مجله مهندسی بهداشت محیط، تابستان ۱۳۹۸، سال ٦، شماره ٤: ٤٤٣-٤٥٦

ارزیابی زیست محیطی چرخه حیات سامانه مدیریت پسماند شهری بر پایه مدل‌سازی LCAIWM1

مطالعه موردی: شهر رشت

کوروش رحمانی[۱] ، زینب داداش‌خواه[۲*]، مرتضی عالیقدری[۳]، احمد مختاری[۳] ، هادی نظری[٤]

[۱] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده پیراپزشکی ممسنی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران
[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران
[۳] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران
[٤] دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۷/۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۸

چکیده

زمینه وهدف: امروزه رشد جمعیت و افزایش فعالیت‌های انسانی در جوامع شهری سبب تولید حجم زیاد پسماند شده است. حجم پسماند سبب بروز مشکلاتی در سلامتی انسان‌ها و آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌باشد. اخیراً جهت بهبود شرایط، ابزاری به نام ارزیابی چرخه حیات ابداع‌شده است. هدف از این مطالعه، مقایسه اثرات زیست محیطی چهار سناریو دفع پسماند شهری شهرستان رشت می‌باشد.

موادوروش‌ها: در این تحقیق کمیت زباله و داده‌های موردنیاز برای سیاهه‌نویسی تعیین و سپس مراحل چهار گانه ارزیابی چرخه زندگی در ارتباط با هر یک از سناریوهای تعریف‌شده انجام شد. درنهایت نتایج حاصله از مدل IWM1 مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج حاصل نشان داد که با دفع بخشی از پسماند در کارخانه کود آلی با روش کمپوست و دفن بخشی از آن در لندفیل بهداشتی و استحصال انرژی و افزایش نرخ بازیافت، می‌توان شاهد کاهش چشمگیری در میزان انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی شد. به‌طوری‌که شاخص اکولوژیکی برترین سناریو ۲/۱۰E+۰٦- ، و برای مخرب ترین سناریو ۲/۳۹E+۰۷+ به دست آمد.

نتیجه‌گیری: با توجه به ارزیابی زیست‌محیطی و مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از سیاهه نویسی چرخه حیات سناریو اول (جمع‌آوری؛کمپوست؛ بازیافت؛ لندفیل بهداشتی) با شاخص اکولوژیکی نقش مهمی در کاهش بار آلاینده و مصرف انرژی دارد و به عنوان برترین گزینه مدیریت انتخاب و در اختیار صاحب‌نظران و تصمیم‌گیران قرار گرفت.

کلمات کلیدی: پسماند شهری، ارزیابی چرخه حیات، مدل LCAIWM1، شهر رشت

[*] **نویسنده مسئول:** دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران
ایمیل: mdadshkhah@yahoo.com - تلفن تماس: ۰۱۳۳۴۶۴۲۰۶۲

مقدمه

جمعیت جهان نزدیک به ۷/۲ میلیارد نفر تا سال ۲۰۱۵ تخمین زده‌شده است. همراه با رشد سریع شهرنشینی، حدود دوسوم از مردم جهان در سال ۲۰۲۵ در شهرها سکونت خواهند داشت[۱]. افزایش جمعیت در مناطق شهرنشینی، فعالیت‌های انسانی را پیش رو دارد که سبب تولید پسماند و از طرفی تغییرات جهانی آب‌وهوا می‌شود[۲]. تولید پسماند در جهان سالانه چیزی حدود ۱۷ میلیارد تن می‌باشد که انتظار می‌رود این رقم تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۲۹ میلیارد تن برسد[۳]. تعاریف متعددی از واژه پسماند توسط سازمان‌ها و اشخاص مختلف وجود دارد. بر اساس توصیف سازمان همکاری اقتصادی و توسعه OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) پسماند عبارت است از موادی اجتناب‌ناپذیر از فعالیت‌های انسانی که در حال حاضر و در آینده نزدیک نیازی به آن نیست و پردازش و یا دفع آن ضروری می باشد[۴]. برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد UNEP (United Nation Environment Programe) اشیایی که مالکانشان آن‌ها را نمی‌خواهند، یا از آن‌ها استفاده نمی‌کنند و به پردازش یا دفع نیاز دارند را به‌عنوان پسماند معرفی کرده است[۵].

این حجم پسماند سبب ایجاد آلودگی‌ها، تخریب محیط‌زیست، بیماری واگیردار و بروز مشکلات برای سلامتی انسان‌ها می‌شود. لذا مدیریت ضایعات جامد شهری در تمام مراحل آن نیاز به برنامه‌ریزی دارد[۶]. ارزیابی اثرات زیست محیطی در کشورهای در حال توسعه با شناسایی موانع و انگیزه ها جهت مدیریت صحیح پسماند و همچنین شناسایی روابط در میان عوامل به منظور درک ماهیت MSW (Municipal Solid Waste) و بررسی ارتباط آن با جامعه از نظر ابعاد زیست محیطی و اقتصادی مطالعه می گردد[۱].

روش‌های اولیه مدیریت پسماند اغلب به‌صورت کیفی مورد ارزیابی قرار می‌گرفتند که از اعتبار کمتری برخوردار بودند اما برای بهبود شرایط و در نظر گرفتن معیار آب و هوا، منطقه جغرافیایی، نوع ترکیبات، انرژی و سایر فاکتورهای اثرگذار، ابزاری به نام ارزیابی چرخه حیات ابداع شد [۷-۱۰]. ارزیابی چرخه حیات محیط زیستی در سه دهه گذشته به‌سرعت توسعه‌یافته است[۱۱]. این روش استاندارد بین‌المللی را می‌توان برای شناسایی اثرات زیست‌محیطی[۱۲]، ابزاری جهت حل مسائل زیست‌محیطی[۱۳] و مقایسه گزینه های مختلف مدیریت پسماند استفاده کرد[۱۲، ۱۴، ۱۵]. در مطالعه‌ای که در کشور اندونزی توسط Gunamantha در سال ۲۰۱۲ انجام شد[۱۶] مقایسه میان گزینه‌های مختلف با تعیین انرژی توسط آنالیز LCI (Life Cycle Impact) در راستای تعیین بارهای زیست محیطی انجام شد. ازجمله نتایج درخور توجه این بررسی، برتری سناریوی گازی سازی مستقیم نسبت به سناریو لندفیل با بازیابی انرژی، ترکیب زباله‌سوزی و حذف بی‌هوازی، ترکیب گازی سازی و حذف بی‌هوازی، و زباله‌سوزی مستقیم بوده است. در مطالعه دیگری که توسط Mufid Banar و همکاران (۲۰۰۹) در شهر اسکی ترکیه انجام شد[۱۷]، پنج سناریو جایگزین از طریق روش CMLCA2000 (Chain Management by Life Cycle Assessment) مورد مقایسه قرار گرفت. با توجه به مقایسه و تجزیه‌وتحلیل حساسیت، سناریو کمپوست به‌عنوان جایگزین سازگار با محیط زیست تعیین شد. Manfredi و همکاران (۲۰۱۱) در دانمارک[۱۸] عملکرد زیست‌محیطی سه گزینه اصلی مدیریتی لندفیل، بازیافت و زباله‌سوز را از طریق مدل EASEWASTE(Environmental Assessment of Solid Waste Systems and Technologies) مورد بررسی قرار دادند. نتایج بیانگر مناسب بودن عملکرد زیست‌محیطی

زباله‌سوزی و لندفیل با بازیابی انرژی در مورد مواد آلی و کاغذ قابل بازیافت مطرح گردید. همچنین در مورد تمرکز و تأکید بر گرمایش جهانی، گزینه بازیافت مورد تأیید قرار گرفت.

