتیجه حاصل گردید که منشأ اصلی پسماندهای تولیدی در سطح مجتمع در درجه اول ناشی از پسماندهای صنعتی یا فرآیندی، پسماندهای ناشی از بهره‌برداری، تعمیرات، آزمایشگاه‌ها، پسماندهای مربوط به فعالیت‌های روزمره کارکنان و بالاخره پسماندهای مربوط به فعالیت‌های کشاورزی و باغبانی است که در ادامه بر اساس ماهیت مورد بررسی قرار گرفته است.

پسماند فرآیندی

این پسماندها که ماهیت صنعتی دارند در اثر فعالیت روزمره صنایع و واحدهای تولیدی حاصل می‌شوند. به‌طور کلی این گروه از پسماندها حاصل فعالیت‌های واحد الفین مجتمع

بوده و شامل انواع کک، پلیمر، کاتالیست‌ها، رزین‌ها، Molecular sieves و کربن فعال و غیره است. مقدار تولید هر یک از این پسماندها بر اساس اطلاعات دریافتی از مسئولین مربوطه تعیین شده است. یکی از عمده‌ترین پسماندهای فرآیندی تولیدشده در این مجتمع کاتالیست پالادیم است که به علت وجود عنصر پالادیم در آن، از قابلیت بازیافت بالایی برخوردار است. کل پسماندهای فرآیندی تولیدی مجتمع پتروشیمی کاویان حدود ۱۲۲ تن در سال است که این پسماندها عمدتاً جز پسماندهای خطرناک محسوب می‌شوند. بر اساس سیستم مدیریت پسماند فعلی مجتمع، این پسماندهای تولیدی به سه روش ذخیره در محل، دفن و سوزاندن مدیریت و دفع می‌شوند.

پسماند غیر فرآیندی

این پسماندها از فرآیندهای پشتیبانی تولید محصول، ناشی می‌شود. پسماندهای تولیدی در آزمایشگاه‌ها، واحد تعمیرات، انبار و واحد HSE و IT جزو این دسته از پسماندها به‌شمار می‌روند که شامل انواع زائدات فلزی، دستکش‌های مستعمل، ظروف شیشه‌ای شکسته شده، مادربرد، کارت گرافیک و صدا، هارد، موس، کیبورد، مانیتور، کابل‌های پوسیده شده، تونرها و کارتریج‌های رنگی، انواع عایق‌ها، بشکه‌های خالی مواد شیمیایی و مواد اولیه تاریخ مصرف گذشته است. کل پسماندهای غیر فرآیندی تولیدی مجتمع پتروشیمی کاویان حدود ۱۴۳ تن در سال است و به‌غیر از برخی پسماندهای آزمایشگاهی مجتمع که سوزانده می‌شوند بقیه پسماندهای غیر فرآیندی مجتمع یا در محل مجتمع ذخیره و یا در زمین دفن می‌شوند.

پسماند عادی

پسماندهای عادی ماهیتی شبیه پسماندهای شهری دارند و عمدتاً شامل کاغذ و روزنامه، گاهی باقیمانده مواد غذایی و زباله‌های آبدارخانه و رستوران و نظایر آن هستند. در حال حاضر تفکیک و جداسازی بر روی این پسماندها صورت می‌پذیرد که این راهکار موجب جداسازی پسماندهای قابل بازیافت شده و از به هدر رفتن منابع جلوگیری می‌نماید. بخش عمده پسماندهای عادی تولیدی در پتروشیمی کاویان مربوط به پسماند تولید شده در رستوران مجتمع است که نرخ تولید آن حدوداً ۳۳ تن در ماه است. پسماندهای رستوران عمدتاً شامل باقیمانده غذا و نان خشک، شیشه‌های دلستر، قوطی‌های پلاستیکی و آلومینیومی است که در حال حاضر تقریباً به‌صورت جداگانه در کیسه‌های زباله جمع‌آوری شده و برای دفن به بیرون از مجتمع انتقال داده می‌شود.

