

## مقایسه روش‌های مختلف مدیریت پسماند شهر طبس با رویکرد ارزیابی چرخه حیات (LCA)

رضا ملکی دلارستاقی<sup>۱\*</sup>، رضا قاسم‌زاده<sup>۱</sup>، میدیا میرانی<sup>۱</sup>، پیمان یعقوب‌زاده<sup>۱</sup>

۱- دانشکده محیط زیست، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران

\*ایمیل نویسنده مسئول: [remaleki.d@gmail.com](mailto:remaleki.d@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۹۷/۹/۳۰

تاریخ دریافت: ۹۷/۹/۱۰

### چکیده

امروزه یکی از اصلی‌ترین مباحث محیط زیستی موجود در جوامع شهری، مدیریت پسماندهای شهری می‌باشد. در ایران دفن پسماندها روش عمده برای مدیریت پسماند می‌باشد. البته عمده‌تاً این کار به صورت تلنبار پسماند صورت می‌گیرد که این امر باعث بروز آلودگی‌های آب‌و‌خاک شده است. این تحقیق بر اساس مطالعاتی که بر روی پسماندهای شهر طبس واقع در استان خراسان جنوبی انجام گرفته است و پس از تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی پسماند شهری و همچنین مکان‌یابی محل دفع، برای پی بردن به بهترین روش دفع پسماند از نظر آلودگی‌های محیط زیستی و با توجه به کمیت و کیفیت پسماند شهری تولیدی، ۵ سناریو مختلف به منظور مدیریت پسماندهای شهری در نظر گرفته و میزان تولید آلاینده‌های مختلف در طول هر سناریو مورد بررسی قرار گرفته است. این سناریوها بر اساس شرایط مدیریت پسماند کشور تعریف شده است و برای مقایسه این روش‌ها با یکدیگر نرم‌افزار IWM-1 مورد استفاده قرار گرفته است. هدف از انجام این کار بررسی میزان تولید آلاینده‌های مختلف، میزان مصرف انرژی و همچنین میزان تولید گازهای گلخانه‌ای می‌باشد.

### کلمات کلیدی

"ارزیابی چرخه حیات"، "LCA"، "گازهای گلخانه‌ای"، "مدیریت پسماند جامد شهری"

## The comparison between different waste management methods of Tabas city with life cycle assessment assessment Reza Maleki Delarestaghi<sup>1\*</sup>, Reza Ghasemzadeh<sup>1</sup>, Midia Mirani<sup>1</sup>, Peyman Yaghoubzadeh<sup>1</sup>

<sup>1</sup> School of Environment, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

\*Email Address: [remaleki.d@gmail.com](mailto:remaleki.d@gmail.com)

### Abstract

Today, one of the main environmental issues in urban communities is urban waste management. Landfilling is a major method for waste management in Iran. This is a general method which has caused water pollution. This research is based on studies on the municipal solid waste of Tabas city in South Khorasan province. After determining the physical and chemical analysis of municipal waste as well as location of disposal, to find out the best way to dispose of waste in terms of environmental pollution and with attention The quantity and quality of municipal solid waste produced five different scenarios for the management of urban waste and considered the amount of different pollutants in each scenario has been considered. These scenarios have been defined based on the waste management requirements of the country and used to compare these methods with each other IWM-1 software. The purpose of this work is to study the amount of different pollutants produced, the amount of energy consumed and the amount of greenhouse gas emissions.

**Keywords:** "Life cycle assessment", "LCA", "greenhouse gases", "municipal solid waste management"

## ۱. مقدمه

در سال‌های اخیر رشد جمعیت و شهرنشینی باعث تولید حجم انبوهی از پسماندهای شهری و صنعتی شده است (Su and Chiueh). اگرچه تعریف پسماند جامد شهری در کشورهای مختلف طبق شرایط محلی و استانداردها متفاوت است، اما به صورت کلی به پسماند جمع‌آوری شده حاصل از خدمات شهرداری‌ها و یا سایر ارگان‌های محلی که شامل پسماند خانگی، پسماند باغبانی/پسماند پارک‌ها، پسماند تجاری/صنعتی می‌باشند پسماند می‌گویند (Rajaefar, 2015; Ripa, 2016). میزان تولید پسماند به مقدار قابل توجهی به عادات غذایی، میزان مصرف، سطح زندگی در جوامع شهری بستگی دارد (Kr, 2018). در حال حاضر روش‌های مختلفی به منظور مدیریت پسماندهای شهری نظیر پیش‌پردازش زیستی، دفن بهداشتی، زباله‌سوزی، هاضم‌های بی‌هوازی و... ارائه شده است (Zaman, 2010). لازم به ذکر است مکان‌یابی برای انجام روش‌های دفع از اهمیت خاصی برخوردار است و گاهی اوقات این مکان‌ها رضایت‌مندی مردم را به همراه ندارند و همچنین دارای اثرات محیط زیستی بر روی محیط اطراف و سلامت انسان هستند (Giusti, 2009). از این رو بررسی این روش‌ها و انتخاب روش نهایی برای دفع پسماند از اهمیت زیادی برخوردار است. در بخش‌های مختلف مدیریت پسماند گازهای گلخانه‌ای نظیر متان، کربن دی‌اکسید و  $N_2O$  تولید می‌گردد که این گازها در فرایندهای (جمع‌آوری، بازیافت، فرایندهای بیولوژیکی و دفن نهایی) تولید می‌شوند (Maalouf, 2018). در طول فرایند جمع‌آوری، حمل و دفع پسماندهای شهری با مصرف سوخت همراه است، بنابراین انجام این فرایندها نیز در تولید گازهای گلخانه‌ای مؤثر است (Friedrich, 2016). در نتیجه با انتخاب روش‌های مناسب مدیریت پسماند می‌توان میزان تولید بخشی از گازهای گلخانه‌ای را مدیریت نمود.

