محیط شناسی، سال سی و ششم، شمارهٔ ۵۵ ، پاییز ۸۹، صفحهٔ ۶۷-۷۸

ارزیابی چرخهٔ عمر سناریوهای دفع پسماند جامد شهری از نظر انتشار گازهای گلخانه‌ای و مصرف انرژی – مطالعهٔ موردی: جزیرهٔ سیری

چکیده

دفع پسماندهای شهری حاوی آلاینده‌های مختلف که هر روز بر میزان و تنوع آنها افزوده می‌شود، ضمن نیاز به مدیریتی واحد و اصولی، می‌بایست به روشی انجام شود که حداقل خسارت را بر منابع اصلی محیط‌زیست (آب، خاک و هوا) وارد کند. در این مقاله پس از بررسی جریان پسماندهای شهری و روش دفع کنونی آن در یکی از جزایر نفتی جنوب کشور (جزیرهٔ سیری)، سه سناریوی زباله‌سوزی به‌همراه استحصال انرژی و دفن خاکستر؛ دفن بهداشتی و جمع‌آوری گاز مرکز دفن به‌منظور استحصال انرژی از آن؛ و دفن بهداشتی بدون جمع‌آوری گاز مرکز دفن، از نظر تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای و مصرف انرژی با استفاده از روش ارزیابی چرخه عمر مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج حاصل حاکی از برتری سناریوی زباله‌سوزی نسبت به دفن بهداشتی (بدون جمع‌آوری گاز مرکز دفن) است. با وجود این درصورت استحصال گاز مرکز دفن، می‌توان شاهد کاهش چشمگیری در میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و مصرف انرژی از این سناریو بود. با توجه به محدودیت‌های فیزیکی و شرایط آب و هوایی منطقه مورد مطالعه و لزوم رعایت قوانین بین‌المللی و منطقه‌ای زیست‌محیطی، روش زباله‌سوزی برای دفع پسماندهای تولیدی در این جزیره پیشنهاد می‌شود. در این صورت می‌توان با اعمال سیاست‌های کاهش از مبدا تولید درخصوص دورریزهای پلاستیکی، شاهد کاهش ۴/۲۵ درصدی در انتشار گازهای گلخانه‌ای از این سناریو به‌ازای هر یک درصد زواید پلاستیکی کاهش داده شده از مبدأء بود.

کلید واژه

پسماند شهری، دفع، گازهای گلخانه‌ای، انرژی، چرخه عمر،جزیرهٔ سیری

سرآغاز

به‌منظور پیاده‌سازی سیستم مدیریت جامع پسماندهای جامد شهری، ابتدا شرایط محیطی (فیزیکی، اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی) و کمیت و کیفیت زواید تولیدی در محدودهٔ مورد مطالعه شناسایی شده و در گام بعدی لازم است سناریوهای مختلف دفع مورد ارزیابی‌های فنی، اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی قرار گیرند. در مرحله نهایی پس از وزن‌دهی به هرکدام از این ارزیابی‌ها می‌توان بهترین سناریو را انتخاب و برای اجرا معرفی کرد. براساس سلسله مراتب توسعه یافته دفع پسماندهای شهری، سناریوی دفع می‌تواند شامل مراحل ۱) سیاست‌های کاهش از مبدأ تولید و استفاده مجدد، ۲) ذخیره‌سازی موقت، ۳) جمع‌آوری و حمل، ۴) بازیافت، ۵) تولید کود آلی، ۶) زباله‌سوزی و ۷) دفن بهداشتی، باشد. برخی از مراحل فوق همچون ذخیره‌سازی، جمع‌آوری و حمل و دفن بهداشتی از جمله موارد الزامی در ساختار سناریوی دفع بوده و مابقی را می‌توان با انجام ارزیابی‌ها حذف و یا ترکیبی از آنها را در نظر گرفت.

گزینهٔ دفن پایین‌ترین طبقه هرم مدیریتی پسماند بوده و بنا به دلایل کاهش زمین در دسترس، آلودگی خاک و آبهای سطحی/زیرزمینی و هزینه‌های بالای متناسب با نگهداری مراکز دفن پس از اتمام ظرفیت آنها، همواره سعی مدیران بر این است که صرفاً بخش اندکی از جریان پسماند به این گزینه منتهی شود (پوی و همکاران، ۱۳۸۵؛ عمرانی، ۱۳۸۶؛ چوبانوگلوس و کریث، ۱۳۸۹).

نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۴۳۴۳۵۹۷۳

E-Mail: m_ghanbarzadeh@dena.kntu.ac.ir

روش ارزیابی چرخه عمر (LCA)[1] امروزه به‌عنوان روشی استاندارد بین المللی که قادر است ورودی‌ها و انتشارات خروجی از یک سیستم مدیریت پسماند را متناسب با چرخهٔ عمر محصولات یا فرایندها مورد تجزیه و تحلیل کند، در کانون توجه متخصصان زیست‌محیطی قرار گرفته است (صبور و قنبرزاده لک، ۱۳۸۸؛ Arena, et al., 2003; Cherubini, et al., 2008). در ارزیابی‌های مبتنی بر LCA، تمام چرخهٔ عمر یک محصول از مرحلهٔ استخراج مواد خام اولیه تا مراحل تولید، استفاده و در نهایت دورریز آن مد نظر بوده و آثار سوء بالقوه متناسب با این مراحل، مطابق با استاندارد ISO 14001-3، به‌صورت کمی بیان می‌شود(Liamsanguan and Gheewala, 2007).

ارزیابی LCA در زمینهٔ مدیریت مواد زاید جامد از چهار مرحله تعریف اهداف و قلمرو مطالعات؛ تهیهٔ فهرست چرخه عمر(LCI)[2]؛ ارزیابی آثار بالقوه در چرخهٔ عمر (LCIA)[3]؛ و تفسیر نتایج در ارتباط با هدف، تشکیل می شود (Rieradevall, et al., 1997; Weitz, et al., 1999; White, et al., 1995). در مرحله اول از روش LCA، علاوه بر تبیین اهداف تحقیق، تعریف واحد عملیاتی (F.U.)[4] در محاسبات و چگونگی کاربرد نتایج حاصل در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی آتی ذکر می‌شود. فهرست چرخه عمر، جریان‌های ورودی و خروجی سیستم را به سه دسته عوامل مستقیم (عواملی که با گزینه‌ها و تأسیسات دفع پسماند در ارتباط مستقیم هستند)؛ غیر مستقیم (مواردی که با آنها انرژی یا مواد مورد نیاز تأسیسات دفع پسماند تهیه و تولید می‌شود)؛ و تخفیف دهنده (فعالیت‌هایی که منجر به کاهش آثار سوء زیست‌محیطی سیستم به‌واسطهٔ استحصال انرژی، و/یا مواد می‌شوند)، تقسیم‌بندی کرده و کلیهٔ انتشارات خروجی، مصرف انرژی و مواد و به‌طور کلی جریانات ورودی و خروجی سیستم را ترسیم می‌کند. از جمله آثار زیست‌محیطی که بصورت شاخص در مرحلهٔ سوم LCA استفاده شده است می‌توان به مواردی همچون:آثار گرمایش جهانی، پدیدهٔ اسیدی شدن و بارش باران‌های اسیدی، مغذی شدن منابع آب، کاهش منابع تجدید ناپذیر و انرژی، آثار اکولوژیکی، اکسیداسیون فتوشیمیایی و آثار سمی بر انسان، اشاره داشت(Arena, et al., 2003; Banar, et al., 2008; Cherubini, et al., 2008). در مرحلهٔ آخر روش ارزیابی چرخه عمر نیز نتایج حاصل در ارتباط با هدف تحقیق تفسیر شده و راهکارهای مدیریتی ارائه خواهد شد. براساس باور عمومی بین متخصصان زیست‌محیطی، با حرکت از رأس هرم مدیریت پسماند یعنی کاهش از مبدأ تولید، به سمت قاعده آن (دفن بهداشتی)، میزان انتشار و آلاینده‌های خروجی از سیستم دفع افزایش خواهد یافت (Kirkeby, 2005). حال آن‌که تحقیقات اخیر نشان داده است که این مسئله می‌تواند متناسب با نوع زواید تولیدی و سیستم مدیریتی منتخب، حالت عکس داشته باشد. برای نمونه در تحقیقی که توسط Blengini در ناحیه‌ای در شمال ایتالیا انجام شد، آثار زیست‌محیطی متناسب با عملکرد یک کارخانه کمپوست با ظرفیت ۱۶ ۰۰۰ تن در سال با مرکز دفن مورد مقایسه قرار گرفت. از جمله نتایج درخور توجه این بررسی، منفی بودن اثر تفکیک از مبدا (به‌عنوان پیش نیاز گزینه بازیافت) بر مشخصه‌های زیست‌محیطی مورد مطالعه بوده است (Blengini, 2008). در مطالعه دیگری که توسط Chen و همکاران انجام شد، مهم‌ترین عامل تولید گازهای گلخانه‌ای (GHGs)[5] در سناریوی موجود دفع پسماند شهری جزیرهٔ تایپهٔ تایلند، پردازش بخشی از زواید آلی به‌منظور استفاده به‌عنوان خوراک حیوانات تشخیص داده شد. این اقدام که خود جزئی از بازیافت بحساب می‌آید، به‌دلیل بهره‌گیری از سوخت‌های سنگین در استریلیزاسیون زواید آلی، انتشارات بالایی از CO_2 در مقایسه با بخش جمع‌آوری و حمل و واحد زباله‌سوز مستقر در جزیره داشته است (Chen and Lin, 2008).