Francesco Cherubini و همکاران (۲۰۰۹) [۱۹] در مطالعه‌ای ٤ استراتژی مدیریت زباله را مورد ارزیابی قراردادند که سیستم دفن به‌عنوان بدترین گزینه جهت مدیریت زباله و تخریب زیست‌محیطی در مقیاس جهانی انتخاب گردید. Koroneos و همکاران (۲۰۱۲) [۲۰] با روش ارزیابی چرخه حیات مدیریت پسماند و تولید انرژی را مورد آنالیز قرا دادند. در این مطالعه اثرات زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی گزینه‌های مختلف مدیریت پسماند شامل لندفیل، بازیافت کاغذ و هضم بی‌هوازی مواد غذایی مقایسه گردید. افزودن گزینه بازیابی انرژی، منجر به کاهش اثرات زیست‌محیطی شد. همچنین نتایج برتری بازیافت کاغذ و هضم بی‌هوازی پسماند مواد غذایی را نسبت به لندفیل نشان می‌دهد.

ارزیابی چرخه حیات سیستم مدیریت پسماند توسط مدل-های مختلف قابل‌اجراست که از بین آنان، مدل LCAIWM1 (Life Cycle Assessment Integrated Waste Management) علاوه بر دسترسی آسان، ازلحاظ علمی معتبر است و روش‌های نوینی را جهت دفع و تصفیه در اختیار کاربران قرار داده است. وجه تمایز این مدل، توانایی شناسایی کامل اثرات زیست محیطی سیستم مدیریت پسماند از مرحله جمع آوری تا دفن پسماند و همچنین نمایش انتشار آلاینده در هر فرآیند با توجه به نوع پسماند، می باشد.[۲۱، ۲۲] ارزیابی چرخه حیات شامل مراحل چهارگانه: تعریف هدف و دامنه، تحلیل سیاهه چرخه حیات، ارزیابی اثرات و تفسیر آن‌ها است. در ابتدا هدف مطالعه، سناریوهای انتخابی، مرز سیستم و نحوه تصمیم‌گیری و گردآوری داده‌ها مشخص می‌گردند. سپس در مرحله فهرست چرخه حیات کلیه جریان‌های ورودی و خروجی سیستم ترسیم می‌گردد. ازجمله آثار گرمایش جهانی، پدیده اسیدی شدن، اکسیداسیون فتوشیمیایی، کاهش منابع انرژی و آثار سمی بر انسان به‌صورت شاخه در مرحله سوم LCA (Life Cycle Assessment) بررسی می‌گردد. سرانجام در آخرین مرحله روش ارزیابی چرخه حیات، نتایج حاصل در راستای هدف تحقیق تفسیر شده و راهکارهای مدیریتی ارائه خواهد شد[۲۳]. با توجه به اهمیت موضوع و روش پیش رو، بر آن شدیم تا مطالعه‌ای را با هدف ارزیابی زیست محیطی چرخه حیات سامانه مدیریت پسماند شهری بر پایه مدل‌سازی LCAIWM1 (مطالعه موردی: شهر رشت) به انجام برسانیم.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه، شهر رشت است. شهر رشت در منطقه شمال ایران و در مرکز استان گیلان قرارگرفته است. جمعیت این شهر در سال ۱۳۹۵ حدود ۷٤۸۷۱۱ نفر می‌باشد. این جمعیت به علت تعداد زیادی از گردشگران در تعطیلات بهار و تابستان دارای تغییرات فصلی است. جمعیت شهر رشت در طول روز حدود ۳۰ درصد بیشتر از جمعیت در طول شب می‌باشد. مدیریت پسماندها در شهر رشت توسط دو موسسه بازیافت و تبدیل مواد شهرداری رشت و موسسه مدیریت پسماندهای جامد استان گیلان انجام می‌گیرد. کارخانه کمپوست رشت در سال۱۳۸۱ با هدف مدیریت پسماند آلی، با ظرفیت اسمی ۲۵۰ تن احداث شد[۲٤]. شناخت کمیت و کیفیت زائدات تولیدی از سیستم مدیریت، بهره برداران را قادر خواهد ساخت تا طرح‌های نظارتی و کنترلی خود را در زمینه زائدات تولیدی تبیین و با شناخت کامل، نسبت به اجرای برنامه‌هایی از قبیل پردازش، دفع و دفن زائدات تولیدی از منابع مختلف اقدام نمایند[۲۵].

آخرین عنصر موظف در مدیریت پسماند شهری، دفن پسماند می‌باشد. در وضعیت موجود مدیریت پسماند رشت، روزانه حدود ۱۰۰۰ تن زباله به محل دفن منتقل می‌شود که از

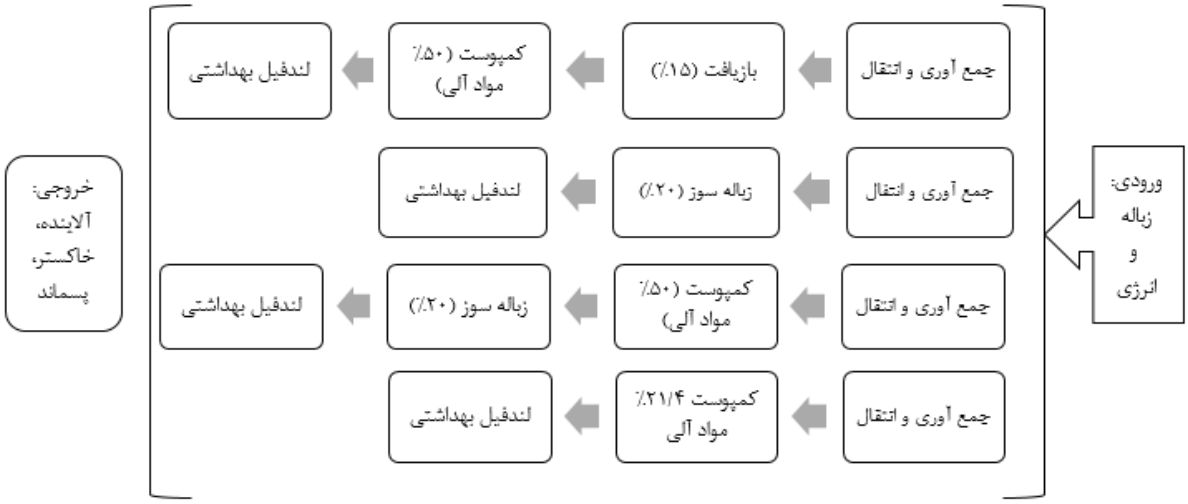
میزان، مقدار ۷۰۰ تن پسماند تولیدی شهر رشت می‌باشد. ورودی فعلی کارخانه کود آلی پسماند روزانه ۳۰۰ تن است که باقی مانده فعلی آن به دفنگاه سراوان۱۵۰ تن در روز می‌باشد.