## • وضعیت تولید و مدیریت پسماند در ایران

در سال ۲۰۱۱ نرخ شهرنشینی در ایران در حدود ۶۹٫۱٪ بوده است که این مقدار بیش از میانگین جهانی (۵۱٪) است. البته شهرنشینی خود به تنهایی باعث بروز مشکل نمی‌شود بلکه عدم برنامه‌ریزی برای مدیریت پسماندهای تولیدی باعث بروز مشکل خواهد شد. در سال‌های اخیر تحقیقات متعددی بر روی پسماندهای تولیدی در شهرهای ایران انجام شده است. آمارها نشان می‌دهد میزان سرانه تولید پسماند در ایران بین ۵۰۰ تا ۱۲۰۰ گرم به ازای هر نفر در روز می‌باشد (Naderi, 2014; Mir, 2015). با توجه به شرایط اقلیمی، فرهنگ مصرف و سطح درآمد میزان تولید پسماند در شهرهای مختلف ایران

متفاوت می‌باشد (Rahimi, 2014). در جدول شماره ۱ میزان پسماند تولیدی در برخی از شهرهای ایران نمایش داده شده است. جدول ۱- میزان تولید پسماند برخی از شهرهای ایران

شهر	متوسط تولید پسماند (gr/Ca/day)	منبع
رشت	۸۰۰	(Moghadam, 2009)
قزوین	۷۰۹	(Pakpour, 2013)
کرج	۷۷۰	(Rajaefar, 2017)
اصفهان	۶۲۰	(Abdoli, 2016)
بابلسر	۱۱۰۰-۱۳۰۰	(Ghanami, 2013)
مهاباد	۸۷۰	(Erami, 2015)
شهرکرد	۴۱۱	(Talaiekhozani, 2017a)
تبریز	۷۱۰	(Taheri, 2014)
بوشهر	۶۴۶	(Vahidi, 2016)
یزد	۲۱۳	(Vahidi, 2016)
تهران	۹۰۰-۱۰۰۰	(Rasapoor, 2016b)

در سال ۲۰۱۴ در حدود ۵۵٫۵ میلیون نفر در شهرهای ایرانی زندگی می‌کردند که در حدود ۱۵٫۶ میلیون تن پسماند تولید کرده‌اند که این مقدار در حدود ۵۰٫۹٪ بیشتر از سال ۲۰۰۲ می‌باشد. البته بیشترین مقدار تولید پسماند در سال‌های اخیر در سال ۲۰۰۷ بوده است. در آن سال در حدود ۱۶ میلیون تن پسماند تولید شده است که در مقایسه با سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۱۴ به ترتیب ۵۴٪ و ۲٫۳٪ بیشتر است (Rajaefar, 2017). در ایران حدود ۷۰٪ پسماند تولیدی را پسماند تر و حدود ۳۰٪ آن را پسماند خشک تشکیل می‌دهد. نحوه مدیریت پسماند در کشور به گونه‌ای است که ۸۳٫۶٪ از پسماندها وارد لندفیل، ۱۰٫۵٪ وارد فرایند کمپوست و در حدود ۵٫۹٪ نیز بازیافت می‌گردد (Mir, 2015).

این آمار برای کشور ایران نسبت به سرانه تولید جهانی در حالت بینابین قرار دارد، به عنوان مثال در شهر تهران هر فرد ۳۲۰ کیلوگرم پسماند شهری در سال تولید می‌کند (Mollahosseini, 2017). مقدار پسماند تولید شده عدم وجود منابع مالی کافی و همچنین عدم تفکیک از مبدأ نگرانی‌های زیادی را در ارتباط با دفع پسماندهای شهری در ایران به وجود آورده است (Pakpour, 2013). در ایران با جمعیتی در حدود ۸۰ میلیون نفر و با داشتن ۳۱ استان، به صورت روزانه در حدود ۵۰۰۰۰ تن پسماند جامد تولید می‌گردد که از این مقدار تنها ۵٪ بازیافت می‌شود و تنها در تهران از سیستم‌های هاضم‌های بی‌هوازی و زباله‌سوز به صورت ناقص و برای حجم کمی از پسماندهای شهری استفاده می‌گردد. از سویی دیگر دفن پسماند نیز به صورت بهداشتی صورت نگرفته و از سیستم تصفیه

شهر کشور نظیر مشهد و ..... دستگاه‌های استحصال گاز نصب شده است اما همچنان بسیاری از لندفیل‌های موجود دارای دستگاه‌های استحصال گاز نیستند.