براساس آنچه گفته شد، در این مقاله به‌منظور ارائهٔ سیستم مدیریت بهینهٔ پسماندهای جامد شهری تولیدی در جزیرهٔ سیری به‌عنوان مطالعهٔ موردی، ابتدا با توجه به نوع و کمیت زواید، سه سناریوی کلی دفع یعنی ۱) ذخیره‌سازی موقت، جمع‌آوری و حمل، زباله‌سوزی به‌همراه استحصال انرژی و دفن خاکستر، ۲) ذخیره‌سازی موقت، جمع‌آوری و حمل و دفن بهداشتی با جمع‌آوری و استحصال انرژی از گاز مرکز دفن(LFG)[6] و ۳) مشابه با سناریوی دوم ولی بدون جمع‌آوری و استحصال انرژی از گاز مرکز دفن، تعریف شده و با انجام ارزیابی‌های LCA از نظر تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای و مصرف انرژی، تأثیر اعمال سیاست‌های کاهش از مبدأ بررسی شده است. جزیرهٔ سیری با وسعتی در حدود ۱۶/۵ کیلومترمربع در جنوب شرقی پهنه آبهای خلیج فارس واقع شده و استخراج نفت از میادین نفتی خصوصاً پس از سالهای ۱۳۴۵موجب شد این جزیره به‌عنوان پایگاهی برای پیش تصفیه و ذخیره‌سازی نفت خام میادین سیوند، دنا، نصرت و الوند، با ظرفیت تولید بالغ بر ۱۰۰ هزار بشکه در روز، مورد توجه متخصصان قرار گیرد. عملیات

استخراج و فرآوری نفت خام و آماده سازی آن برای صادرات، یا استفاده در صنایع پتروشیمی، آمیخته با برخی مشکلات زیست‌محیطی از جمله تولید پسماندهای جامد (شهری، بیمارستانی و خطرناک) در منطقه بوده و دفع نامناسب آنها می‌تواند سلامتی کارکنان و بهداشت محیط را به مخاطره اندازد. از طرف دیگر مدیریت غیراصولی این پسماندها ممکن است منجر به آلودگی محیط‌زیست دریایی و عدول از مفاد کنوانسیون‌های بین المللی و منطقه‌ای همچون کنوانسیون مارپل ۱۹۷۳/۷۸ و کویت شود. بر اساس مطالب پیش‌گفته، به‌دلیل اهمیت حفظ محیط‌زیست این جزیره و به‌منظور تدوین روشی سریع و نو در ارزیابی سناریوهای مدیریت پسماند جامد در مناطق مشابه، جزیره سیری به‌عنوان مطالعهٔ موردی در این تحقیق انتخاب شد. شایان ذکر است به‌دلیل محدودیت‌های موجود در جزیره از نظر زمین در دسترس، فرض شده است که در تمامی سناریوها گزینهٔ دفع نهایی (زباله‌سوز+مرکز دفن خاکستر در سناریوی اوّل و مرکز دفن بهداشتی در سناریوهای دوم و سوم) در یک محل مستقر خواهد شد.

روش تحقیق

در این تحقیق روش منتخب برای ارزیابی مشخصه‌های زیست‌محیطی سناریوهای دفع پسماند جامد شهری، روش LCA بوده است. بنابراین لازم است پس از تعیین خصوصیات کمی و کیفی زواید تولیدی در محدودهٔ مورد مطالعه، مراحل چهارگانه روش LCA در ارتباط با هرکدام از سناریوها پیگیری شود.

روش تعیین خصوصیات کمی و کیفی زواید

در این مقاله به منظور تخمین کمیت پسماند، با توجه به فقدان امکانات توزین ماشین‌آلات حمل در منطقه، از روش ثبت حجم ورودی به سایت دفع استفاده شده است (Liu, et al., 1997). در این حالت کمیت پسماند با استفاده از حجم گزارش شده مربوط به ظرفیت پُر ماشین حمل و پس از تعیین چگالی در محل، با معادله ۱، تعیین می‌شود.

$$M = V \times D \qquad (۱)$$

که در آن M وزن پسماند (تن)، V حجم ماشین حمل (مترمکعب) و D چگالی پسماند در داخل ماشین (تن بر مترمکعب) است. به‌منظور شبیه‌سازی چگالی پسماند در داخل ماشین حمل، ابتدا نمونه‌هایی به‌صورت روزانه در طول دو هفته انجام تجزیه و تحلیل‌ها از بار ماشین‌آلات حمل تهیه شده (مطابق با استاندارد ASTM D5231) و سپس با ریختن آنها داخل بشکه‌های ۲۲۰ لیتری و ایجاد تراکم از طریق بلند کردن تا ارتفاع نیم متری و رها کردن و تکرار این عمل تا سه مرتبه، وزن خالص پسماند درون بشکه تعیین شد (صبور و همکاران، ۱۳۸۷؛ Liu, et al., 1997). با توجه به چگالی متوسط زواید شهری در منطقه مورد مطالعه (معادل ۱۵۱ kg/m^3) و به‌منظور ارضای شرایط مطرح شده در استاندارد ASTM D5231 مبنی بر محدوده وزن نمونه‌ها بین ۹۱ تا ۱۳۶ کیلوگرم، در هر بار انجام تجزیه و تحلیل فیزیکی پسماندها تعداد سه بشکه ۲۲۰ لیتری از پسماند نمونه‌برداری شد. به طوری‌که مجموع وزن خالص سه بشکه در تمامی نمونه‌برداری‌ها بین ۹۵ تا ۱۲۰ کیلوگرم متغیر بود. نمونه‌های سابق‌الذکر، پس از تعیین چگالی برای انجام تجزیه و تحلیل فیزیکی روی بستری مناسب پخش شد و عملیات جداسازی اجزا به‌صورت دستی انجام گرفت.