در این مطالعه ارزیابی چرخه حیات مدیریت پسماند شهر رشت، با توجه به مقدار تن زباله تولیدشده و نیز مقدار خروجی و مقدار انرژی و سوخت مورداستفاده در هر سیستم، انجام گردید. در ادامه کار جهت مقایسه آثار هر یک از این سناریوها توسط IWM-1 (Integrated Waste Management) سیاهه نویسی قرار گرفت. در ارزیابی اثرات چرخه حیات، نتایج به‌دست‌آمده از سیاهه نویسی چرخه حیات به واحدهای فیزیکی تبدیل می‌شوند تا از آن‌ها روش‌های مدیریتی به دست آیند. تاکنون برای انجام ارزیابی اثرات چرخه حیات روش‌شناسی یکسان و استانداردی که مقبولیت جهانی داشته باشد ارائه نشده است، این مرحله خود شامل مراحل زیر است:

۱- طبقه‌بندی و ویژه سازی اثرات به‌دست‌آمده از مرحله فهرست‌نویسی

۲-وزن دهی به هر طبقه بر طبق فرمول مربوطه و به دست آوردن شاخص هر اثر

اهداف این مطالعه مقایسه ٤ سناریو است که دربرگیرنده روش‌های مختلف دفع پسماند سیستم مدیریت پسماند شهر رشت است که در شکل ۱ نشان داده‌شده است. اجزای و قسمت‌های سیستم مدیریت پسماند که توسط سناریوها بررسی گردیدند عبارتند از: مرحله جمع‌آوری و حمل و نقل زباله، واحد و تجهیزات بازیافت مواد، کمپوست، زباله‌سوز و لندفیل است. مرزهای سیستم با جمع‌آوری زباله از درب منزل آغاز می‌گردد و با دفن زباله و یا تبدیل کردن به کمپوست در کارخانه کود آلی پایان میابد. مؤلفه‌های مورد ارزیابی در برآورد بار محیط زیستی شامل: آلودگی آب، آلودگی هوا، انرژی مصرفی و پسماند به جا مانده است. مقدار بار آلودگی و مصرف انرژی در سناریوی تولید کمپوست بر اساس میزان متان تولید شده (درصورتی‌که کمپوست به‌صورت غیر هوازی تولید شود و یا اینکه هوادهی به اندازه کافی صورت نگیرد، گاز متان تولید می‌شود)، مقدار شیرابه و انرژی مصرفی ماشین‌آلات و سوخت‌های مورد استفاده در فرایند تولید کمپوست در نظر گرفته شد. مقدار بار آلودگی و مصرف انرژی در سناریوی زباله‌سوز بر اساس میزان آلاینده‌های رهاشده از دودکش، خاکستر فرار و خاکستر کف، مقدار شیرابه و انرژی مصرفی ماشین‌آلات و تجهیزات کوره زباله‌سوز در نظر گرفته شد. مقدار بار زیست محیطی سناریوی لندفیل، بر اساس میزان مصرف سوخت ماشین‌های مورد استفاده و نیز آلودگی‌های ناشی از آن‌ها و نیز آلودگی حاصل از شیرابه و گاز متان تولید شده برآورده و محاسبه شدند و در ارزیابی نهایی مورد استفاده قرار گرفتند.



شکل ۱: سناریوهای مورد مقایسه در مدل

جدول ۱: تفکیک وزنی اجزاء تشکیل‌دهنده مواد زائد جامد

ترکیب	درصد	کیلوگرم
پسماندهای غذایی	٦٢/٠	١٥٨٤١٠
کاغذ	٤/٣	١٠٩٨٦/٥
شیشه	١/٤	٣٥٧٧
ترکیبات فلزی	٠/٩٥	٢٤٢٧/٢٥
آلومینیوم	٠/١٢	٣٠٦/٦
PET	١١/٦	٢٩٦٣٨
HDPE	٢/٨	٧١٥٤
LLDPE	١/٨	٤٥٩٩
PP	٢	٥١١٠
PS	٠/٩	٢٢٩٩/٥
مواد زائد باغبانی	٢/٣	٥٨٧٦/٥
خاکروبه و خاکستر و غیره	٩/٨٣	٢٥١١٥/٦٥

مدل‌سازی مرحله فهرست‌نویسی داده‌ها

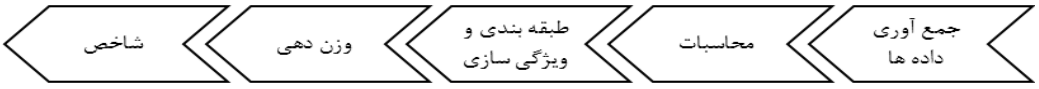
داده‌های موردنیاز این پژوهش از سازمان مدیریت پسماند شهرداری رشت، دفتر آمار و اطلاعات و GIS استانداری رشت، بازدیدهای میدانی، استناد به مقالات موجود، مصاحبه‌های شخصی مستقیم از کارکنان شهرداری به دست آمد .در این مرحله ویژگی‌های پسماند تولیدی شهر رشت از قبیل مقدار تولید پسماند، آنالیز فیزیکی پسماند، چگالی پسماند، و نیز روش مدیریت فعلی پسماند و داده‌های مربوط به جمع‌آوری و حمل‌ونقل جمع‌آوری و مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند.

به‌منظور کمیت زباله، ترکیب پسماند شهر رشت در منطقه سرپوشیده کارخانه کود آلی به مدت ۱۰ روز مورد آنالیز قرار گرفت. در هر روز نمونه از قبل مشخص، در بشکه طراحی‌شده به حجم ۰/۱۹٦ مترمکعب بر روی ترازو دیجیتال

تخلیه شد و تجزیه و تحلیل گردید. وزن خالص زباله داخل بشکه با بلند کردن تا ارتفاع نیم متر و رها کردن و تکرار این عمل تا ۳ مرتبه تعیین شد. میانگین خصوصیات کمی و کیفی زوائد تولیدی شهر رشت در جدول (۱) ذکرشده است.

ارزیابی چرخه حیات سناریوهای مدل‌سازی شده سیستم مدیریت پسماند شهر رشت

این مرحله کمک‌کننده جهت ارزیابی صحیح نتایج سیاهه چرخه حیات سیستم می‌باشد. بر اساس دستورالعمل ISO ۱۴۰۴۲ ارزیابی اثرات چرخه زندگی LCIA بر اساس شکل ۲، از مراحل تعیین و تعریف گروه‌های اثر، مشخصه سازی، نرمال‌سازی و تجمیع یا وزن دهی تشکیل‌شده است. در مرحله ارزیابی چرخه حیات نتایج به‌دست‌آمده در مرحله آنالیز فهرست‌نویسی، در راستای هدف و دامنه براساس دستورالعمل با استفاده از مراحل، چهارگانه محاسبه گردید[۲۶].



شکل ۲: مراحل انجام ارزیابی اثرات چرخه حیات (۱)

فهرست‌نویسی کل آلاینده‌های واردشده به آب، به تفکیک هر بخش انجام می‌گردد. مرحله طبقه‌بندی با توجه به طبقات اثر موردنظر انجام گردید و مقادیر سیاهه شده بر اساس پسماند مدیریت‌شده در سناریو اول نرمال گردید. در مرحله بعد، این مقادیر در فاکتورهای ویژگی سازی جدول(۲) طبق فرمول اساسی ویژگی سازی رابطه (۱) ضرب گردیدند تا در هر یک از طبقات اثرات مدنظر، مقادیر سیاهه شده بر اساس واحد معادل محاسبه گردند. به‌این‌ترتیب، در پایان مرحله ویژگی‌سازی برای هر طبقه اثر شاخص طبقه اثر، محاسبه شد که نشان‌دهنده مجموع اثر بار محیط زیستی ایجادشده در طبقه‌های یادشده است.