### زباله‌سوزی

در برخی از نقاط ایران برای امحا پسماندهای بیمارستانی از زباله‌سوزی استفاده می‌گردد (Mahdavi, 2008). هرچند در ایران نیز مانند سایر کشورهای درحال توسعه آنالیز دقیقی از مقدار و نوع پسماندهای بیمارستانی وجود ندارد (Askarian, 2004). استفاده از زباله‌سوزی برای پسماند شهری تنها در شهر تهران و با ظرفیت ۲۰۰ تن در روز در حال انجام است که قادر به تولید ۳ مگاوات بر ساعت برق است اما با توجه به قوانین موجود در کشور و عدم دریافت گیت فی استفاده از زباله به هیچ وجه به صرفه نخواهد بود (Rezaei, 2017). زباله‌سوزی در مقابل لندفیل حجم کمتری اشغال می‌کند، فرایند در مدت زمان کمتری به اتمام می‌رسد و باعث کاهش حجم پسماند می‌شود (کاهش ۷۰٪ وزن و ۹۰٪ حجم) (Ma, 2016).

### بازیافت

بازیافت فرایندی است که شامل جمع‌آوری، پردازش، بازیافت و باز استفاده می‌باشد (Pakpour, 2013). فرایند بازیافت از هدر رفت منابع طبیعی جلوگیری می‌کند و مصرف مواد خام و انرژی و در واقعاً میزان تولید گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهد. البته مصرف انرژی در فرایند بازیافت را نباید نادیده گرفت و گاهی باعث تولید بیشتر گازهای گلخانه‌ای می‌گردد. آلاینده‌های تولید در فرایند بازیافت به مراتب کم‌تر از مواد خام می‌باشد (Tonjes, 2013). بر اساس پژوهش انجام شده استفاده از کاغذهای بازیافتی باعث کاهش ۷۵٪ در آلودگی هوا، ۵۰٪ کاهش مصرف انرژی و ۹۰٪ کاهش مصرف آب در مقایسه با تولید کاغذ از مواد خام می‌گردد (Craighilla, 1996). معمولاً بازیافت مواد (نه همیشه) باعث کاهش میزان گازهای گلخانه‌ای می‌شود (Niu, 2013). به‌عنوان مثال برای بازیافت کاغذ از نقطه نظر LCA بازیافت به مراتب بهتر از دفن خواهد بود و تنها در صورتی که از سیستم‌های پیشرفته بازیافت استفاده گردد، بازیافت کاغذ بهتر از سوزاندن آن خواهد بود (Merrild, 2008). در پژوهشی که در سال ۲۰۱۲ انجام شد، مشخص شد که استفاده از بازیافت برای کاغذ، شیشه، استیل و آلومینیوم بهتر از سوزاندن آن‌ها در سیستم‌های زباله‌سوز است. در مقابل آن‌ها دریافتند

شیرابه برای مدیریت شیرابه خروجی استفاده نمی‌گردد (Jamshidi, 2011). در نتیجه این فعالیت‌ها باعث بروز مشکلات مختلف محیط زیستی از جمله آلودگی منابع آب، خاک و هوا گردیده است (Rasapour, 2016a; Moghadam, 2009). در جدول شماره ۲ روش‌های دفع پسماند در کلان‌شهر ایران بیان شده است.

جدول ۲- روش‌های دفع پسماند در کلان‌شهرهای ایران

نام شهر	روش‌های دفع پسماند جامد شهری
تهران	لندفیل بدون استحصال بایوگاز بیوگاز و کمپوست و هاضم بی‌هوازی
مشهد	لندفیل با استحصال بایوگاز بیوگاز و کمپوست
اصفهان	لندفیل بدون استحصال بایوگاز بیوگاز و کمپوست
کرج	لندفیل بدون استحصال بایوگاز بیوگاز و کمپوست
تبریز	لندفیل بدون استحصال بایوگاز بیوگاز و کمپوست
شیراز	لندفیل با استحصال بایوگاز بیوگاز و کمپوست

همان‌طور که در جدول شماره ۲ نمایش داده شده است، سهم تولید انرژی از پسماند در مدیریت پسماندی شهری ایران بسیار اندک است به طوری که در سال ۲۰۰۷ میزان تولید انرژی از پسماند در ایران صفر بوده است (Rahimi, 2014). تا سال ۲۰۱۳ در ایران ۵ واحد تولید بیوگاز در شهرهای تهران، مشهد، شیراز، ساوه و اصفهان ایجاد گردیده که تنها در دو مورد از آن‌ها (مشهد و شیراز) استحصال گاز از لندفیل انجام می‌گیرد (Moghanaki, 2013; Mollahosseini, 2017).

### • روش‌های متداول مدیریت پسماند شهری در ایران

#### دفن بهداشتی

علیرغم وجود روش‌های مختلف دفع، دفن متداول‌ترین روش مدیریت پسماند در کشورهای پیشرفته و توسعه یافته به حساب می‌آید (Levis, 2013). البته عموماً مدیریت پسماندهای شهری (در ایران) به صورت دفن در زمین به صورت غیربهداشتی انجام می‌شود (Vahidi, 2016). و همین امر باعث بروز آلودگی‌های آب، خاک و هوا می‌گردد (Kr, 2018) و از طرفی دیگر گاهی پسماندهای بیمارستانی و خطرناک به همراه پسماندهای شهری دفن می‌گردند (Mahdavi, 2008). مدیریت پسماندهای شهری به صورت رهاسازی در زمین و لندفیل کردن پتانسیل بالایی برای تولید گازهای گلخانه‌ای به خصوص متان، دی‌اکسید نیتروژن و همچنین کربنی دی‌اکسید را دارد (Pazoki, 2015; Ngwabie, 2018). در ایران با توجه به درصد مواد آلی، پتانسیل تولید گاز از پسماند وجود دارد (Talaiekhosani, 2017b). در همین راستا در چند

کیلوگرم پسماند شهری ۱ مترمکعب گاز متان تولید می‌گردد، می‌توان گفت به‌صورت قابلیت تولید روزانه در حدود ۳۵۰۰ تا ۴۵۰۰ مترمکعب بیوگاز در ایران وجود دارد (Taghizadeh-Alisaraei, 2017).