در این تحقیق با توجه به اوضاع بازار فروش اقلام قابل بازیافت در کشور و نیز به‌منظور تعیین مشخصه‌های تأثیرگذار در فرایندهای مختلف دفع، جداسازی در هفت‌دسته۱) کاغذ و مقوا، ۲) انواع پلاستیک، ۳) فلزات، ۴) شیشه، ۵) پسماندهای غذایی، ۶) زواید باغبانی و چوب و ۷) سایر موارد، انجام شد.

روش انجام مرحلهٔ اوّل LCA

مهم‌ترین بخش در این مرحله عبارت از تعیین واحد عملیاتی است. از آنجاکه واحد عملیاتی در مطالعات LCA برای محصولات در مقایسه با ارزیابی‌های LCA سناریوهای مدیریت مواد زاید جامد، متفاوت است، در این تحقیق واحد عملیاتی به صورت مواد ورودی به سیستم یعنی پسماند، تعریف شد (Cherubini, et al., 2008). بنابراین مدیریت کمیتی مشخص از نوع خاصی از پسماند، یا مجموع زواید تولیدی در یک محدودهٔ جغرافیایی، در مدت زمانی مشخص (مثلاً یکسال)، می‌تواند به‌عنوان واحد عملیاتی مورد استفاده قرار گیرد.

روش تهیهٔ فهرست و ارزیابی آثار بالقوهٔ چرخهٔ عمر

سه سناریو در این مقاله مورد ارزیابی زیست‌محیطی قرار گرفته است. تفاوت این سناریوها بیشتر در بخش دفع نهایی(برای سناریوی اول، زباله‌سوزی به‌همراه استحصال انرژی و دفن خاکستر؛ سناریوی دوم، دفن بهداشتی کلیه زواید به‌همراه جمع‌آوری LFG و استحصال انرژی از آن؛ و سناریوی سوم، دفن بهداشتی کلیه زواید بدون جمع‌آوری LFG) بوده و به‌دلیل محدودیت‌های مکانی جزیره فرض شده است که تمامی این گزینه‌ها در یک محل مستقرشوند. بنابراین می‌توان با تقریب خوبی از آثار ناشی از بخش ذخیره‌سازی

موقت و جمع‌آوری و حمل تا محل دفع نهایی، بدلیل تشابه در سناریوها، در انجام مقایسه‌ها چشم پوشی کرد.

بر این اساس، به‌منظور تعیین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و مصرف انرژی در سناریوهای مورد مطالعه لازم است روش LCA در بخش دفع نهایی آنها اعمال شود. ورودی‌های مدل LCA در هرکدام از گزینه‌های زباله‌سوزی و دفن بهداشتی مطابق با معادلات ۲ و ۳ در ادامه تشریح شده است.

تغییر انتشار گازهای خروجی از واحدهای زباله‌سوزی را که منجر به پدیدهٔ گرمایش جهانی می‌شوند می‌توان تابع سه عامل ۱) انتشار گازهای CO_2 و N_2O از دودکش به‌واسطه احتراق زواید (در خصوص CO_2، منظور بخشی از آن است که از احتراق پسماندهای غیربیولوژیک همچون انواع پلاستیک، چرم و لاستیک حاصل می‌شود)، ۲) جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از استحصال انرژی و ۳) کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای ناشی از بازیافت فلزات موجود در خاکستر ته کوره دانست (Arena, et al., 2003; Cherubini, et al., 2008; Chen, and Lin, 2008; EPA, 2002; IPCC, 2006). بر این اساس، انتشار خالص گازهای گلخانه‌ای را می‌توان براساس معادله (۲) محاسبه کرد.

$$E_{ci} = G_{ci} - U_{ci} - R_{cm} \qquad (۲)$$

که در آن(کلیه مشخصه‌ها برحسب MTCE/ton [۷] هستند):

E_{ci}: عامل انتشار خالص GHGs برای سوزاندن ماده i برحسب تن کربن معادل بر تن ماده i سوزانده شده؛

G_{ci}: انتشار CO_2(از منابع غیر بیولوژیکی) و N_2O از دودکش زباله‌سوز برای ماده i به‌ازای هر تن از آن؛

U_{ci}: میزان GHGs کاهش داده شده به‌واسطهٔ استحصال انرژی از سوزاندن ماده i به‌ازای هر تن از آن و R_{cm}: میزان کاهش گازهای گلخانه‌ای به‌واسطهٔ بازیافت فلزات از خاکستر ته کوره. مقادیر مربوط به مشخصه‌های معادلهٔ (۲) در جدول شمارهٔ (۱) ارائه شده است. اعداد ذکر شده در این جدول برای زباله‌سوزهای از نوع Mass Burn بوده و میزان CO_2 ناشی از جابه‌جایی خاکستر از محل زباله‌سوز تا مرکز دفن در ستون مربوط به G_{ci} لحاظ شده است. با توجه به این نکته که برق مورد نیاز در جزیرهٔ سیری با ۵ دستگاه مولد برق با سوخت گاز به میزان ۱۳ مگاوات ساعت تولید می‌شود، اعداد ستون U_{ci} متناسب با شرایط منطقهٔ مورد مطالعه، تصحیح شده است. همانند سناریوی ۱، انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از دفن پسماندهای جامد شهری را در مرکز دفن می‌توان براساس معادله (۳) محاسبه کرد (قنبرزاده لک و صبور، ۱۳۸۷).

$$E_{Li} = G_{Li} - N_{csi} + T_i \qquad (۳)$$

که در آن(کلیهٔ مشخصه‌های برحسب MTCE/ton هستند):

E_{Li}: عامل انتشار خالص GHGs برای دفن ماده i برحسب تن کربن معادل بر تن ماده i دفن شده؛

G_{Li}: انتشارات GHGs ناشی از دفن ماده i به‌ازای هر تن از آن؛

N_{csi}: نگهداشت خالص کربن به‌هنگام دفن ماده i به‌ازای هر تن از آن؛

T_i: انتشارات GHGs در مراحل بهره‌برداری از مرکز دفن به‌ازای هر تن از ماده i دفن شده؛ به‌طور کلی انتشار ناشی از دفن زواید که در پدیدهٔ‌گرمایش جهانی مشارکت دارند می‌توان در سه دسته زیر طبقه بندی کرد:

۱) زمانی که پسماندهای غذایی، چوب و زواید باغبانی و کاغذ و مقوا دفن می‌شوند، باکتری‌های بی‌هوازی شروع به تجزیه آنها کرده و متان و دی‌اکسیدکربن تولید خواهد شد. در اینجا متان جزء گازهای گلخانه‌ای به‌حساب می‌آید حال آن‌که منشاء بیولوژیکی دارد. در توضیح شایان ذکر است اگر چنانچه مواد بیولوژیک در طبیعت رها شوند، تجزیه آنها به‌صورت هوازی اتفاق افتاده و گاز متان تولید نمی‌شود، بنابراین متان خروجی از مرکز دفن در نتیجهٔ دخالت انسان در طبیعت به‌وجود آمده و منجر به گرمایش جهانی خواهد شد. برهمین اساس CO_2 موجود در LFG جزء GHGs به‌شمار نمی‌رود. دیگر انواع پسماند شامل فلزات، شیشه و انواع پلاستیک، به‌دلیل عدم تجزیه، تولید GHGs نخواهند کرد.

۲) از آنجا که بخش فسادپذیر ترکیب پسماند(کاغذ و مقوا، زواید غذایی، باغبانی و چوب) عملاً به‌طور کامل در مرکز دفن تجزیه نمی‌شوند، مقداری از کربن در مرکز دفن نگاه داشته شده و وارد چرخهٔ جهانی کربن نخواهد شد. بدین ترتیب نگهداشت کربن را می‌توان به‌عنوان عامل تخفیف دهنده در سناریوی دفن در نظر گرفت.