رابطه (۱) $Ii = \Sigma Cij \times Xj$

که در آن:

Ii: شاخص طبقه اثر، Cij: فاکتورهای ویژگی سازی، Xj: مقدار ماده j است. درنهایت شاخص‌های به‌دست‌آمده در هر یک از طبقات، طبق رابطه (۲) در وزن نسبی آن طبقه جدول(۳) ضرب شد تا نمایه‌های قابل‌جمع کردن و مقایسه‌شدن با یکدیگر باشند.

رابطه (۲) $I = \sum^{N}_{i=1} Wi\ In$

که در آن I معیار کمی مقایسه دو سامانه و W_i وزن نسبی طبقات اثر و I_n شاخص طبقه اثر است. بدین ترتیب برای سناریو اول، نمایه بوم‌شناختی به دست آمد. نمای اکولوژیکی سناریو یک ۱/۲E+۶- است. علامت منفی به خاطر مقدار انرژی ذخیره‌شده از مرحله بازیافت و تولید برق از گاز لندفیل است.

جدول ۲: فاکتورهای ویژگی سازی طبقه اثر[۲۷-۳۴]

فاکتور ویژگی سازی	ماده سیاهه نویسی شده	طبقه اثر (واحد معادل)
۱	CO_2	گازهای گلخانه‌ای(CO_2)
۲۵	CH_4	
۰/۷	NO_x	گازهای اسیدی(SO_2)
۱	SO_x	

۰/۸۸	HCL	
۳/٦	VOC	مه دود فتوشیمیایی (C_2H_4)
۲٤/۸	NO_x	
۰	PM	
٤/۷E۲	سرب	خروجی‌های سمی
٦E۳	جیوه	(۱-٤ DCB)
۱/۵E۵	کادمیوم	
۱/۰۵E۲	دی اکسین	
۱/۲E۱	سرب	
۱/٤E۳	جیوه	
۲/۳E۱	کادمیوم	
۱/۰۸E۱	دی اکسین	
۱/٦E۲	اکسیژن خواهی زیستی	

جدول ۳: وزن نسبی طبقات اثر در روش مدل‌سازی MET [۳۵]

طبقه اثر	وزن
مصرف منابع انرژی	۰/۸۸
گازهای گلخانه‌ای	۰/۸۹
گازهای اسیدی	۰/٤۰
مه دود فتوشیمیایی	۰/۲۹
خروجی‌های سمی	۰/۱۳

نتایج

با لحاظ کردن سهم هر یک از روش‌های مدیریت پسماند در هر سناریو و با استفاده از سایر داده‌های جمع‌آوری‌شده، مدل IWM1 راه‌اندازی شد. در این مدل، مقدار آلاینده تولیدشده در مراحل مختلف مدیریت پسماند تعیین گردید. برای مرحله طبقه‌بندی، تنش‌های سیاهه شده مرحله فهرست‌نویسی سناریوها با توجه به طبقات اثر موردنظر طبقه‌بندی گردید. سپس در هریک از طبقات اثر مقادیر سیاهه شده بر اساس پسماند مدیریت‌شده در سناریو موردنظر نرمال شد. جدول ٤ نتایج حاصل از نرمال‌سازی مقادیر سیاهه شده سناریو اول، دوم، سوم و چهارم را به تفکیک نشان می‌دهد.

جدول ٤: مقادیر نرمال سیاهه چرخه حیات پسماند شهری رشت برحسب پسماند مدیریت‌شده در سناریوی اول

نوع تنش	واحد	مقادیر نرمال سیاهه شده در سناریو یک	مقادیر نرمال سیاهه شده در سناریو دو	مقادیر نرمال سیاهه شده در سناریو سه	مقادیر نرمال سیاهه شده در سناریو چهار
CO_2	گرم/تن پسماند	-۱/۱۷E+۰۵	۱/۸۹E+۰۵	۱/۰٤E+۰۵	۱/۵۷E+۰۵
CH_4	گرم/تن پسماند	۸/۳٦E+۰٤	۲/۰۵E+۰۵	۹/۷٤E+۰٤	۲/۰۷E+۰۵
NOx	گرم/تن پسماند	-۲/۲۳E+۰۲	۲/۵۳E+۰۱	۱/٤٦E+۰۱	۵/۷۲E+۰۰

SOx	گرم/تن پسماند	−۳/۷۵E+۰۲	۲/۵۰E+۰۰	۸/۰۰E-۰۱	۱/۲۰E+۰۰
HCl	گرم/تن پسماند	−۱/٤٦E+۰۳	٦/۵۱E+۰۰	٦/۳٤E+۰۰	۳/۵۲E-۰۱
N_2O	گرم/تن پسماند	−۷/۹۱E+۰۳	۸/۹۸E+۰۲	۵/۱۸E+۰۲	۲/۰۳E+۰۲
PM	گرم/تن پسماند	۰/۰۰E+۰۰	۰/۰۰E+۰۰	۰/۰۰E+۰۰	۰/۰۰E+۰۰
$VOCs$	گرم/تن پسماند	−۱/۱۱E+۰۳	٤/۱۸E+۰۱	۲/۰۹E+۰۱	۵/۲۹E+۰۱
Pb	گرم/تن پسماند	−۲/۰۷E+۰۳	۱/۷۰E+۰٤	۱/۷۰E+۰٤	٤/۷۰E+۰۱
Hg	گرم/تن پسماند	−۷/۲٦E+۰۳	۸/۳۰E+۰٤	۸/۲۸E+۰٤	٦/۰۰E+۰۱
Cd	گرم/تن پسماند	−۸/۷۰E+۰٤	۵/٤٦E+۰۵	۵/٤۲E+۰۵	٦/۰۰E+۰۳
Dioxins	گرم/تن پسماند	٤/۲۰E-۰۱	٤/۵۲E+۰۰	٤/۱۰E+۰۰	۷/۳۵E-۰۱
$Pbwater$	گرم/تن پسماند	−۳/۱۸E+۰۲	۱/۱۳E+۰۲	٤/۰۸E+۰۱	۷/۲۲E+۰۲
Hg$water$	گرم/تن پسماند	۲/۳۵E+۰۲	۵/۲۵E+۰۲	۲/۸۸E+۰۲	۱/۱۷E+۰۳
$Cdwater$	گرم/تن پسماند	۲/۷۲E+۰۱	۵/۹۸E+۰۲	۳/۷۹E+۰۲	۱/۹٦E+۰۳
BOD	گرم/تن پسماند	۷/۱۹E+۰٦	۳/۱۷E+۰۷	۱/۹٦E+۰۷	۱/۸۱E+۰۸
Dioxins$water$	گرم/تن پسماند	۰/۰۰E+۰۰	۲/۱۹E-۰۲	۱/۳۹E-۰۲	۱/۲۲E-۰۱