#### • کاربرد LCA در مدیریت پسماند شهری

انتخاب روش پایدار برای مدیریت پسماند شهری نیازمند روشی است تا بتواند میزان پذیرش محیط زیستی روش دفع را موردبررسی قرار دهد. LCA روشی است که به‌وسیله آن می‌توان این ارزیابی را به‌وسیله آن انجام داد در حقیقت به‌وسیله این روش میزان آلاینده تولیدی از بدو تولید تا دفع نهایی موردبررسی قرار خواهد گرفت (Slagstad, 2012; Zaman, 2010; Laurent, 2014).

استفاده از LCA در پژوهش‌های مختلف با اهداف مختلفی انجام شده است. در برخی از پژوهش‌ها جهت مقایسه مابین چندین روش مدیریت پسماند شهری مورداستفاده قرار گرفته است (Ahluwalia, 2007; Liamsanguan, 2009; Waver, 2008). در برخی از پژوهش‌های انجام‌شده، بر روی المان‌های دیگر محیط زیستی نظیر میزان تولید ترافیک و یا صدا و یا تولید CO<sub>2</sub> تولیدی از وسایل نقلیه تأکید شده است (Chang, 1996). گروهی دیگری از مدل‌سازی‌های کامپیوتری به مفاهیم LCA اشاره کرده‌اند. از این دست می‌توان به این موارد اشاره کرد: سازمان محیط‌زیست آمریکا (US-EPA) (Naderi, 2014) مدل مدیریت جامع پسماند مدل MIMES و همچنین مدل ORWARE نرم‌افزار ORWARE مدلی است که برای مدیریت مواد آلی پسماند شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد و این مدل در محیط متلب نوشته شده است (Rajaefar, 2015). این نرم‌افزار میزان جریان انرژی و آلاینده‌های هوا، خاک و آب را مورد محاسبه قرار می‌دهد. نرم‌افزار MIMES نیز برای ارزیابی مالی-زیست محیطی مدیریت پسماند مورد استفاده قرار گرفته است (Waste Management "System Modeling of Tehran", 2008). نرم‌افزار WAMPS در محیط اکسل نوشته شده است و تأکید این مدل بیشتر بر روی ارزیابی محیط زیستی است تا ارزیابی اقتصادی.

در حال حاضر ایران با حجم عظیمی از پسماند جامد شهری مواجه است و عدم مدیریت مناسب این مواد، به‌ویژه نداشتن لندفیل بهداشتی و رها کردن آن‌ها باعث بروز مشکلات

که در بعضی مواقع سوزاندن پلاستیک و کارتن بهتر از بازیافت آن‌هاست (Merrild, 2012).

#### کمپوست

استفاده از فناوری کمپوست به‌عنوان راهکاری برای مدیریت پسماندهای غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد به‌ویژه اینکه جایگزین مناسبی برای دفن پسماندهای آلی در لندفیل است (Guo, 2018; Du, 2017). در واقع استفاده از کمپوست یکی از راه‌های جلوگیری از تولید گازهای گلخانه‌ای است. در کشورهای در حال توسعه به دلیل بالا نبودن سطح تکنولوژی تمایل استفاده از کمپوست بیش از هاضم‌های بی‌هوازی است (Fricke, 2005).

استفاده از فرایند کمپوست باعث کاهش حجم و وزن پسماند تولیدی و در نهایت کاهش هزینه دفع می‌گردد از طرف انجام فرایند کمپوست باعث کاهش تولید شیرابه و در نتیجه کاهش هزینه‌های مربوط به مدیریت شیرابه می‌شود (Ramachandra, 2018). استفاده از آن نیاز به تکنولوژی بالا ندارد (Ma, 2016) و در صورتی که فرایند به‌خوبی صورت گیرد محصول نهایی به‌عنوان کود می‌تواند مورد استفاده کشاورزان قرار گیرد و حتی با فروش محصول نهایی باعث درآمد زایی گردد (Taheri, 2014). البته تولید محصول نهایی خوب مستلزم استفاده از روش‌های مناسب تولید کمپوست می‌باشد (Cesaro, 2015). در فرایند تولید کمپوست از پسماندهای شهری مقدار گاز گلخانه‌ای کمتری نسبت به تولید کود شیمیایی تولید می‌گردد (Rasapoor, 2016a). در ایران در شهرهایی مانند اصفهان، تهران، کرمانشاه کارخانه‌ها کمپوست وجود دارد (Esfandiari, 2011; Rasapoor, 2016b).