۳) به‌منظور بهره‌برداری از مرکز دفن (لایه بندی پسماند تحویلی، متراکم کردن آن و اجرای پوشش‌های روزانه و نهایی) و جابه‌جایی‌های داخلی، لازم است از ماشین‌آلاتی استفاده شود که با سوزاندن سوخت، CO_2 تولید خواهند کرد. مقادیر مربوط به مشخصه‌های معادله (۳) در جدول شمارهٔ (۲) آورده شده است(Chen and Lin, 2008; EPA, 2002). مقادیر G_{Li} برای

دوحالت بدون جمع‌آوری LFG و با جمع‌آوری و استفاده از LFG در تولید انرژی ذکر شده اند. از نظر انرژی مصرفی و تولیدی در سناریوی ۱، لازم است پس از بررسی زباله‌سوزهای شهری موجود در کشور، میزان مصرف انرژی آنها به‌صورت گاز طبیعی، یا نفت مورد استفاده در مشعل‌ها و سوخت مصرفی جهت انتقال زواید به محل زباله‌سوز، یا ارسال خاکستر به مرکز دفن و همچنین مقدار انرژی استحصال شده در بویلرها (در صورت وجود) متوسط‌گیری شده و در محاسبات وارد شود. با توجه به این‌که درحال حاظر چنین تأسیساتی در کشورمان وجود ندارد، در این مقاله از نتایج تحقیقات انجام شده(Arena, et al., 2003; Cherubini, et al., 2008) استفاده شده است (یادآوری این نکته ضروری است که عمده زباله‌سوزهای فعال در کشور از نوع چند محفظه‌ای خطی است که صرفاً برای دفع زواید بیمارستانی به‌کار برده می‌شوند و استفاده از این قبیل واحدها در حال حاضر در کشورهای توسعه یافته منسوخ شده است. از طرف دیگر واحدهای زباله‌سوزی از نوع هوای کنترل شده که در برخی از صنایع کشور برای دفع پسماندهای شهری و بیمارستانی مورد استفاده قرار گرفته اند، به‌دلیل نوپا بودن، اطلاعات قابل استنادی در خصوص آنها وجود ندارد). در تحقیقات پیش‌گفته میزان انرژی مصرفی در واحدهای زباله‌سوزی از نوع Mass Burn

جدول شمارهٔ (۱): مشخصه‌های مورد استفاده در معادله (۲) برای مواد مختلف موجود در ترکیب پسماند

مشخصه / نوع پسماند	G_{ci}	U_{ci}	R_{cm}	E_{ci}
کاغذ و مقوا	۰/۰۲	۰/۱۰	۰/۰۰	-۰/۰۸
انواع پلاستیک	۰/۷۰	۰/۲۳	۰/۰۰	۰/۴۷
فلزات	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۴۹	-۰/۴۸
شیشه	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱
پسماند غذایی	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۰	-۰/۰۱
چوب و زواید باغبانی	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۰	-۰/۰۲
سایر	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۴۹	-۰/۴۴

اعداد برحسب MTCE/ton می‌باشند.

جدول شماره (۲): مشخصه‌های مورد استفاده در معادله (۳) برای مواد مختلف موجود در ترکیب پسماند

مشخصه / نوع پسماند	G_{Li}		N_{csi}	T_i	E_{Li}	
	بدون جمع‌آوری LFG	با جمع‌آوری و استحصال انرژی از LFG			بدون جمع‌آوری LFG	با جمع‌آوری و استحصال انرژی از LFG
کاغذ و مقوا	۰/۵۳	۰/۰۶	۰/۲۳	۰/۰۱	۰/۳۱	-۰/۱۶
انواع پلاستیک	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
فلزات	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
شیشه	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
پسماند غذایی	۰/۳۰	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۲۹	۰/۰۳
چوب و زواید باغبانی	۰/۱۷	۰/۰۲	۰/۲۳	۰/۰۱	-۰/۰۵	-۰/۲۰
سایر	۰/۲۶	۰/۰۳	۰/۱۰	۰/۰۱	۰/۱۷	-۰/۰۶

اعداد برحسب MTCE/ton هستند.

به‌صورت گاز طبیعی در مشعل‌ها معادل با ۰/۰۳۶ MJ/kg waste و تولید انرژی الکتریکی در واحد بویلر برابر با ۲/۴۲ MJ/kg waste ذکر شده است. با توجه به محدودیت‌های موجود در منطقهٔ مورد مطالعه (جزیرهٔ سیری) از نقطه نظر زمین در دسترس، فرض می‌شود واحد زباله‌سوزی در نزدیکی مرکز دفن مستقر شود و در این حالت سوخت مصرفی برای انتقال خاکستر به مرکز دفن، قابل چشم‌پوشی خواهد بود.

از نقطه نظر بیلان انرژی در سناریوهای ۲ و ۳ نیز مشابه با سناریوی ۱، به‌دلیل فقدان اطلاعات در کشور از نتایج تحقیقات دیگران استفاده شده است(Arena, et al., 2003; Cherubini, et al., 2008). بر این اساس، انرژی لازم در مرحلهٔ بهره‌برداری از مرکز دفنی دارای پوشش‌های کف و نهایی با کیفیت بالا، به میزان ۰/۰۰۳۸ مگاژول انرژی الکتریکی و MJ ۰/۰۲۶ سوخت دیزلی به‌ازای هر کیلوگرم از پسماند تحویلی گزارش شده است.

علاوه بر آن برای تصفیهٔ شیرابه به روش اسمز معکوس، ۰/۰۰۳۶ مگاژول انرژی الکتریکی محاسبه شده است. میزان انرژی قابل استحصال از مرکز دفن به درصد متان در ترکیب LFG، به مدت زمان سپری شده پس از دفن مواد، شرایط آب و هوایی منطقه، نحوهٔ بهره‌برداری از مرکز دفن (ایجاد شرایط بی‌هوازی اجباری با انجام پوشش‌ها و اعمال تراکم مناسب)، درصد LFG به‌دام افتاده در خلل و فرج زمین، بازده تجهیزات جمع‌آوری LFG، خصوصیات فیزیکی/شیمیایی پسماند (درصد رطوبت، pH، ترکیب فیزیکی و ...)، ضریب اکسیداسیون گاز متان در خاک پوشش نهایی و عوامل دیگر وابسته است (IPCC, 2006).

در تحقیق حاضر مقدار انرژی قابل بازیابی از گاز مرکز دفن معادل با ۰/۳ MJ/kg waste در نظر گرفته شده است (Arena, et al., 2003; Cherubini, et al., 2008; EPA, 2002; IPCC, 2006).

نتایج و بحث

وضعیت کنونی مدیریت پسماند در منطقهٔ مورد مطالعه

همان‌طورکه گفته شد، محدوده مورد مطالعه در این تحقیق، زواید شهری تولیدی توسط شرکت نفت فلات قاره منطقه سیری و پیمانکاران تابعه بوده و پسماندهای تولیدی در دیگر بخش‌ها (دیگر شرکت‌های فعال در سطح منطقه و واحدهای نظامی مستقر در جزیره) و همچنین پسماندهای غیر شهری، جزء این تحقیق نیست.

از نقطه نظر منابع تولید پسماند شهری می‌توان تقسیم‌بندی منطقه را شامل موارد زیر در نظر گرفت:

۱-زواید تولیدی در بخش آشپزخانه و رستوران؛

۲-پسماند شبه شهری تولیدی در سطح منطقه شامل کمپ‌ها، مسجد و مراکز مذهبی، بخش‌های تفریحی/ورزشی/فرهنگی، ادارات و دفاتر، محوطه کارخانه‌ها و کارگاهها و فضای سبز و

۳-زواید تولیدی در سکوها که از طریق حمل و نقل دریایی به جزیره منتقل می‌شوند.