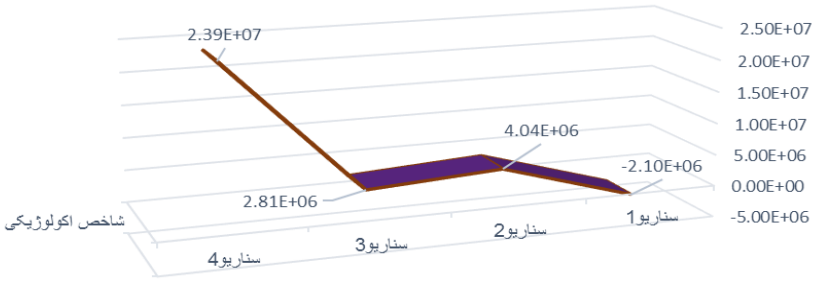
جدول ۵: شاخص اکولوژیکی، سناریوهای اول تا چهارم

طبقه اثر	سناریو۱		سناریو۲		سناریو۳		سناریو٤	
	خروجی سمی	ضرب در وزن	خروجی سمی	ضرب در وزن	خروجی سمی	ضرب در وزن	خروجی سمی	ضرب در وزن
مصرف منابع انرژی	−۳/۳۹E+۰٦	−۲/۹۹E+۰٦	−۵/۷۸E+۰۵	−۵/۰۸E+۰۵	−٦/٦۹E+۰۵	−۵/۸۹E+۰۲	۲/۲۱E+۰٤	۱/۹۵E+۰٤
گازهای گلخانه‌ای	−۳/۳۵E+۰٤	−۲/۹۸E+۰٤	۳/۹٤E+۰۵	۳/۵۱E+۰۵	۲/۰۱E+۰۵	۱/۷۹E+۰۵	۳/٦٤E+۰۵	۳/۲٤E+۰۵
گازهای اسیدی	−۲/۰٦E+۰۳	−۸/۲٤E+۰۲	۳/٤٤E+۰۱	۱/۳۷E+۰۱	۲/۱۸E+۰۱	۸/۷۱E+۰۰	۷/۲۷E+۰۰	۲/۹۱E+۰۰
مه دود فتوشیمیایی	−۹/۰۲E+۰۳	−۲/٦۱E+۰۳	۹/٤۰E+۰۲	۲/۷۲E+۰۲	۵/۳۹E+۰۲	۱/۵٦E+۰۲	۲/۵٦E+۰۲	۷/٤۳E+۰۱
خروجی‌های سمی	۷/۰۹E+۰٦	۹/۲۲E+۰۵	۳/۲۳E+۰۷	٤/۲۰E+۰٦	۲/۰۲E+۰۷	۲/٦۳E+۰٦	۱/۸۱E+۰۸	۲/۳۵E+۰۷

در مرحله بعد این مقادیر در فاکتور ویژگی سازی بر طبق فرمول ضرب شدند و تا واحد معادل محاسبه شود. درنتیجه شاخص طبقه اثر در پایان ویژگی سازی محاسبه شد. درنهایت شاخص‌های به‌دست‌آمده در وزن نسبی آن طبقه ضرب می‌شود تا نمایه‌ها قابل جمع کردن و مقایسه کردن با یکدیگر باشند. بنابراین هر سناریو که امتیاز پایین‌تری کسب کرده باشد اثرات زیست‌محیطی کمتری دارد.

همان‌طور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود، شاخص اکولوژیکی سناریوی اول منفی به دست آمد، این علامت منفی به دلیل بازیافت بیشتر پسماند است که بازیافت این مقدار مواد باعث جلوگیری از تولید آلایندگی در مقایسه با تولید همان مقدار از این مواد بازیافتی که از مواد خام تولید می‌شود خواهد شد. در پیش‌فرض این مطالعه ظرفیت نیروگاه زباله‌سوز در سناریوی دوم و سوم برابر فرض شده است . به دلیل در نظر گرفتن کارخانه کمپوست برای مواد آلی و مدیریت آن، شاخص اکولوژیکی سناریوی دوم نیز از سناریوی سوم بیشتر است. پس می‌توان گفت سناریوی سوم ازلحاظ زیست‌محیطی نسبت به سناریوی دوم برتری دارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود تقریباً با سه برابر شدن ظرفیت کارخانه کود آلی در سناریوی سوم نسبت به سناریوی چهارم، آلودگی ناشی از

گازهای اسیدی آن‌هم حدود سه برابر شده است. در سناریو چهارم به دلیل دفن غیربهداشتی در لندفیل و انتقال کمتر از ۲۰٪ پسماند آلی به کارخانه کود آلی سبب افزایش شاخص اکولوژیک سناریوی چهارم نسبت به سناریوی سوم شده است. در تمام طبقات اثر وزن سناریوی چهارم از سناریوی یک بیشتر است. بار زیست‌محیطی سناریوی چهارم از سناریوهای دیگر بیشتر است، چون هیچ‌گونه بازیافت مواد و انرژی در سناریوی چهارم صورت نمی‌گیرد و لندفیل به‌صورت غیربهداشتی در نظر گرفته‌شده است.



نمودار ۱: شاخص اکولوژیکی به‌دست‌آمده در سناریوها

بحث

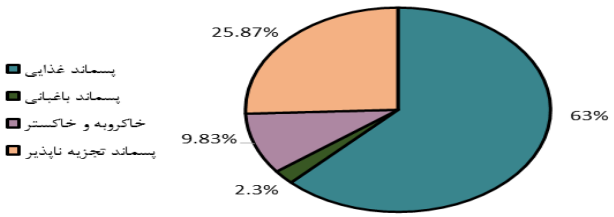
با توجه به اهمیت موضوع بازیافت، امروزه در بسیاری از کشورهای پیشرفته، مواد زائد مسیرهای مختلفی را طی می‌کند و بر اساس ماهیت مواد از آن‌ها استفاده می‌شود و بخشی از آن‌ها قابل‌استفاده مجدد نمی‌باشند و به مراکز دفن پسماند انتقال می‌یابد[۳۶]. نتایج بررسی‌های به‌عمل‌آمده در مطالعه حاضر، نشان می‌دهد که در شهر رشت بخش قابل‌توجهی از مواد زائد تولیدشده با مقدار کمی بازیافت به مرکز دفن پسماند منتقل می‌گردد.

همان‌طور که ذکر شد دلیل متفاوت بودن سرانه زباله تولیدی در شهرهای مختلف تحت تأثیر عوامل مختلفی نظیر فرهنگ و آداب‌ورسوم، کیفیت زندگی، مسافر پذیر بودن منطقه و ... می‌باشد. به‌عنوان‌مثال در شهرهای شمالی ایران علت رقم بالا سرانه زباله، مسافر پذیر بودن این شهرها می‌باشد. از طرفی در کشورهایی نظیر آمریکا تولید پسماند در مقایسه با سایر شهرها و کشورها بالاتر است به دلیل مصرف بالای جمعیت می‌باشد که درنهایت منجر به تولید بالای پسماند می‌گردد[۳۷].