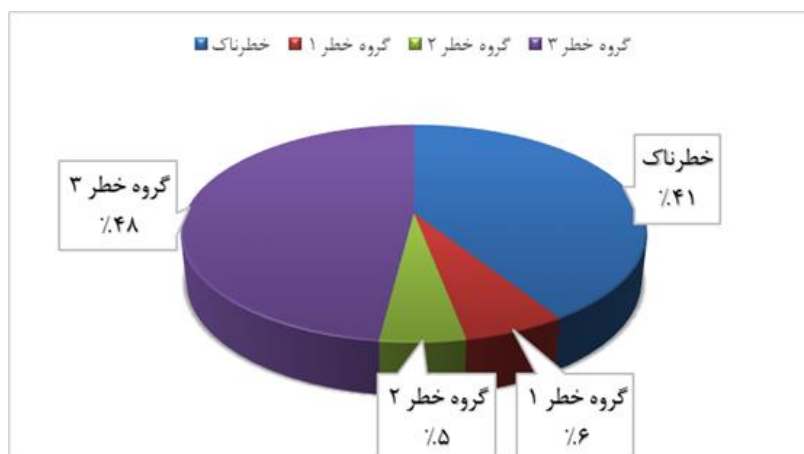
پسماند کشاورزی

پسماندهای کشاورزی تولیدی در مجتمع کاویان ناشی از توسعه و نگهداشت فضای سبز است. در قسمت فضای سبز نیز به علت نوع درختان و گیاهان، پسماند باغبانی کمی تولید می‌شود. ماهانه حدود ۱۰۰۰ کیلوگرم پسماندهای

باغبانی در این مجتمع تولید می‌شود که توسط واحد خدمات در ایستگاه‌های انتقال جمع‌آوری شده و برای دفن به بیرون از مجتمع انتقال داده می‌شود.

وضعیت پسماندهای تولیدی از لحاظ گروه خطر

شناسایی درجه خطرناکی پسماندها یکی از مهم‌ترین و مؤثرترین فاکتورها در طرح‌ریزی رویکرد کاهش پسماند است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۳). از این‌رو در این مطالعه، با توجه به استانداردهای جهانی نظیر استاندارد آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالات‌متحده و کنوانسیون بازل، میزان خطرناکی پسماندها تعیین شده است (LaGrega et al., 2010). بررسی اطلاعات پسماندهای پتروشیمی کاویان نشان می‌دهد که سالانه بالغ بر ۲۶۵ تن پسماند صنعتی تولید می‌شود که ۱۰۸ تن از آن خطرناک (H) بوده و ۴۱ درصد کل پسماندهای تولیدی این پتروشیمی را به خود اختصاص می‌دهد. همچنین سالانه ۱۷ تن از پسماندهای صنعتی تولیدی در گروه خطر اول (پسماندهایی که دارای ترکیباتی با غلظت و خواص معین بوده و در غلظت بالاتر از حد مشخص به‌عنوان پسماندهای خطرناک در نظر گرفته می‌شوند)، ۱۳/۵ تن در گروه خطر دوم (پسماندهای حاوی فلزات که ویژگی پسماندهای خطرناک را ندارند) و در نهایت ۱۲۶/۵ تن در گروه خطر سوم (پسماندهایی که غیر محلول بوده و نمی‌تواند با مواد دیگر واکنش داده یا دچار تجزیه و تغییر شکل شوند)، قرار می‌گیرند. پسماندهای گروه ۲ و ۳ در شرایط سوء مدیریت قابلیت ایجاد خطر ندارند. نمودار درصد وزنی انواع پسماندهای صنعتی تولیدی مجتمع پتروشیمی کاویان در شکل ۳ نشان داده شده است. همچنین در جدول ۳ به‌دلیل تنوع بسیار زیاد پسماندهای شناسایی‌شده مجتمع پتروشیمی کاویان (۱۳۰ نوع پسماند)، خلاصه‌ای از مهم‌ترین پسماندهای شناسایی‌شده به‌همراه کدهای اختصاص‌یافته به هر گروه از آن‌ها بر اساس دستورالعمل کنوانسیون بازل و آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده آورده شده است.