در جدول شماره (۳) کمیت و نوع پسماندهای تولیدی در منطقه سیری ذکر شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، بخش عمدهٔ پسماند شهری تولیدی ناشی از فعالیت واحد آشپزخانه و رستوران مستقر در جزیره است. زواید تولیدی در این بخش در مخازن ۲۲۰ و ۶۶۰ لیتری ذخیره‌سازی شده و روزانه ۲ بار توسط ماشین‌آلات مجهز به سیستم بارگیری مکانیزه به محل دفع واقع در بخش شمال شرقی جزیره انتقال داده می‌شود.

مخازن مورد استفاده در بخش شبه شهری از انواع ۱۲۰ الی ۲۴۰ لیتری بوده و پسماند ارسالی از سکوها در اسکیپ‌ها به جزیره آورده می‌شود. شایان ذکر است در حال حاظر قسمت عمده‌ای از بخش فساد پذیر زواید تولیدی در سکوهای دریایی به‌منظور جلوگیری از فساد و به تبع آن انتشار بوهای نامطلوب و اشاعهٔ عوامل بیماری‌زا، پس از خرد کردن به‌داخل دریا تخلیه شده و مابقی که بیشتر شامل کاغذ و مقوا، انواع پلاستیک و فلزات است، در اسکیپ‌ها ذخیره‌سازی و هر ۲ الی ۳ روز یک‌بار توسط بارج برای دفع به جزیره انتقال داده می‌شوند.

نکته دیگری که از جدول شمارهٔ (۳) برمی‌آید بالا بودن درصد برخی از اجزای پسماند در منابع تولید زواید شهری جزیرهٔ سیری است. به‌عنوان مثال در بخش آشپزخانه و رستوران حدوداً ۵۰ کیلوگرم در روز زواید فلزی و شیشه‌ای تولید می‌شود (۵/۴۶ درصد از کل زواید تولیدی در این بخش) که در مقایسه با منابع مشابه در سایر مناطق شهری کشور بالاست.

به‌عنوان دلیلی موجه می‌توان به فاصلهٔ زیاد جزیره از نزدیکترین خشکی (۷۷ کیلومتر از بندر لنگه) و الگوهای کنونی خرید مایحتاج روزمره، اشاره داشت. اقلام غذایی و سایر مایحتاج روزمره وارد شده به جزیره بیشتردر بسته‌بندی‌های فلزی و شیشه‌ای بوده(بدین ترتیب از افت کیفیت محصولات به‌واسطهٔ حمل و نقل دریایی جلوگیری خواهد شد) و از طرف دیگر از آنجا که عمدهٔ فعالیت‌هایی که منجر به تولید زواید شهری می‌شوند، در بخش آشپزخانه و رستوران صورت می‌گیرد،

می‌توان پیش‌بینی کرد که درصد دورریزهای شیشه‌ای و فلزی در این منبع بالا باشد.

پس از انتقال زواید به مرکز دفع، کارگران به‌صورت دستی اقدام به جداسازی اجزای با ارزشی همچون کاغذ و مقوا، پلاستیک‌ها خصوصا ظروف PET[۸] و فلزات از جریان پسماند کرده و مابقی در سطح زمین تلنبار و هر چند وقت یک‌بار به‌صورت روباز سوزانده می‌شوند.

اهداف و قلمرو مطالعات

هدف اصلی این تحقیق، تهیه و توسعهٔ ابزاری برای ارزیابی زیست‌محیطی آثار ناشی از اجرای سناریوهای مختلف مدیریت پسماند در جزیره سیری است. مخاطبان این تحقیق در وهله نخست واحد بهداشت، ایمنی و محیطزیست منطقهٔ سیری که مسئولیت نظارت بر حسن اجرای عملیات دفع پسماند را بر عهده دارد، بوده و علاوه بر آن می‌تواند مورد توجه پیمانکاران دفع پسماند و مدیریت‌های دیگر مناطق نفتی نیز واقع شود.

این تحقیق در حوزهٔ پسماندهای شهری تولیدی در منطقه سیری توسط شرکت نفت فلات قاره ایران و پیمانکاران تابعه تعریف شده و براساس بررسی‌ها، در حدود ۴۵ تا ۶۰ درصد کل جریان پسماند شهری تولیدی منطقه را در بر می‌گیرد. انجام ارزیابی‌های فنی، اقتصادی و اجتماعی سناریوها از حدود این مقاله خارج است.

تعیین واحد عملیاتی

در تحقیق حاضر واحد عملیاتی به‌صورت مجموع زواید تولیدی در منطقه سیری در طول یک روز انتخاب شده است.

تعریف سناریوها و تعیین شرایط مرزی سیستم

سناریوهای مورد نظر در این مقاله شامل گزینه‌های مختلف دفع در محدودهٔ مورد مطالعه بوده و مرزهای سیستم به محل دفع پسماند محدود می‌شود. در اشکال شمارهٔ (۱ و ۲) سناریوهای زباله‌سوزی و دفن با/بدون استحصال انرژی از LFG تعریف شده برای منطقه سیری، نشان داده شده است.

تهیهٔ فهرست چرخهٔ عمر

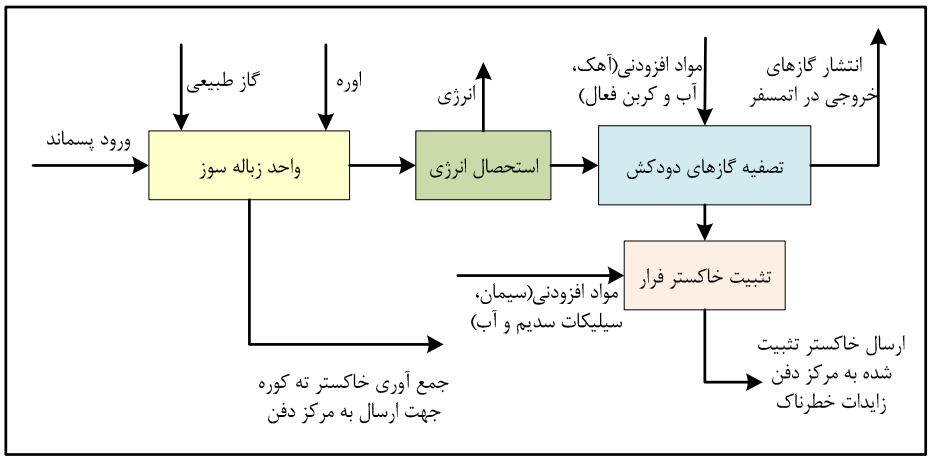
در این بخش جریان‌های ورودی و خروجی سیستم در سه دسته عوامل مستقیم، غیر مستقیم و تخفیف دهنده، تقسیم بندی شده و از دیدگاههای انتشار گازهای گلخانه‌ای و مصرف، یا صرفه جویی در انرژی، براساس معادلات ۲ و ۳ و با استفاده از جداول شمارهٔ (۱ و ۲) برآورد شده است.