تحلیل آنالیز فیزیکی پسماند شهری رشت

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این آنالیزها، بیشترین بخش از مواد زائد شهری را پسماند مواد غذایی به خود اختصاص می‌دهد. در مطالعه‌ای که در خصوص درصد وزنی مواد آلی موجود در شهرهای هند گزارش‌شده است، این بخش از مواد زائد ۶۰-۴۰ درصد از پسماندهای شهرهای مختلف هند را شامل می‌شود[۳۸]. در مطالعه‌ای دیگر که در شهر پکن چین انجام‌یافته است، نتایج مطالعات نشان می‌دهد که بخش آلی پسماند شهری پکن، در سال ۲۰۱۰، حدود ۶۵ درصد از پسماندهای شهری را شامل می‌شود. در همین مطالعه برای شهرهای مختلف کشور چین و همچنین سال‌های مختلف، عددهای متفاوتی از پسماند آلی شهری را گزارش کرده‌اند، به‌عنوان‌مثال برای شهر لیویانگ چین، در حدود ۲۶ درصد از کل پسماند برای مواد آلی نیز گزارش‌شده است. بر اساس نتایج مطالعه حاضر و مطالعات مشابه در سایر شهرها ترکیب پسماندهای شهر متفاوت می‌باشند[۳۹]. نکته‌ی مشترک در بین پسماندهای شهری، بالا بودن پسماند آلی می‌باشد. دلیل بالا

بودن این بخش از پسماند شهری که تقریباً در تمامی جوامع به این شکل می‌باشد، مصرف بالای مواد آلی و غذایی در مقایسه با سایر بخش‌های پسماند شهری می‌باشد. این موضوع، استفاده از پسماند آلی به‌عنوان کود کمپوست را حائز اهمیت می‌کند. پلاستیک بعد از مواد آلی دومین جزء قابل‌توجه از پسماند شهری رشت می‌باشد که به‌طور متوسط حدود ۱۹/۱ درصد از کل پسماند را به خود اختصاص می‌دهد. در مطالعه‌ای که در ۳ روستا از شهرستان بابل انجام‌یافته است، نتایج نشان می‌دهد که به‌طور متوسط ۱۱/۹درصد از پسماند روستایی را پلاستیک و ۱۰/۹ درصد از آن را کاغذ تشکیل می‌دهد[۴۰]. در شهر پکن نیز در سال ۲۰۱۰ حدود ۱۵ درصد از پسماند را پلاستیک و ۱۳ درصد از آن را کاغذ تشکیل می‌دهد[۳۹].



نمودار ۲: ترکیب پسماند شهر رشت

مقایسه و تحلیل نتایج حاصل از تمام سناریوها

یکی از مهم‌ترین اثراتی که مدیریت پسماند بر محیط‌زیست می‌تواند وارد کند، اثر مدیریت پسماند بر اقلیم جهانی یا اثر بر گرمایش جهانی است، گاز دی‌اکسید کربن و گاز متان ازجمله گازهای اصلی مشارکت‌کننده در بحث گرمایش جهانی است، یکی از منابع اصلی این دو گاز به‌خصوص گاز متان، محل‌های دفن بهداشتی و غیربهداشتی پسماند است. در این مطالعه پتانسیل مشارکت در تولید گاز متان تمام سناریوها باهم مقایسه می‌شوند .همان‌طور که مشاهده می‌شود به ترتیب بیشترین و کمترین نقش در تولید گاز متان را سناریوی چهارم و اول دارند. علت اصلی بالا بودن تولید گاز متان در سناریو چهارم دفن غیربهداشتی پسماند است. در سناریو دوم، انتشار بالای گازهای گلخانه‌ای جدول ٦ به دلیل احتراق زوائد پلاستیکی می‌باشد که با بازیافت پسماند غیرقابل تجزیه می‌توان انتشار گازهای گلخانه‌ای را به حداقل رساند. در مطالعه‌ای مشابه، قنبرزاده و همکاران در سال ۲۰۰۹ اثرات چرخه عمر سناریوهای دفع پسماند در جزیره سیری موردبررسی قراردادند. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که در صورت استحصال انرژی گاز مرکز دفن، می‌توان شاهد کاهش چشم‌گیری در میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بود. و تولید گازهای گلخانه‌ای در سناریو دفن غیربهداشتی و بدون استحصال انرژی بیشتر از سناریو زباله‌سوز می‌باشد[۴۱]. در ارتباط با طبقه اثر اسیدی ، بالاترین نقش در این طبقه را مرحله جمع‌آوری دارد، با توجه به اینکه در فرآیند کمپوست به دلیل تفکیک از مبدأ، تعداد دفعات جمع‌آوری کاهش می‌یابد سناریو اول کمترین پتانسیل اثر بر این طبقه را خواهد داشت جدول ٦. مصرف انرژی در سناریو چهارم جدول ٦ به دلیل افزایش پسماند ورودی در لندفیل، بالاتر از سناریوهای دیگر می‌باشد و سناریو سوزاندن از دیدگاه مصرف انرژی بهترین انتخاب است. به عنوان‌مثال نصرالهی و همکاران زیرسامانه مولد انرژی از قبیل زباله‌سوز را در اولویت اول و زیرسامانه سنتی مانند لندفیل را در اولویت آخر معرفی نموده‌اند[۴۲]. در طبقه اثر خروجی‌های سمی به ترتیب بیشترین و کمترین وزن یا بار آلودگی را سناریوی چهارم و اول دارند جدول ٦. در مقابل نصرالهی و همکاران در مطالعه خود فرایند زباله‌سوز را مؤثرترین عامل در افزایش بارهای زیست‌محیطی در طبقه سمیت عنوان نموده‌اند[۴۲]. در

مطالعه‌ای دیگر که در اصـفهان توسـط Kermani و همکـاران انجام‌یافته است، سـوزاندن را عامـل انتشـار کـادمیوم، سـرب، مس، جیوه و دی اکسین معرفی نموده‌اند[۴۳]. با در نظـر گـرفتن شاخص اکولوژیکی، که حاصل جمع تمامی طبقات اثر اسـت، سناریوی اول نسبت به سایر سناریوها وضـعیت مناسـب‌تـری دارد. درنتیجه از نظر بار زیست محیطی به ترتیـب بیشـترین و کمترین بار آلودگی مربوط به سناریوی چهارم و اول اسـت. بـا توجه به درصد بالای مـواد آلـی در پسـماند تولیـدی روزانـه خانوار که قابل استفاده در کارخانه کود آلی می باشد مـدیریت ۵۰ درصد از مواد آلی به شکل کمپوست، سبب کاهش حجـم پسماند دوریز در لندفیل سروان کـه امـروزه بـه دلیـل عوامـل زیست محیطی و کمبود زمین مـورد نیـاز بـا مشـکل مواجعـه است، می‌گردد. بازیافت پسـماند خشـک و تجزیـه ناپـذیر در سناریو اول، سبب کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و گازهای فتوشیمیایی شـده اسـت. Alen Hadzic و همکـاران در سـال ۲۰۱۷ گزینه بازیافت کاغذ و پلاستیک را به دلیل عملکرد موثر در مدیریت پسماند با در نظر گرفتن روش مناسب مکانیکی به عنوان امر مهم در اجرای الزامات قانونی مطرح نموده انـد[۶]. در خصوص استفاده از کمپوست نیز برای مدیریت پسماند، نتایج متفاوتی به دلیل ویژگی‌های پسماند تولیدی و شرایط اجتماعی – اقتصادی مطرح می‌شود. به عنوان مثـال رفیعـی و همکـاران در مشهد[۲۲]، با در نظر گرفتن کاهش بار آلاینده و نیز مصرف انرژی ناشی از سـامانه مـدیریت، گزینـه کمپوسـت را از نظـر زیست محیطی با روش LCAIWM1 آنالیز و به عنوان سناریو برتر معرفی نمودند.