شکل ۳- پسماندهای صنعتی تولیدی مجتمع پتروشیمی کاویان

جدول ۳- نحوه کدگذاری مهم‌ترین پسماندهای صنعتی و غیرصنعتی تولیدی در پتروشیمی کاویان

گروه خطر	کد EPA	کد بازل	ترکیب پسماند	محل تولید	نام پسماند
خطرناک (H)	F024 (T)	A2030	پالادیم بر پایه آلومینا	الفین	کاتالیست پالادیم
خطرناک (H)	-	Y13	کوپلیمر استایرن دی وینیل بنزن	الفین	انواع رزین
۱	-	-	ترکیبات هیدروکربنی	الفین	پلیمر
خطرناک (H)	F024 (T)	Y35/A4090	پلیمر و کاستیک	الفین	پلیمر و کاستیک
خطرناک (H)	K131 (C,T)	A4	ترکیبات هیدروکربنی و گوگرد	الفین	Acid Flare Condensate
خطرناک (H)	F024 (T)	A2030	کاتالیست	الفین	C2hyd. Catalysit
خطرناک (H)	-	Y9/A4060	روغن	تعمیرات	انواع روغن ضایعاتی
۳	-	-	فولاد	تعمیرات	انواع بی رینگ معیوب
خطرناک (H)	-	A1180	مواد شیمیایی و شیشه	تعمیرات	انواع لامپ
خطرناک (H)	-	Y9/A4060	روغن معدنی	تعمیرات	روغن ترانس
۲	-	-	پلاستیک	واحد IT	کارت‌تریج پرینتر
۲	-	A1180	پلاستیک	واحد IT	مانیتور
۱	-	A1150/A1170	فلز	واحد IT	باتری سوخته UPS
۲	-	-	پلاستیک	واحد HSE	هوزهای آتش‌نشانی
۲	-	-	پلاستیک	واحد HSE	بشکه‌های حاوی پودر و فوم آتش‌نشانی
خطرناک (H)	-	-	پلاستیک	واحد آزمایشگاه	دستکش
خطرناک (H)	F038 (T)	-	مواد شیمیایی، شیشه	واحد آزمایشگاه	مواد شیمیایی و COD Vials
۲	-	Y46	باقیمانده غذایی، ...	رستوران و آبدارخانه‌ها	پسماند عادی (پسماند تر)
۳	-	-	کاغذ	کل واحدها	کاغذ و مقوا
۲	-	-	چمن، شاخه و برگ، کود و سم	فضای سبز	پسماندهای کشاورزی

پسماندهای حائز اولویت کمینه‌سازی

با بررسی میزان پسماندهای تولیدی هر واحد و مقایسه آن با کل پسماندهای تولیدی همان واحد، درصد وزنی هر پسماند به‌دست آمده و درنهایت با توجه به جدول ۲، امتیازدهی پسماندهای تولیدی صورت گرفته و به‌طور

خلاصه مهم‌ترین پسماندهای مجتمع در جدول ۴ آورده شده است. همان‌طور که از جدول ۴ مشاهده می‌شود، تعداد یازده نوع پسماند (پسماندهایی با امتیاز ۸ و بیشتر از آن) از مجموع پسماندهای تولیدی در پتروشیمی کاویان حائز اهمیت برنامه کمینه‌سازی است.

جدول ۴- اولویت‌بندی کمینه‌سازی پسماندها و فهرست پسماندهای حائز اهمیت از نظر کمینه‌سازی