جدول شمارهٔ (۳): کمیت و کیفیت فیزیکی پسماندهای جامد شهری تولیدی در منطقهٔ سیری

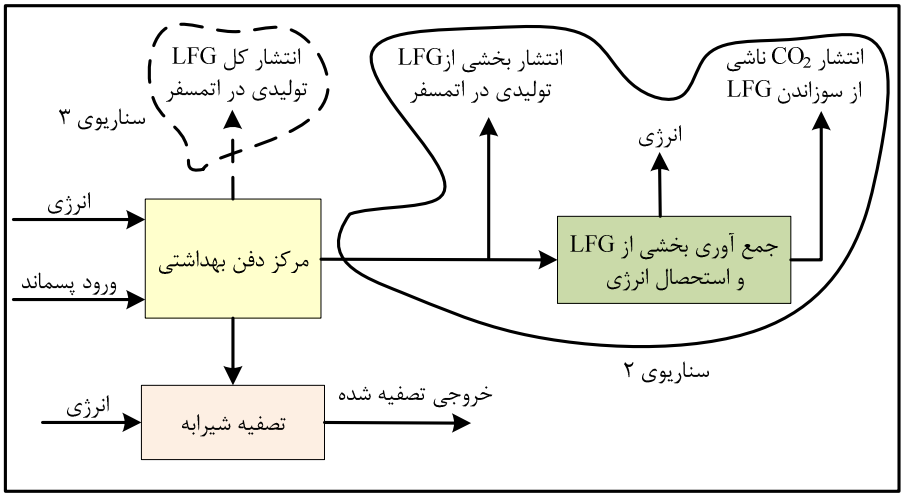
نوع پسماند	کمیت تولید پسماند در منابع مختلف (kg/day)				ارزش حرارتی[†] MJ/day	میزان رطوبت[†] kg/day
	آشپزخانه ورستوران	شبه شهری	سکوها	مجموع		
کاغذ و مقوا	۶۱/۹۱	۶۳/۵۸	۲۲/۲۲	۱۴۷/۷۱	۱،۹۸۱/۴	۳۵/۴
	(۶/۳۵٪)	(۱۲/۱۱)	(۲۵/۱۹)	(۹/۳۰)	(۹/۸۵)	(۵/۳۱)
انواع پلاستیک	۱۲۴/۲۲	۱۰۹/۴۶	۲۷/۷۳	۲۶۱/۴۱	۸،۶۹۵/۶	۳۴/۸
	(۱۲/۷۴)	(۲۰/۸۵)	(۳۱/۴۴)	(۱۶/۴۶)	(۴۳/۲۲)	(۵/۲۲)
فلزات	۲۹/۶۴	۱۰/۰۳	۲/۹۸	۴۲/۶۵	۰/۰۰	۰/۰۰
	(۳/۰۴)	(۱/۹۱)	(۳/۳۸)	(۲/۶۸)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)
شیشه	۲۳/۶۰	۴۲/۵۸	۲/۱۵	۶۸/۳۳	۰/۰۰	۰/۰۰
	(۲/۴۲)	(۸/۱۱)	(۲/۴۴)	(۴/۳۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)
پسماند غذایی	۷۱۰/۱۰	۱۰۰/۳۹	۲۳/۴۳	۸۳۳/۹۲	۶،۰۲۸/۶	۵۴۵/۴
	(۷۲/۸۳)	(۱۹/۱۲)	(۲۶/۵۶)	(۵۲/۵۱)	(۲۹/۹۷)	(۸۱/۸۹)
چوب و زواید باغبانی	۰/۰۰	۱۱۶/۸۱	۰/۰۰	۱۱۶/۸۱	۱،۹۵۲/۴	۱۷/۳
	(۰/۰۰)	(۲۲/۲۵)	(۰/۰۰)	(۷/۳۵)	(۹/۷۰)	(۲/۶۰)
سایر	۲۵/۵۳	۸۲/۱۵	۹/۶۹	۱۱۷/۳۷	۱،۴۶۰/۰	۳۳/۱
	(۲/۶۲)	(۱۵/۶۵)	(۱۰/۹۹)	(۷/۴۰)	(۷/۲۶)	(۴/۹۸)
مجموع	۹۷۵/۰۰	۵۲۵/۰۰	۸۸/۲۰	۱،۵۸۸/۲۰	۲۰،۱۱۸/۰	۶۶۶/۰
	(۶۱/۳۹)	(۳۳/۰۶)	(۵/۵۵)	(۱۰۰/۰۰)	(۱۰۰/۰۰)	(۱۰۰/۰۰)

اعداد داخل پرانتزنشان‌دهندهٔ درصد هر جزء از کل است.

[†]: محاسبات براساس اطلاعات اخذ شده از مرجع(Liu, et al., 1997).



شکل شمارهٔ (۱) : اجزای سناریوی ۱: (زباله‌سوزی)



شکل شمارهٔ (۲): اجزای سناریوهای ۲ و ۳: (دفن با/بدون جمع‌آوری LFG و استحصال انرژی)

ارزیابی آثار بالقوهٔ سناریوها و تفسیر نتایج

این ارزیابی‌ها با در نظر گرفتن دو اثر انتشار گلخانه‌ای و مصرف انرژی، انجام و نتایج در جدول شمارهٔ (۴) نشان داده شده است (علامت منفی مبین تخفیف انتشارات یا ذخیره انرژی است). همان‌طور که از این جدول برمی‌آید، از نقطه نظر شاخص GHGs سناریوی ۲ دارای کمترین آثار سوء خواهد بود. با وجود این درصورتی که گاز متان خروجی از مرکز دفن جمع‌آوری و سوزانده نشود (سناریوی ۳)، گزینهٔ دفن نامناسب‌ترین سناریوست.

شایان ذکر است نتایج ذکر شده در جدول شمارهٔ (۴) متناسب با محدودهٔ مطالعاتی مشخص شده در بخش ۲-۳ این مقاله بوده و درصورت درنظرگرفتن سایر زواید شهری تولیدی در جزیره و طرح‌های

جدول شمارهٔ (۴): مقایسهٔ سناریوهای مختلف از نقطه نظر مشخصه‌های زیست‌محیطی مورد مطالعه

اثر زیست‌محیطی / سناریو	انتشار گلخانه‌ای (kg CO_2 Eq./day)	مصرف انرژی (MJ/day)
سناریوی ۱ (زباله‌سوزی به‌همراه استحصال انرژی و دفن خاکستر)	۲۸/۹۴	-۳،۷۸۶/۲۷
سناریوی ۲ (دفن با جمع‌آوری و استفاده از LFG در تولید انرژی)	-۲۵/۳۰	-۴۲۳/۴۱
سناریوی ۳ (دفن بدون جمع‌آوری LFG)	۳۰۵/۴۶	۵۳/۰۵

توسعه آتی منطقه که در آینده منجر به اسکان کارکنان بیشتری در جزیره و به تبع آن افزایش تولید پسماند شهری خواهد شد، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و مصرف انرژی حتی بیش از مقادیر مذکور در جدول شمارهٔ (۴) خواهد بود. این امر به نوبه خود لزوم ارزیابی سناریوهای مختلف برای کاهش آثار سوء زیست‌محیطی را بیش از پیش نمایان می‌سازد.

از دیدگاه مصرف انرژی، سناریوی ۱ یعنی سوزاندن تمامی جریان پسماند و تولید انرژی الکتریکی از حرارت ایجاد شده، بهترین انتخاب است. از طرف دیگر اگرچه دفن بهداشتی حتی درصورت بازیابی انرژی LFG، قابل مقایسه با زباله‌سوزی نیست، نتایج حاصل نشان دهندهٔ بهبود وضعیت این گزینه در مقایسه با حالت بدون جمع‌آوری گاز مرکز دفن است.

با مراجعه مجدد به جدول شمارهٔ (۱) مشاهده می‌شود که مهم‌ترین عامل تولید گازهای گلخانه‌ای در گزینه زباله‌سوزی، احتراق زواید پلاستیکی است. از آنجا که پلاستیک منشاء غیر بیولوژیکی دارد، کلیهٔ CO_2 تولیدی از احتراق آن به‌عنوان GHGs محسوب خواهد شد، با وجود این به‌دلیل بالا بودن ارزش حرارتی آن در مقایسه با سایر انواع زواید موجود در جریان پسماند شهری (جدول شمارهٔ۳)، بیشترین تخفیف در انتشار این گازها نیز به‌دلیل بازیابی انرژی پلاستیک‌هاست (شایان ذکر است میزان فلزات موجود در تودهٔ پسماند نسبت به پلاستیک‌ها پایین است). می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که به هر میزان مدیریت منطقه بتواند درصد دور ریزهای پلاستیکی را کاهش دهد، گزینه زباله‌سوزی، GHGs پایین‌تری منتشر خواهد کرد.