جدول ۶: شاخص طبقه اثر به‌دست‌آمده در سناریوها

طبقه اثر	سناریو۱	سناریو۲	سناریو۳	سناریو٤
مصرف منابع انرژی	-۲/۹۹E+۰٦	-۵/۰۸E+۰۵	-۵/۸۹E+۰۵	۱/۹۵E+۰٤
گازهای گلخانه ای	-۲/۹۸E+۰٤	۳/۵۱E+۰۵	۱/۷۹ .E+۰۵	۳/۲٤E+۰۵
گازهای اسیدی	-۸/۲٤E+۰۲	۱/۳۷E+۰۱	۸/۷۱E+۰۰	۲/۹۱E+۰۰
گازهای فتوشیمیایی	-۲/٦۱E+۰۳	۲/۷۲E+۰۲	۱/۵٦E+۰۲	۷/٤۳E+۰۱
خروجی های سمی	۹/۲۲E+۰۵	٤/۲۰E+۰٦	۲/٦۳E+۰٦	۲/۳۵E+۰۷
شاخص اکولوژیکی	-۲/۱۰E+۰٦	٤/۰٤E+۰٦	۲/۸۱E+۰٦	۲/۳۹E+۰۷

نتیجه‌گیری

در این تحقیق از روش ارزیابی اثرات چرخه حیـات بـرای بررسی اثـرات زیسـت‌محیطـی گزینـه‌هـای مختلـف مـدیریت پسماند شهر رشت استفاده شد. بدین منظـور پـس از بررسـی روش مدیریت کنونی و نحوه دفع پسماند در شهر رشـت و بـا اطلاع از کمیت و کیفیت پسماند تولیدی، همچنین بـا در نظـر گـرفتن روش‌هـای نـوین دفـع پسـماند، اقـدام بـه تعریـف و مدل‌سازی چهار سناریو شد. سپس سناریوهای تعریف‌شـده بـا اسـتفاده از مـدل IWM-۱ مـدل‌سـازی گردیـد، تـا اثـرات زیست‌محیطی سـناریوها بـرآورد شـود. درنهایـت در آخـرین مرحله مناسب‌ترین سناریو ازلحاظ زیست محیطـی مشخص و پیشنهاد گردید. نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیـق نشـان داد، از بین چهار سناریوی تعریف‌شده برای سیستم مـدیریت پسـماند رشت، سناریوی اول با فرض این‌که از کل پسماند واردشده به این سناریو، حدود ۱۵٪ آن تفکیک و بازیافت، و حدود ۵۰٪ آن به کارخانه کمپوست منتقل شد و بقیـه پسـماند و بـاقی مانـده تولیدی از مرحله MRF و کارخانه کمپوست سـازی بـه سـایت لندفیل منتقل و به‌صورت بهداشتی بـه همـراه جمـع‌آوری گـاز مرکز دفن به‌منظور استحصال انرژی دفن شوند، به‌عنوان بهترین سناریو ازلحاظ بار زیست‌محیطی انتخاب شد. بنابراین می‌توان

نتیجه گرفت که سناریوی اول نسبت به بقیه سناریوهای تعریف‌شده برای این مطالعه برای سیستم مدیریت پسماند رشت مناسب‌تر باشد .سناریوی چهارم که مدیریت پسماند کنونی شهر رشت را نشان می‌دهد، ازلحاظ زیست‌محیطی نامناسب‌ترین سناریو انتخاب گردید.

تقدیر و تشکر

این طرح با عنوان ارزیابی زیست محیطی چرخه حیات سامانه مدیریت پسماند شهری بر پایه مدل سازی LCAIWM1 (مطالعه موردی: شهر رشت) به شماره کد IR.ARUMS.REC. 1396.93 تحت حمایت‌های مادی و معنوی معاون پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اردبیل و همچنین پرسنل زحمتکش مدیریت پسماند شهری رشت انجام‌گرفته است. لذا بدین ترتیب مراتب قدردانی و سپاسگزاری خود را اعلام می‌نماییم.

References

1. Troschinetz AM, Mihelcic JR. Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries. Waste Manag (New York, NY) 2009;29(2):915-23.
2. Dong J, Tang Y, Nzihou A, Chi Y, Weiss-Hortala E, Ni M, et al. Comparison of waste-to-energy technologies of gasification and incineration using life cycle assessment: Case studies in Finland, France and China. J Cleaner Prod 2018;203:287-300.
3. World Bank waste generation 2010.
4. Michael A, M.U.; Ekpete, S.B.O. Adding Value to Municipal Solid Waste in Nigeria through Mapping: FIG Working Week, Environment for Sustainability; 2013.
5. Mohammadi HN, A. Study and Evaluation of Waste Management in Metropolitan Regions of Iran) Case Study: Tehran - Tabriz -Mashhad, First International Conference on Natural Hazards and Environmental Crises in Iran, Solutions and Challenges, Ardebil, Inc. Kian Knowledge Plan, Shahrekord University Water Resources Research Center. 2016 [In Persian].
6. Hadzic A, Voca N, Golubic S. Life-cycle assessment of solid-waste management in city of Zagreb, Croatia. J Mater Cycles Waste Manage 2018;20(2):1286-98.
7. Rigamonti L, Niero M, Haupt M, Grosso M, Judl J. Recycling processes and quality of secondary materials: Food for thought for waste-management-oriented life cycle assessment studies. Waste Manag (New York, NY) 2018;76:261-5.
8. Dong J, Tang Y, Nzihou A, Chi Y, Weiss-Hortala E, Ni M. Life cycle assessment of pyrolysis, gasification and incineration waste-to-energy technologies: Theoretical analysis and case study of commercial plants. Sci Total Environt 2018;626:744-53.
9. Ikhlayel M. Development of management systems for sustainable municipal solid waste in developing countries: a systematic life cycle thinking approach. J Cleaner Prod 2018;180:571-86.
10. Li Y, Manandhar A, Li G, Shah A. Life cycle assessment of integrated solid state anaerobic digestion and composting for on-farm organic residues treatment. Waste Manag 2018;76:294-305.
11. Astrup TF, Pivnenko K, Eriksen MK, Boldrin A. Life Cycle Assessment of Waste Management: Are We Addressing the Key Challenges Ahead of Us. J Ind Ecol 2018;22(5):1000-4.
12. Zhou Z, Tang Y, Dong J, Chi Y, Ni M, Li N, et al. Environmental performance evolution of municipal solid waste management by life cycle assessment in Hangzhou, China. J Environ Manage 2018;227:23-33.
13- Lazarevic D. The legitimacy of life cycle assessment in the waste management sector. Int. J Life Cycle Assess 2018;23(7):1415-28.
14. Çetinkaya AY, Bilgili L, Kuzu SL. Life cycle assessment and greenhouse gas emission evaluation from Aksaray solid waste disposal facility. Air Qual Atmos Health 2018;11(5):549-58.
15. Hou P, Xu Y, Taiebat M, Lastoskie C, Miller SA, Xu M. Life cycle assessment of end-of-life treatments for plastic film waste. J Cleaner Prod 2018;201:1052-60.
16. Gunamantha M, Sarto. Life cycle assessment of municipal solid waste treatment to energy options: Case study of KARTAMANTUL region, Yogyakarta. Renew Energy 2012;41:277-84.
17. Banar M, Cokaygil Z, Ozkan A. Life cycle assessment of solid waste management options for Eskisehir, Turkey. Waste Manag 2009;29(1):54-62.
18. Manfredi S, Tonini D, Christensen TH. Environmental assessment of different management options for individual waste fractions by means of life-cycle assessment modelling. Resour Conserv Recycl 2011;55(11):995-1004.
19. Cherubini F ,Bargigli S, Ulgiati S. Life cycle assessment

(LCA) of waste management strategies: Landfilling, sorting plant and incineration. Energy 2009;34(12):2116-23.