#### بیوگاز

به‌صورت کلی، استفاده از سیستم‌های بیوگاز، گاز گلخانه‌ای کمتری نسبت به سیستم‌های انرژی فسیلی تولید می‌کنند به‌خصوص اگر بیوگاز به‌عنوان سوخت در سیستم حمل‌ونقل به‌کاربرده شود (Niu, 2013; Lozanovski, 2014). در سال‌های اخیر در ناحیه ۴ تهران هاضم بی‌هوازی برای دفع پسماندهای شهری احداث شده است، این ناحیه حدود ۱۲٪ پسماند شهری تهران را تولید می‌کند (Rajaefar, 2015). در ایران به ازای هر نفر در حدود ۸۰۰ گرم پسماند در روز تولید می‌گردد و با توجه به جمعیت ایران در سال ۲۰۱۷ (۸۰ میلیون نفر) در حدود ۵۵-۶۵ هزار تن پسماند در روز در ایران تولید می‌گردد با توجه به اینکه به ازای هر ۱۵

• **حجم و مشخصات پسماند**

مقدار و نوع پسماند تولیدی به عوامل مختلفی وابسته است که از این عوامل می‌توان به توسعه‌یافتگی، شرایط اجتماعی - اقتصادی، شرایط آب و هوایی و جغرافیایی و در نهایت بازه جمع‌آوری پسماند اشاره کرد (Srivastava, 2014). در شهرهای شمالی ایران که دارای آب‌وهوای مرطوب هستند و کشاورزی در این مناطق رونق دارد میزان تولید پسماند آلی به‌مراتب بیشتر از سایر مناطق کشور است. در شهر رشت پسماند غذایی در سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۰۷ به ترتیب ۸۸٪ و ۸۰٪ از کل پسماند تولیدی را تشکیل می‌دادند (Moghadam, 2009). در صورتی که این مقدار برای شهر یزد در حدود ۵۰٪ است (Vahidi, 2016). بر اساس نمونه‌برداری صورت گرفته در سال ۲۰۱۴ که به روش ASDM 5231 در محل دفن پسماندهای موجود در این شهر انجام گرفت. میزان و تولید پسماند به ازای هر نفر ۶۹۰ گرم در روز می‌باشد با توجه به جمعیت شهرستان ۷۲۶۱۷ در سال ۱۳۹۵، در سال ۱۸۲۸۹ تن پسماند در این شهر تولید می‌گردد.

در شهر طبرس به‌مانند سایر شهرهای ایران، مقدار قابل توجهی از پسماند را پسماندهای غذایی تشکیل می‌دهند (حدود ۶۰ تا ۷۰٪) در صورتی که این مقدار در کشورهای توسعه‌یافته مانند آمریکا در حدود ۲۴٪، در ژاپن و اتحادیه اروپا به ترتیب برابر ۴۰٪ و ۳۴٪ می‌باشد (Ma, 2016).

جدول ۴- نوع و ترکیب مخلوط پسماند جامد شهری طبرس

اجزا	درصد (%)	مقدار (ton/year)
پسماند غذایی	۷۳,۲	۶۵۶۶
پلاستیک	۶,۱	۵۴۷
پت	۱,۳	۱۱۷
شیشه	۱,۶	۴۴
منسوجات	۲,۸	۲۵۱
فلزات آهنی	۱,۱	۹۹
فلزات غیر آهنی	۰,۸	۷۲
کاغذ/مقوا	۷,۴	۶۶۴
پسماند خطرناک	۰,۸	۷۲
چوب	۰,۴	۳۶
چرم	۱,۲	۱۰۸
C&D	۰,۹	۸۱
سایر	۲,۴	۲۱۵

بهداشتی و محیط زیستی گسترده‌ای شده است. (در حال حاضر، نگرانی‌های عمده در ارتباط با مدیریت زباله تنها سلامت و ایمنی عمومی بلکه توسعه پایدار است. در بخش توسعه پایدار، مدیریت پسماند شهری به معنای ایجاد تعادل مابین اثربخشی محیط زیستی، قیمت اقتصادی و پذیرش اجتماعی برای اطمینان از کیفیت زندگی در حال حاضر و برای نسل‌های آینده می‌باشد). با توجه به سیستم‌های مدیریت MSW، انرژی و حفاظت از منابع و کاهش اثرات زیست‌محیطی ارزیابی عملکرد سیستم‌های مدیریت MSW، ارزیابی چرخه حیات (LCA) یک ابزار مفید برای ارزیابی این کار خواهد بود.

• **مقایسه بین سناریوها**

برای بررسی بهترین روش مدیریت پسماند به محاسبات دقیق آلاینده‌های تولید نیازمندیم. همان‌طور که در بخش‌های قبلی بیان شد متداول‌ترین روش برای محاسبه میزان آلاینده استفاده از روش‌های LCA است (Meng, 2016). در سال‌های اخیر پژوهش‌های زیادی در ارتباط با آلاینده‌های تولیدشده در طی فرایندهای مدیریت پسماند انجام شده است (Thomsen, 2017; Merchi, 2016; Levis, 2013; Clavreul, 2014).

۲- **مواد و روش‌ها**

• **مطالعه موردی**

شهرستان طبرس با وسعت ۵۵۴۶۱ کیلومترمربع در شمال شرق استان یزد و شرق استان اصفهان، جنوب خراسان رضوی و سمنان و غرب استان خراسان جنوبی، در مدار ۳۳ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی و نصف‌النهار ۵۶ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی، در منطقه‌ای با آب‌وهوای بیابانی واقع شده است. ارتفاع متوسط آن از سطح دریا حدود ۶۹۰ متر است. بر اساس داده‌های آماری موجود در سال ۲۰۱۷ بیشترین دما و کمترین دما در سال به ترتیب برابر ۴۷.۶ و ۱.۹- درجه سانتی‌گراد بوده است. بر اساس آخرین سرشماری انجام‌شده (در سال ۹۵) جمعیت این شهر برابر ۷۲۶۱۷ نفر بوده است که از این تعداد ۳۷۰۰۰ نفر مرد و ۳۵۶۱۷ نفر زن هستند. میزان بارش سالیانه در سال ۲۰۱۷ برابر ۴۱,۳ میلی‌لیتر بوده است.