نام پسماند	تولید سالانه (تن)	درصد وزنی	امتیاز وزن	امتیاز خطرناکی	جمع امتیاز
دستکش	۰/۰۲۴	۴۰	۴	۴	۱۶
COD Vials	۰/۰۲۴	۴۰	۴	۴	۱۶
C2hyd. Catalysit	۲۸	۲۰/۵	۳	۴	۱۲
انواع روغن ضایعاتی	۲۲/۵	۲۲/۵	۳	۴	۱۲
کاتالیست پالادیم	۲۲	۱۶	۳	۴	۱۲
مواد شیمیایی	۰/۰۱	۱۷	۳	۴	۱۲
پسماند عادی (پسماند تر)	۳۶۰	۸۹	۵	۲	۱۰
پلیمر و کاستیک	۹/۶	۷	۲	۴	۸
هوزهای آتش‌نشانی	۰/۴	۴۲	۴	۲	۸
بشکه‌های حاوی پودر آتش‌نشانی	۰/۳	۳۲	۴	۲	۸
مانیتور	۰/۲	۴۶	۴	۲	۸
پلیمر	۱۱	۸	۲	۳	۶
کارتریج پرینتر	۰/۰۶۵	۱۵	۳	۲	۶
باتری سوخته UPS	۰/۰۳۳	۸	۲	۳	۶
انواع بی رینگ معیوب	۵۰/۷	۴۰/۵	۴	۱	۴
Acid Flare Condensate	۴/۸	۳/۵	۱	۴	۴
روغن ترانس	۴/۷	۴	۱	۴	۴
انواع رزین	۱/۷۸	۱/۲	۱	۴	۴
انواع لامپ	۱/۵	۱/۳	۱	۴	۴
کاغذ و مقوا	۲۱/۵	۵/۵	۲	۱	۲
پسماندهای کشاورزی	۱۲	۳	۱	۲	۲

پسماندهای حائز اولویت کمینه‌سازی

یکی از راه‌کارهای کاهش میزان و خطر پسماندهای خطرناک، جلوگیری از اختلاط پسماندهای خطرناک با پسماندهای غیرخطرناک است. اختلاط پسماندهای خطرناک و غیرخطرناک می‌تواند مقدار و میزان خطر پسماندها را افزایش دهد. بنابراین یکی از راه‌کارهای اساسی کاهش میزان و خطر پسماندها، جلوگیری از اختلاط پسماندهای خطرناک و غیرخطرناک است. در

پتروشیمی کاویان هم‌اکنون بسیاری از پسماندها علی‌رغم جداسازی و حمل مجزای برخی از آن‌ها، درنهایت با یکدیگر مخلوط می‌شود. به‌عنوان مثال کلیه پسماندهای آزمایشگاهی با هم مخلوط می‌شود. مخلوط کردن یک نوع پسماند خطرناک موجب می‌شود که کلیه پسماندهای حاصله به پسماند خطرناک تبدیل شود. از سوی دیگر پسماندهای قابل بازیافت از مابقی پسماندها تفکیک نمی‌شوند. با پیاده‌سازی این دو راه‌کار هم میزان

پسماندهای صنعتی و هم میزان پسماندهای خطرناک کاهش چشمگیری خواهد یافت.

در این مطالعه علاوه بر بررسی منابع اطلاعاتی مختلف در زمینه پتانسیل‌های کاهش پسماند، کلیه روش‌هایی که به کمینه‌سازی پسماندها مربوط بوده، مورد بررسی قرار گرفته است. هم‌چنین بررسی‌های لازم جهت استفاده مجدد از پسماندهای حائز اهمیت به عمل آمده است. نتیجه بررسی و ارائه راه‌کارهای کاهش، استفاده مجدد و بازیافت پسماند

در جدول ۵ ارائه شده است. همان‌طور که از جدول ۵ مشاهده می‌شود، پسماندهای واحد آزمایشگاهی هیچ روشی برای استفاده مجدد یا بازیافت ندارند که می‌توان دلیل آن را مخلوط شدن این پسماندها در مبدأ تولید دانست؛ از این‌رو توجه به کاهش پسماند در مبدأ تولید به‌عنوان مؤثرترین روش برای کاهش پسماندهای آزمایشگاهی مجتمع پتروشیمی کاویان باید در نظر گرفته شود.