همان‌طورکه در جدول شمارهٔ (۳) ذکر شده است، بخش زیادی از پلاستیک موجود در زواید جزیرهٔ سیری ناشی از منبع آشپزخانه و رستوران است که شامل انواع ظروف یک‌بار مصرف به‌صورت کاسه یا لیوان، ظروف PET (که بیشتر به‌صورت بطری‌های آب دورریز شده است) و کیسه‌های پلاستیکی (برای بسته‌بندی) است. بر این اساس، با انجام اقداماتی همچون ارائه آموزش‌های لازم به کارکنان، نصب آب سرد کن در رستوران، استفاده از لیوان‌های شیشه‌ای و تغییر شیوه کنونی خرید محصولات (خریداری بصورت فله‌ای که بسته‌بندی کمتری داشته باشد) می‌توان شاهد کاهش در تولید این قبیل زواید بود.

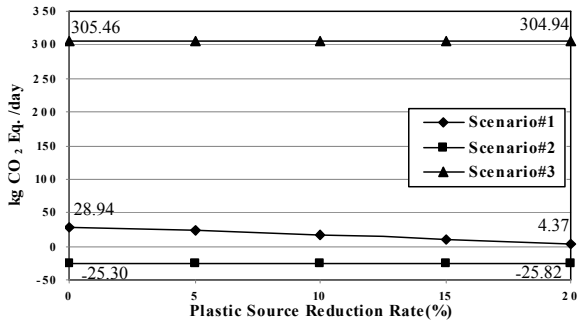
گزینهٔ دفن بدون جمع‌آوری LFG بیشترین انتشار GHGs را داشته است. مهم‌ترین دلایل آن وجود مقادیر زیادی از پسماندهای غذایی با عامل انتشار بالا و پس از آن زواید کاغذی است (جدول شماره ۲). اگرچه نگهداشت کربن درخصوص زواید کاغذی دفن شده شاخص تخفیف دهندهٔ انتشارات گلخانه‌ای محسوب می‌شود (به‌دلیل وجود درصد بالایی از لاینن در کاغذ که بسختی تجزیه می‌شود)، با وجود این متان ناشی از تجزیهٔ آن عامل افزایش GHGs خواهد بود.

در اینجا نیز می‌توان روشهای کاهش در مبدأ و اجتناب از تولید را به‌منظور کاهش درصد کاغذ در جریان پسماند پیشنهاد کرد. کاغذ بیشتر در ادارات و دفاتر موجود در سطح منطقه دورریز می‌شود. استفاده از دو رویهٔ کاغذ، انتقال اطلاعات به‌صورت دیجیتالی و ... از جمله راهکارهای قابل اجراست.

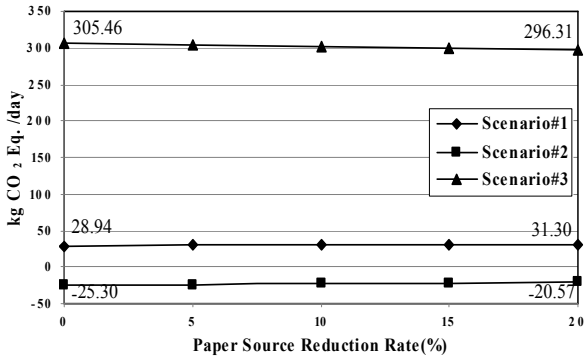
از طرف دیگر بیشتر کاغذ موجود در پسماند آشپزخانه و رستوران به‌دلیل دورریزی کارتن‌ها و بسته‌بندی کاغذی مواد غذایی ورودی به جزیره است و همان‌طور که قبلا گفته شد، خرید فله‌ای و در بسته‌بندی‌های کمتر می‌تواند تولید چنین زوایدی را کاهش دهد.

با توجه به مطالب سابق‌الذکر، ایجاد کاهش در میزان زواید پلاستیکی و کاغذی می‌تواند منجر به کاهش انتشار GHGs به ترتیب در گزینه‌های زباله‌سوزی و دفن بدون استحصال انرژی شود. این موضوع در اشکال شمارهٔ (۳ و ۴)نمایش داده شده است.

همان‌طور که در شکل شمارهٔ (۳) مشاهده می‌شود، حساسیت سناریوی ۱ نسبت به توسعه روند کاهش از مبدأ پسماندهای پلاستیکی بیشتر از مقدار معادل برای گزینه‌های دیگر است. بدین ترتیب اگر بتوان با ارائه آموزش‌های لازم و تأمین امکانات مورد نیاز به کاهش ۲۰ درصدی دورریزهای پلاستیکی از جریان پسماند رسید، روزانه ۲۴/۵۷ کیلوگرم CO_2 معادل از تولید گازهای گلخانه‌ای در سناریوی زباله‌سوزی جلوگیری خواهد شد. از طرف دیگر اعمال سیاست‌های کاهش از مبدا زواید پلاستیکی درخصوص کاهش انتشار GHGs از گزینه‌های دفن تأثیر چندانی نخواهد داشت.



شکل شمارهٔ (۳): تجزیه و تحلیل حساسیت سناریوها نسبت به ایجاد کاهش از مبداء تولید پسماندهای پلاستیکی



شکل شمارهٔ (۴): تجزیه و تحلیل حساسیت سناریوها نسبت به ایجاد کاهش از مبداء تولید دورریزهای کاغذ و مقوا

با توجه به این نکته که مهم‌ترین عامل تخفیف دهندهٔ انتشار GHGs در زباله‌سوزی، بازیابی انرژی است، بنابراین کاهش دادن پسماندهای کاغذی تأثیر منفی بر این گزینه داشته است (به‌دلیل پایین آمدن ارزش حرارتی پسماند). ولی با وجود این همان‌طورکه از شکل شمارهٔ (۴) بر می‌آید، با کمتر شدن درصد کاغذ و مقوا در جریان پسماند، متان کمتری از مرکز دفن در اتمسفر تخلیه می‌شود و گزینهٔ دفن بدون جمع‌آوری LFG از نقطه نظر زیست‌محیطی به شرایط بهتری خواهد رسید. برعکس، زمانی که قرار است گاز مرکز دفن مورد بهره‌برداری قرار گیرد، با کاهش زواید کاغذی ظرفیت نگهداشت کربن در مرکز دفن کمتر شده و انتشار گازهای گلخانه‌ای بیشتر خواهد شد. بنابراین، ایجاد کاهش در میزان پلاستیک‌های دورریز شده علاوه بر اینکه انتشار گلخانه‌ای زباله‌سوزی را کاهش می‌دهد، تأثیر چشمگیری بر گزینه‌های دفن (با/بدون استحصال انرژی) نخواهد داشت، حال آن‌که کاهش کاغذ از جریان پسماند آثار منفی بر زباله‌سوزی و دفن با استحصال انرژی داشته و اثر مثبت بر دفن بدون استحصال انرژی نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

جزیره سیری به‌علت موقعیت جغرافیایی و قرار گرفتن در مجاورت برخی از میادین نفتی کشورمان در خلیج فارس از اهمیت اقتصادی و سیاسی خاصی برخودار است. انجام فعالیت‌های شرکت‌های نفتی در این جزیره و حضور ساکنان اقماری در آن، مشکلاتی را در زمینه دفع زواید جامد تولیدی ایجاد کرده است. در این مقاله براساس مطالعات صورت گرفته در این منطقه و انجام تجزیه و تحلیل جریان پسماند شهری، سه سناریو بمنظور اصلاح وضع موجود دفع زواید شهری تعریف شد.