جدول ۳- جمعیت شهر طبرس در سال‌های مختلف

سال	۱۳۷۵	۱۳۸۵	۱۳۹۰	۱۳۹۵
جمعیت	۵۹۶۳۳	۶۶۴۳۲	۶۹۶۸۵	۷۲۶۱۷

• مدیریت پسماند کنونی شهر طبس

کار جمع‌آوری زباله هرروزه توسط گاری‌های دستی از محله‌ها انجام شده و به ایستگاه‌های حمل منتقل می‌شود و توسط کامیون مخصوص که دارای دستگاه فشرده‌سازی و کاهش حجم است، به محل دفن حمل می‌شود. جمع‌آوری مواد زائد جامد شهری در شهرستان طبس توسط عناصر خدمات شهری شهرداری و آژانس‌های خصوصی که با خدمات شهری شهرداری قرارداد منعقد نموده‌اند انجام می‌شود؛ حدود ۸۰٪ کل مخارج مدیریت مواد زائد جامد، مربوط به جمع‌آوری است که ۷۵٪ این مقدار فقط مربوط به حقوق کارگران و نیروی انسانی است.

در حال حاضر پسماند این شهر به صورت غیربهداشتی در فاصله ۳۰ کیلومتری متری محل مسکونی دفن می‌گردد. محل دفن به صورت گودالی به عمق ۵ متر و طول ۱۵۰ متر تعبیه شده است. در حال حاضر ۲ بار در هفته پسماندها متراکم شده و خاک‌پوششی به ضخامت ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر بر روی آن‌ها قرار می‌گیرد این خاک عمدتاً از جنس شن و ماسه است و از زمین‌های اطراف محل دفن برداشت می‌شود یکی از بزرگ‌ترین مشکلات محل دفن فعلی عدم جمع‌آوری مناسب شیرابه و همچنین ورود پسماندهای صنعتی و بهداشتی به داخل محل دفن است که این امر باعث بروز مشکلات جبران‌ناپذیری از قبیل آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی و همچنین آلودگی خاک در منطقه شده است. از سویی دیگر عدم تفکیک مناسب پسماند باعث افزایش هزینه‌های دفع می‌گردد و همچنین عدم بهره‌وری مالی به واسطه عدم تفکیک پسماند را به همراه دارد. پسماندهای بیمارستانی به صورت جداگانه جمع‌آوری می‌گردد ولی در حال حاضر مکان مشخصی برای دفع این نوع از پسماندها وجود ندارد.

۳- سناریوهای مدیریت پسماند: بازیافت، دفن

بهداشتی، زباله‌سوزی و تولید کمپوست

در شهر طبس با توجه به شرایط موجود در منطقه، روش‌های بازیافت، دفن بهداشتی، زباله‌سوزی و تولید کمپوست در نظر گرفته شده است در میان روش‌های نهایی جهت دفع پسماند، روش هاضم بی‌هوازی در نظر گرفته نشده، به‌طورکلی تنها در سه شهر ایران از هاضم بی‌هوازی برای تولید انرژی در مقیاس کلان استفاده می‌گردد. با توجه به مقدار مواد قابل بازیافت و ارزش اقتصادی آن‌ها، ایجاد خطوط تفکیک و بازیافت این مواد می‌تواند کارایی مناسبی در منطقه داشته باشد. به دلیل شرایط آب و هوایی موجود (گرم و خشک) و همچنین وجود اراضی قابل‌توجه در این ناحیه روش دفن

بهداشتی می‌تواند یکی از روش‌های مناسب در منطقه مورد مطالعه باشد. از سویی دیگر با توجه به حجم بالا مواد آلی استفاده از کمپوست هم می‌تواند موردبررسی قرار گیرد به‌خصوص که در این ناحیه با توجه به نوع بافت خاک می‌توان از محصول نهایی جهت فعالیت‌های کشاورزی و یا اصلاح بافت خاک استفاده نمود. در ارتباط با استفاده فناوری زباله‌سوز جهت مدیریت پسماندهای شهری تاکنون تنها یک شهر در ایران از این فناوری جهت مدیریت پسماندهای شهری استفاده می‌کند، شهر تهران با در اختیار داشتن زباله‌سوزی با ظرفیت ۲۰۰ تن در روز، بخش اندکی از پسماند تولید در شهر تهران را به این روش مدیریت می‌کند؛ اما با توجه به رویکرد دولت جهت استفاده از زباله سوزی جهت تولید انرژی، میتوان از این روش به عنوان یکی از روشهای دفع پسماند استفاده نمود. این سناریوها بصورت زیر می باشد.

• سناریو ۱: تمامی پسماند تولیدی بدون جداسازی وارد لندفیل گردد.