جدول ۵- روش‌های کمینه‌سازی پسماندهای حائز اولویت بر اساس رویکرد ۳R

نام واحد	نام پسماند	کاهش در مبدأ	استفاده مجدد	بازیافت
	کاتالیست پالادیم	ندارد	لیچینگ با حلال	احیاء کاتالیست
الفین	پلیمر و کاستیک	کنترل فرآیند تولید	ندارد	احیاء ترکیبات باارزش
	C2hyd. Catalysit	ندارد	لیچینگ با حلال	احیاء کاتالیست
تعمیرات	انواع روغن ضایعاتی	استفاده از روغن‌های با عمر و کیفیت بالا	روغن‌کاری قطعات فرسوده	بازیافت در صنایع دیگر
واحد IT	مانیتور	ندارد	ندارد	بازیافت پلاستیک
واحد HSE	هوزهای آتش‌نشانی بشکه‌های حاوی پودر آتش‌نشانی	ندارد	ندارد	بازیافت پلاستیک
	دستکش	پرهیز از مصرف بیش از حد	ندارد	ندارد
آزمایشگاه	COD Vials	ندارد	ندارد	ندارد
	مواد شیمیایی	خرید مواد متناسب با مصرف	ندارد	ندارد
رستوران و آبدارخانه‌ها (تر)	پسماند عادی (پسماند)	صرفه‌جویی مواد و جلوگیری از هدرروی	ندارد	کمپوست

علاوه بر موارد ذکر شده در جدول ۵، می‌توان برای کاهش پسماند تولیدی از اقدامات مختلف دیگری نیز بهره جست. به‌طور نمونه می‌توان به استفاده از ظروف چینی، شیشه‌ای و استیل به‌جای ظروف یک‌بارمصرف در رستوران و مدیریت بهتر در تهیه و توزیع غذا در مجتمع اشاره کرد. هم‌چنین با توجه به حجم بسیار زیاد پسماند عادی (تر) مجتمع و قابلیت بالای بازیافت این مواد (تبدیل به کمپوست به‌دلیل داشتن رطوبت مناسب)، پیشنهاد می‌گردد که در قسمتی از محوطه تأسیساتی برای ایجاد فرآیند کمپوست در نظر

گرفته شود. از دیگر پسماندهای تولیدی که قابلیت بازیافت فراوانی دارند، می‌توان به کاتالیست‌ها اشاره کرد که حجم زیادی از پسماندهای واحد الفین مجتمع را تشکیل می‌دهد. استفاده از فرآیند احیا کاتالیست و استفاده مجدد از کاتالیست مستعمل در فرآیندهای دیگر را می‌توان به‌عنوان مناسب‌ترین گزینه جهت کاهش تولید این پسماند نام برد. پلاستیک‌های بازیافت شده دارای کاربردهای وسیعی به‌گسترده‌گی محصولات پلاستیکی تولید شده هستند. برای بازیافت پسماندهای پلاستیکی تولیدی مجتمع کاویان

در نهایت ۱۱ پسماند تولیدی به عنوان پسماندهای حائز اهمیت در برنامه کمینه‌سازی انتخاب شده‌اند. در انتها کلیه روش‌هایی که به کمینه‌سازی پسماندها مربوط بوده، مورد بررسی قرار گرفته و راه‌کارهایی برای کاهش در مبدأ، استفاده مجدد و بازیافت پسماندها پیشنهاد گردیده است.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله مراتب تشکر و تقدیر صمیمانه خود را از مدیریت محترم اداره کل محیط‌زیست استان بوشهر به‌خاطر هماهنگی در راستای استفاده از منابع اطلاعاتی ابراز می‌نمایم.

منابع

۱. احمدی، پ.؛ جعفرزاده حقیقی فرد، ن.؛ جوانشیر، آ.؛ تقوی، ل. و احمدی مقدم، م. ۱۳۹۳. شناسایی و مقایسه تطبیقی پسماندهای ویژه صنعتی با کاربرد روش‌های RCRA، UNEP و فهرست مدون ایران (مطالعه موردی یک مجتمع پتروشیمی در غرب ایران). انسان و محیط‌زیست. ۱۲ (شماره ۳ (۳۰-پیاپی ۴۱)): ۴۵-۵۷.
۲. ثابت اقلیدی، پ.؛ زارعی، ه. و عمرانی، ق. ۱۳۹۲. شناسایی، طبقه‌بندی و مدیریت پسماند پالایشگاه نفت شیراز بر اساس RCRA. انسان و محیط‌زیست. ۱۱ (شماره ۲ (۲۵-پیاپی ۳۶)): ۲۳-۳۴.
۳. کریم پورزهرایی، ش.؛ جلیلی قاضی زاده، م. و جلیلی قاضی زاده، م. ۱۳۹۶. امکان‌سنجی استفاده از زائدات مولکولارسیو و سرامیک بال در مخلوط‌های آسفالتی گرم. فصلنامه بهداشت در عرصه، ۵ (۲).