20. Koroneos CJ, Nanaki EA. Integrated solid waste management and energy production - a life cycle assessment approach: the case study of the city of Thessaloniki. J Cleaner Prod 2012;27:141-50.
21. McDougall FR, White PR, Franke M, P H. Integrated Solid Waste Management: A Lifecycle Inventory: John Wiley & Sons; 2008.
22. Rafiei R SMA, Khorasani N. Environmental Assessment of Life Cycle of Urban Waste Management System (Case Study: Mashhad City). J Agric Sci Natur Resour 2008;16.[In Persian]
23. Cremiato R, Mastellone ML, Tagliaferri C, Zaccariello L, Lettieri P. Environmental impact of municipal solid waste management using Life Cycle Assessment: The effect of anaerobic digestion, materials recovery and secondary fuels production. Renew Energy 2018;124:180-8.
24. Dian B, Khezri SM, Tavakoli B. Environmental audit of Rasht Compost Plant. Int J Life Sci Biotechnol Pharma Res 2009;4:21-29. [In Persian]
25. m H. Environmental Assessment of Life Cycle of Isfahan Waste Management System, 2012. 120 p.[In Persian]
26. Rajaeifar MA, Tabatabaei M, Ghanavati H. Comparative life cycle assessment of different municipal solid waste. Renew Sust Energ Rev 2015;51:677-81.
27. Houghton JT, Meiro Filho L, Callander BA, Harris N, Kattenburg A, Maskell K. Climate change 1995: the science of climate change. Clim Change 1996:584.
28. Houghton JT, Ding Y, Griggs D, Noguer M, Van Der Linden P, Dai X, et al. Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Clim Change The scientific basis 2001;388.
29. Solomon S, Qin D, Manning M, Averyt K, Marquis M. Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC: Cambridge university press; 2007.
30. Hauschild MZ, Wenzel H, Hauschild M. Environmental assessment of products: volume 2: scientific background: Springer Science & Business Media; 1997.
31. Potting J, Schöpp W, Blok K, Hauschild M. Site-dependent life-cycle impact assessment of acidification. J Ind Ecol 1998;2(2):63-87.
32. Carter WP. Development of the SAPRC-07 chemical mechanism and updated ozone reactivity scales: Citeseer; 2007.
33. Carter WP. Estimation of the Maximum Ozone Impacts of Oxides of Nitrogen. 2008.
34. Huijbregts MA, Schöpp W, Verkuijlen E, Heijungs R, Reijnders L. Spatially explicit characterization of acidifying and eutrophying air pollution in life-cycle assessment. J Ind Ecol 2000;4(3):75-92.
35. Boustead I, Chaffee C, Dove W, Yaros B. Eco-Indices: What can they tell us. ICME doc. 2000;16752.
36. Gerard Meurant. International Perspectives on Municipal Solid Wastes and Sanitary Landfilling: academic press; 2012.
37. Dyson B, Chang N-B. Forecasting municipal solid waste generation in a fast-growing urban region with system dynamics modeling. Waste Manag 2005;25(7):669-79.
38. Sharholy M, Ahmad K, Mahmood G, Trivedi R. Municipal solid waste management in Indian cities–A review. Waste Manag 2008;28(2):459-67.
39. Zhou H, Meng A, Long Y, Li Q, Zhang Y. An overview of characteristics of municipal solid waste fuel in China: physical, chemical composition and heating value. Renew Sustain Energy Rev 2014;36:107-22.
40. Amouei, AA, Asgharnia H, Khodadadi A. Quantitative And Qualitative Characteristics Of Rural Solid Wastes (Babol, Iran 2007). Iran J Health Saf Environ 2008;10(5):74-80.[In Persian]
41. Ganbarzadeh Lak M SM. Evaluation of the life cycles of urban waste solid waste disposal scenariosGreenhouse Gases and Energy Consumption - Case Study: Siri Island. J Environ Manage 2008;5: 2647-52[In Persian].
42. Nasrollahi S-Sarvaghaji AR, Sharifi M, Taghizadeh Yazdi MR. Comparison of the Environmental Impacts of Different Municipal Solid Waste Treatments using Life Cycle Assessment (LCA) (Case Study: Tehran). INT J Hydrogen Energ 2016;9(2):273-88[In Persian].
43. Kermani M, Nouri J, Omrani A, Arjmandi R. Comparison of solid waste management scenarios based on life cycle analysis and multi-criteria decision making (Case study: Isfahan city). Iran J Sci Technol 2014;38(3):257-64.

Journal of Environmental Health Engineering, August 2019; Vol. 6, No. 4: 443-456

Environmental Assessment of Life Cycle of Waste Management System Based on LCAIWM1 Modeling (Case Study: Rasht City)

Kourosh Rahmani[1], Zeynab Dadashkhah[2]*, Morteza Alighadri[3], Ahmad Mokhtari [3] , Hadi Nazari[4]

1. Department of Environmental Health Engineering, Mamsani School of Allied Medical Sciences, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran
2. Student of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Ardabil University of Medical Sciences, Ardebil, Iran
3. Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Ardabil University of Medical Sciences, Ardebil, Iran

4. Student of Environmental Engineering, Faculty of natural resources, Isfahan University of Environment, Isfahan, Iran

**** E-mail: mdadshkhah@yahoo.com***

Received: 24 Sep 2018; Accepted: 29 Dec 2018

ABSTRACT

Background: Population growth and increased human activities in urban communities lead to large volumes of waste. This waste volume causes problems for human health and environmental pollution. Recently, a living environment assessment has been developed to improve the situation. The purpose of this study is to compare the environmental impacts of four urban waste disposal scenarios in Rasht city.

Methods: In this research, the amount of waste and the data required for logging were first determined and then the four life cycle assessment stages were performed in relation to each of the defined scenarios. Finally, the results were analyzed using the IWM1 model it placed.

Results: The results of this study indicate that by disposing of some of the waste in the organic fertilizer plant by composting and landfilling, part of it in the district of sanitary and energy extraction and increasing the recovery rate, we can see a significant reduction in the emission of pollutants was environmental. The ecological index was the best scenario is -2.10E+6 And for the most devastating scenario +2.39E+07 was obtained.

Conclusion: According to the environmental assessment and comparison of the results of the life cycle logbook, the first scenario (collection; compost; recycling; landfill) with an ecological index plays an important role in reducing pollution and energy consumption and the title has been chosen as the top management option and has been made available to experts and decision-makers.

Keywords: Municipal waste, Life cycle assessment, LCAIWM1 model, Rasht city