در سناریو اول تمام پسماند تولیدی در شهر به صورت مستقیم وارد لندفیل گردد، با توجه به وجود زمین کافی در شهر طبس، دفن پسماند میتواند به عنوان روشی آسان و ارزان به کار برده شود. از دلایل استفاده از این روش می توان به پایین بودن سطح آب زیر زمینی و کمبود بارش در این منطقه اشاره کرد. البته نگرانی‌های موجود در این بخش عدم استفاده از روش‌های مناسب برای احداث و راهبری لندفیل و همچنین جمع‌آوری مناسب گاز متان میباشد. با توجه به حجم بالای مواد آلی موجود در پسماند شیرابه قابل توجهی در طول فرایند دفن تولید میگردد که مدیریت شیرابه تولیدی از اهمیت خاصی برخوردار است. در نتیجه فرض میگردد لندفیل داری سیستم جمع‌آوری شیرابه خواهد بود و از سویی دیگر با توجه به میزان مواد آلی موجود در پسماند و پتانسیل موجود در تولید گاز، سیستم‌های استحصال گاز و در ادامه تولید برق از گاز جمع‌آوری شده تعبیه خواهد شد. بازدهی سیستم جمع‌آوری گاز در حدود ۸۰٪ و سیستم تولید برق در حدود ۳۰٪ در نظر گرفته شده است.

• سناریو ۲: تمامی پسماند بدون جداسازی وارد زباله سوز گردد.

با توجه به نوع پسماند و ارزش حرارتی پایین شاید سوزاندن پسماند راهکار مناسبی برای دفع نهایی آن نباشد ولی با توجه به سیاست‌های کشور در ارتباط با تولید انرژی از پسماند، این روش به‌عنوان روش دفع نهایی پسماند در نظر گرفته شده است، در این روش تمامی پسماندها بدون جداسازی وارد

نصب خواهد شد. با بالا رفتن مقدار پسماندهای غذایی در توده پسماند کیفیت تولید کمپوست افزایش می‌یابد (Ma, 2016). بر اساس سناریوهای موجود میزان مواد ورودی به هر یک از سیستم‌های دفع در جدول ۵ نمایش داده شده است:

جدول ۵- میزان مواد ورودی به هر یک از سیستم‌های دفع

سناریو	عملیات	مواد آلی	کاغذ	پلاستیک	شیشه	فلزات	سایر
سناریو ۱	لندفیل	13460	1353	1353	293	347	1481
سناریو ۲	زباله سوز	13460	1353	1353	293	347	1481
سناریو ۳	بازیافت	0	541	541	117	278	0
	لندفیل	13460	812	812	176	69	1481
سناریو ۴	بازیافت	0	541	541	117	278	0
	زباله سوز	13460	812	812	176	69	1481
سناریو ۵	بازیافت	0	541	541	117	278	0
	کمپوست	9422	0	0	0	0	0
	لندفیل	4038	812	812	176	69	1481

جدول ۶- میزان کل مواد ورودی به سیستم دفع در هر سناریو

سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ۴	سناریو ۵	
18289	0	16811	0	7389	انتقال به لندفیل
0	18289	0	16811	0	انتقال به زباله سوز
0	0	1478	1478	1478	انتقال به سیستم بازیافت
0	0	9422	9422	9422	انتقال به کمپوست
18289	18289	18289	18289	18289	کل پسماند

در این مقاله مقدار آلاینده‌های تولیدشده (متان و دی‌اکسید کربن) با توجه به گزینه‌های مختلف مدیریت پسماند در شهر طبرس به‌وسیله نرم‌افزار IWM-3 مورد بررسی قرار گرفته است. ۵ سناریو تعریف شده برای مدیریت پسماند به‌وسیله روش‌های LCA مورد بررسی قرار گرفت.

#### ۴- نتیجه‌گیری

##### • انرژی مصرف‌شده

بر اساس انرژی مصرف‌شده سناریو ۱ کمترین انرژی مصرفی را دارد، البته با توجه به عدم بازیافت مواد این اتفاق قابل پیش‌بینی بود، در رتبه بعدی سناریو ۵ قرار دارد، شاید بتوان گفت با توجه به انجام فرایندهای بازیافت، کمپوست و دفن و میزان مصرف انرژی سناریو ۵ جزو بهترین گزینه‌ها می‌تواند باشد، اما سناریو ۴ با توجه به عدم تولید انرژی توسط زباله‌سوز و همچنین کاهش ارزش حرارتی به‌واسطه جداسازی مواد قابل بازیافت بیشترین انرژی مصرفی را به خود اختصاص داده است.

سیستم‌های زباله‌سوزی می‌گردد. خاکستر تولیدی نیز در لندفیلی که به همین منظور طراحی می‌گردد دفن می‌شود. با توجه عدم وجود مواد آلی، لندفیل احداثی دارای سیستم جمع‌آوری شیرابه و همچنین سیستم جمع‌آوری گاز متان نخواهد بود.