4. Abdul, M.; Abbasi, M.; Nasrabadi, T.; Hoveidi, H.; & Razmkhah, N. 2006. Solid waste management in Tabriz petrochemical complex. Journal of Environmental Health Science & Engineering. 3(3): 185-192.
5. Baud, I.; Grafakos, S.; Hordijk, M.; & Post, J. 2001. Quality of life and alliances in solid waste management: contributions

می‌توان مخلوط پلاستیک را خرد کرد، ذوب کرد و سپس از آن محصول جدیدی را به‌دست آورد. تخته‌هایی از جنس پلاستیک که می‌توانند برای حصار پاسگاه‌های پلیس، ایجاد موانع، تیرهای پلاستیکی، نیمکت‌های پارک و الوارهای باراندازها و غیره مورد استفاده واقع شوند. به‌طور کلی با توجه به جدول ۵ می‌توان نتیجه گرفت که اولویت سوم رویکرد ۳R یعنی بازیافت پسماندها در مجتمع پتروشیمی کاویان کاربرد بیشتری نسبت به دو اولویت دیگر (کاهش در مبدأ و استفاده مجدد) دارد که از دلایل آن می‌توان به خاص بودن مواد و تجهیزات مورد استفاده در مجتمع و به‌خصوص در فرآیندهای صنعتی آن دانست که راه‌کار کاهش و استفاده مجدد این مواد را با مشکل مواجه کرده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به اتکای روزافزون اقتصاد کشور به نفت و مشتقات آن، انتظار می‌رود که فعالیت‌های صنعت پتروشیمی روزبه‌روز گسترش یابد و متعاقباً با گسترش فعالیت‌ها بر میزان تولید پسماندهای این صنعت افزوده شود. از آنجایی که بیشتر پسماندهای تولیدی مجتمع‌های پتروشیمی در رده پسماندهای صنعتی خطرناک قرار دارند و یکی از منابع اصلی آلودگی محیط‌زیست به‌شمار می‌روند؛ لذا مدیریت صحیح و اصولی آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. این مطالعه باهدف شناسایی و طبقه‌بندی پسماندهای تولیدی در مجتمع پتروشیمی کاویان به‌منظور بررسی جامع روش‌های کمینه‌سازی پسماندها با استفاده از رویکرد ۳R صورت گرفته است. بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که سالانه حدود ۲۶۵ تن پسماند صنعتی و ۴۰۸ تن پسماند غیرصنعتی در مجتمع تولید می‌شود که ۴۱ درصد از مجموع پسماندهای صنعتی آن خطرناک است. بیشتر این پسماندهای تولیدی نیز دفع شده و در نهایت در زمین دفن می‌شود. از این‌رو برای تعیین اولویت پسماندها جهت کمینه‌سازی به روش ۳R از متدولوژی (FMEA) استفاده شده است. با استفاده از این روش پسماندهای تولیدی مجتمع پتروشیمی کاویان به ترتیب امتیازی که ناشی از درصد وزنی هر پسماند نسبت به کل پسماندهای تولیدی هر واحد و درجه خطرناکی آن است، اولویت‌بندی شده و