با به‌کارگیری روش LCA، ارزیابی این گزینه‌ها از نقطه نظر انتشار گازهای گلخانه‌ای(CH_4، CO_2 و N_2O) و مصرف انرژی انجام و نتایج حاصل تفسیر شد. گزینهٔ زباله‌سوزی از نظر مصرف انرژی بهترین گزینه است ولی انتشار GHGs آن در مقایسه با سناریوی دفن زواید با جمع‌آوری و بازیابی انرژی از LFG تولیدی، وضعیت نامطلوبی دارد. با توجه به بالا بودن سطح آبهای زیرزمینی در محدودهٔ مورد مطالعه، همچنین میزان تولید پسماند غذایی، امکان شیرابه‌زایی در مرکز دفن وجود داشته و نظر به میزان تخلخل خاک منطقه، احتمال پخش آلودگی در منابع آب جزیره و دریا بالاست. از طرف دیگر افزایش زمین مورد نیاز برای دفن کلیه پسماند تولیدی در مقایسه با دفن خاکستر زباله‌سوزی، می‌تواند منجر به ارجحیت گزینهٔ زباله‌سوزی نسبت به دفن شود.

از دیگر نتایج این تحقیق بررسی تأثیر اعمال سیاست‌های کاهش از مبداء پسماندهای پلاستیکی و کاغذی بر سناریوها بوده است. کاهش درصد زواید پلاستیکی در جریان پسماند از طریق ارائهٔ آموزش‌های لازم و ایجاد تغییر در برخی عادات اجتماعی، یا روش‌های خرید، کمک شایانی در زمینه کاهش گازهای گلخانه‌ای خروجی از زباله‌سوز خواهد نمود حال آن‌که این موضوع تأثیر چندانی در گزینه‌های دفن نشان نداده است. به‌عنوان یک نتیجه‌گیری از این تحقیق می‌توان گفت به‌ازای هر یک درصد کاهش از مبداء پسماندهای پلاستیکی، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای از سناریوی اوّل درحدود ۴/۲۵ درصد کاهش خواهند یافت.

کاهش میزان کاغذ تولیدی در جریان پسماند آثار منفی بر زباله‌سوزی و دفن با استحصال انرژی داشته و اثر مثبت بر دفن بدون استحصال انرژی از نظر پایین آوردن میزان انتشار GHGs نشان می‌دهد. به بیان دیگر، به منظور انتخاب اجزای پسماند برای اعمال سیاست‌های کاهش از مبداء لازم است ابتدا مشخصه‌های زیست‌محیطی متناسب با سیستم دفع موجود، یا پیش بینی شده محاسبه شده و پس از آن با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی، فنی و اجتماعی، اقدامات مقتضی صورت پذیرد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از مسئولان محترم شرکت نفت فلات قاره ایران که زمینه‌های لازم برای انجام این تحقیق را فراهم آوردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

یادداشت‌ها

1-Life Cycle Assessment (LCA)
2- Life Cycle Inventory (LCI)
3-Life Cycle Impact Assessment (LCIA)
4- Functional Unit (FU)
5- Green House Gases (GHG)
6- Land Fill Gas (LFG)
7- Metric Ton of Carbon Equivalent
8-Polyethylene Terephthalate

منابع مورد استفاده

پوی، ه.س.، روو، د.ر. و چوبانوگلوس، ج. ۱۳۸۵. مهندسی محیط‌زیست (جلد دوم)، ترجمهٔ: کی‌نژاد، م.ع. و ابراهیمی، س.، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند، سهند.

چوبانوگلوس، ج. و کریث، ف. ۱۳۸۹. راهنمای کاربردی مدیریت پسماند (جلد اول و دوم)، ترجمهٔ: خانی، م.ر.، مهدی‌پور عطایی، خ.، محمودخانی، ر.، ملتی، م. و خلیلی، ا.، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، تهران.

صبور، م. ر.، خانپوراقدم، س. و قنبرزاده لک، م. ۱۳۸۷. تعیین خصوصیات فیزیکی پسماندهای جامد در مناطق نفتی جنوب کشور، سمینار تخصصی نفت، گاز و محیط‌زیست، دانشگاه شیراز، شیراز.

صبور، م.ر. و قنبرزاده لک، م. ۱۳۸۸. چالش‌های پیش رو در کاربرد روش ارزیابی چرخهٔ عمر در مدیریت مواد زاید جامد شهری تولیدی کشور، دومین سمپوزیوم بین المللی مهندسی محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران.

عمرانی، ق.ع. ۱۳۸۶. مدیریت زباله‌های شهری، انتشارات دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران، تهران.

قنبرزاده لک، م. و صبور، م.ر. ۱۳۸۷. مدلسازی انتشارات ناشی از دفن پسماندهای جامد شهری و تعیین جریان‌های مؤثر به‌منظور اعمال سیاست‌های کاهش از مبدا: مطالعهٔ موردی، چهارمین همایش ملی زمین شناسی و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر، اسلامشهر.

Arena,U., M.L.,Mastellone, and F.,Perugini. 2003. The Environmental Performance of Alternative Solid Waste Management Options: A Life Cycle Assessment Study, Chemical Engineering Journal, 96, pp 207–222.

Banar,M., Z.,Cokaygil, and A.,Ozkan.2008. Life Cycle Assessment of Solid Waste Management Options for Eskisehir, Turkey, Waste Management, 29, pp 54-62.

Blengini,G.A. 2008. Using LCA to evaluate impacts and resources conservation potential of composting: A case study of the Asti District in Italy, Resources, Conservation and Recycling, 52, pp 1373–1381.

Chen,T.C. and C.F.,Lin. 2008. Greenhouse Gases Emissions from Waste Management Practices Using Life Cycle Inventory Model, Journal of Hazardous Materials, 155, pp 23–31.

Cherubini,F., S.,Bargigli, and S.,Ulgiati. 2008. Life Cycle Assessment (LCA) of Waste Management Strategies: Landfill, Sorting Plant and Incineration, Energy, doi: 10.1016/j.energy.2008.08.023.

Environmental Protection Agency (EPA). 2002. Solid Waste Management and Greenhouse Gases. A Life Cycle Assessment of Emissions and Sinks, second ed., US Environmental Protection Agency, Washington, DC, (EPA530-R-02-006).

IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, National Greenhouse Inventories Programme, IGES, Japan.

Kirkeby,J.T. 2005. Modeling of life cycle assessment of solid waste management systems and technologies, Ph.D. Thesis, Institute of Environment & Resources, and Technical University of Denmark, Denmark.

Liamsanguan,C. and S.H.,Gheewala. 2007. LCA: A Decision Support Tool for Environmental Assessment of MSW Management Systems, Journal of Environmental Management, 87, pp 132-138.

Liu,D.H.F., B.G.,Liptak and P.A.,Bouis. 1997. Environmental Engineer's Handbook, 2nd ed., Chapter10: Solid Waste, CRC Press LLC, USA.

Rieradevall,J., X.,Domenech and P.,Fullana. 1997. Application of Life Cycle Assessment to Landfilling, the International Journal of Life Cycle Assessment, 2 (3), pp 141-144.

Weitz,K., et al. 1999. Life Cycle Management of Municipal Solid Waste, the International Journal of Life Cycle Assessment, 4 (4), pp 193-201.

White,P.R., M.;Franke, P.,Hindle. 1995. Integrated Solid Waste Management: A Life-cycle Inventory, Aspen Publishers Inc., USA.