- Waste Management & Research. 30(7): 708-719.
15. Sakai, S.-i.; Yoshida, H.; Hirai, Y.; Asari, M.; Takigami, H.; Takahashi, S.; . . . Schmid-Untersel, T. 2011. International comparative study of 3R and waste management policy developments. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 13(2): 86-102.
 16. Simboli, A.; Taddeo, R.; & Morgante, A. 2014. Analysing the development of Industrial Symbiosis in a motorcycle local industrial network: the role of contextual factors. *Journal of Cleaner Production*. 66: 372-383.
 17. Taylor, R.; & Morrissey, K. 2004. Coping with pollution: Dealing with waste. *Global environmental issues*. 229-262.
 18. Tchobanoglous, G.; Theisen, H.; & Vigil, S. SA 1993. *Integrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues*. In: McGraw-Hill for Mainland China Edition: McGraw-Hill Companies Inc.
 19. Wu, H.-q.; Shi, Y.; Xia, Q.; & Zhu, W.-d. 2014. Effectiveness of the policy of circular economy in China: A DEA-based analysis for the period of 11th five-year-plan. *Resources, Conservation and Recycling*. 83: 163-175.
 20. Zaman, A. U. 2014. Identification of key assessment indicators of the zero waste management systems. *Ecological Indicators*. 36: 682-693.
 21. Zamorano, M.; Grindlay, A.; Molero, E.; & Rodríguez, M. 2011. Diagnosis and proposals for waste management in industrial areas in the service sector: case study in the metropolitan area of Granada (Spain). *Journal of Cleaner Production*. 19(17): 1946-1955.
 6. Davis, S.; & Lacson, J. 2005. Petrochemical industry overview. *The Chemicals Economic Handbook*. Palo Alto: SRI consulting.
 7. Geng, Y.; Zhu, Q.; & Haight, M. 2007. Planning for integrated solid waste management at the industrial Park level: A case of Tianjin, China. *Waste management*. 27(1): 141-150.
 8. Ho, C. C.; & Liao, C.-J. 2011. The use of failure mode and effects analysis to construct an effective disposal and prevention mechanism for infectious hospital waste. *Waste management*. 31(12): 2631-2637.
 9. Jafarnejad, S. 2016. *Petroleum waste treatment and pollution control*: Butterworth-Heinemann.
 10. LaGrega, M. D.; Buckingham, P. L.; & Evans, J. C. 2010. *Hazardous waste management*: Waveland Press.
 11. Ma, S.-h.; Wen, Z.-g.; Chen, J.-n.; & Wen, Z.-c. 2014. Mode of circular economy in China's iron and steel industry: a case study in Wu'an city. *Journal of Cleaner Production*. 64: 505-512.
 12. Manaf, L. A.; Samah, M. A. A.; & Zukki, N. I. M. 2009. Municipal solid waste management in Malaysia: Practices and challenges. *Waste management*. 29(11): 2902-2906.
 13. Memon, M. A. 2010. Integrated solid waste management based on the 3R approach. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 12(1): 30-40.
 14. Menikpura, S.; Gheewala, S. H.; & Bonnet, S. 2012. Framework for life cycle sustainability assessment of municipal solid waste management systems with an application to a case study in Thailand.

Applying the 3R Approach for Waste Minimization of Petrochemical: a case study in Asaluyeh Industrial Area, Iran

Mohsen Rahimian^{1*}

^{1*} - M. Sc., Department of Water and Environmental Eng., University of Shahid Beheshti, Tehran, Iran

Abstract

Using the 3Rs approach (reduces, reuse and recycle) for Sustainable Management of Waste, has been put into practice for almost a decade, however, this approach hasn't been applied for waste minimization in Iran yet. This study is examining the use of 3Rs approach to the waste produced by 11th Olefin Complex in Pars Special Economic Zone. The results of this survey show that in this complex, 265 tons of industrial waste and 408 tons of non-industrial wastes are produced annually. The waste is mostly buried in the city's landfills. The waste produced by the Complex is scored based on its weight value and the degree of danger. The types of waste which obtained above eight are highly recommended for waste minimization. Seven out of eleven types of waste are considered as hazardous waste and four are not dangerous. In the end, waste minimization strategies and methods have been presented. These methods show the high priority of recycling waste in Olefin complex and they can be used as a stable system for waste minimization in Petrochemical industry.

Keywords: Petrochemical waste, 3R approach, olefin unit, waste minimization