##### • سناریو ۳: مواد قابل بازیافت از سیستم جداشده (با بازدهی ۴۰٪) و باقی مواد وارد لندفیل شود.

در این سناریو سیستم تفکیک پسماند احداث می‌گردد و مواد قابل بازیافت از جریان پسماند جداشده و مابقی آن وارد لندفیل می‌گردد. با توجه به سیستم‌های موجود تفکیک و از طرفی ارزشمند بودن پسماند، فرض می‌گردد پسماندهای فلزی و غیرفلزی با بازدهی ۸۰٪ و بقیه پسماندهای قابل بازیافت (پلاستیک، پت، شیشه و...) با بازدهی ۴۰٪ جدا شوند و باقی پسماندها وارد لندفیل با مشخصات بیان شده در سناریو ۱ می‌شوند. با توجه به وجود کارخانه بازیافت پلاستیک، لاستیک و کاغذ در شهر طبرس و به فاصله ۲۰ کیلومتری محل دفع، این دسته از مواد قابل بازیافت به این کارخانه منتقل خواهند شد و از آنجایی که کارخانه‌ها بازیافت شیشه و فلز (آهنی و غیر آهنی) در شهر یزد (۳۶۰ کیلومتری طبرس) وجود دارد، این بخش از پسماندها به شهر یزد منتقل خواهند شد.

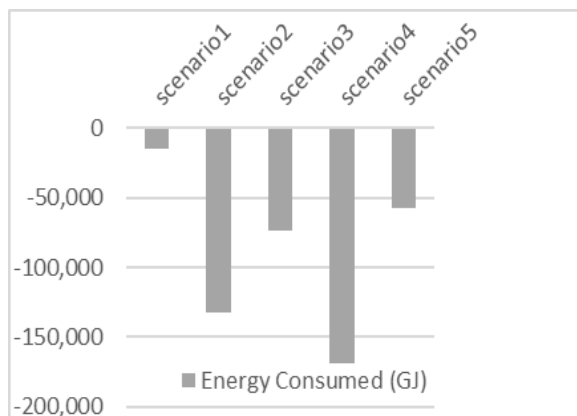
##### • سناریو ۴: مواد قابل بازیافت از سیستم جداشده، (با بازدهی ۴۰٪) مواد قابل تجزیه وارد سیستم لندفیل شود و مابقی وارد زباله‌سوز شود.

در این سناریو مشخصات خطوط تفکیک مانند سناریو ۳ می‌باشد و باقی مواد وارد زباله‌سوز می‌شوند.

##### • سناریو ۵: مواد قابل بازیافت از سیستم جداشده (با بازدهی ۴۰٪)، مواد قابل تجزیه (۷۰٪ این مقدار) وارد سیستم کمپوست شود و مابقی وارد لندفیل شود.

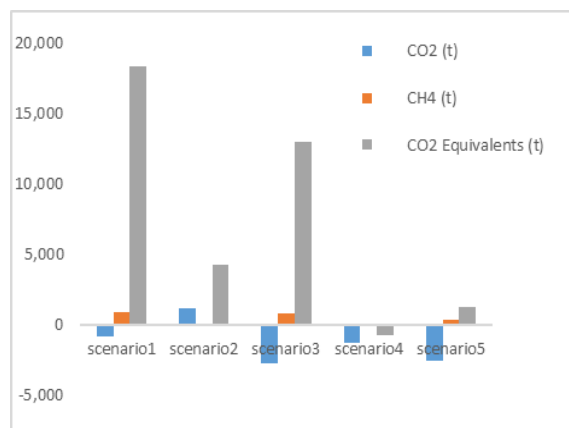
در این سناریو به‌وسیله خطوط تفکیک پسماندهای قابل بازیافت جداشده (با بازدهی بیان شده در سناریو ۱) سپس پسماندهای غذایی و باغبانی با بازدهی ۷۰٪ از سیستم جداشده و وارد سیستم کمپوست می‌شود. کمپوست به روش ویندرو انجام می‌گیرد و مابقی مواد وارد سیستم لندفیل می‌گردد، از آنجایی که حجم پسماند ورودی به لندفیل بسیار اندک می‌باشد، در این حالت سیستم استحصال گاز و تولید انرژی وجود نخواهد داشت، اما سیستم‌های جمع‌آوری شیرابه

از نقطه نظر تولید متان، در سناریوهای ۴ به دلیل عدم وجود لندفیل تقریباً متانی تولید نمی‌گردد (در سناریو ۴، لندفیل وجود دارد اما به دلیل اینکه خاکستر خارج شده از زباله‌سوز قابلیت تولید گاز ندارد، در نتیجه گاز متان تولید نمی‌گردد) از نظر تولید گازهای گلخانه‌ای که بر اساس CO<sub>2</sub> بیان شده است، سناریو ۱ بیشترین مقدار گاز گلخانه‌ای را تولید می‌کند، دلیل این امر عدم انجام فرایند بازیافت و همچنین ورود تمامی مواد به داخل لندفیل می‌باشد، در سناریو ۳ نیز همین اتاق رخ می‌دهد و به دلیل دفع مواد آلی در داخل لندفیل با تولید مقدار قابل توجهی از گازهای گلخانه‌ای روبرو هستیم، در نتیجه بر اساس میزان تولید گازهای گلخانه‌ای سناریو ۴ بهترین سناریو خواهد بود.



شکل ۱- مقدار انرژی مصرف شده در هر سناریو

#### • گازهای گلخانه‌ای تولید شده



شکل ۲- مقدار گاز گلخانه‌ای تولید شده در هر سناریو



منابع

- Abdoli, M A, M Rezaei, and H Hasanian. 2016. "Integrated Solid Waste Management in Megacities" 2 (3): 289-98. <https://doi.org/10.7508/gjesm.2016.03.008>.
- Ahluwalia, Poonam Khanijo, and Arvind K Nema. 2007. "A Life Cycle Based Multi-Objective Optimization Model for the Management of Computer Waste" 51: 792-826. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2007.01.001>.
- Askarian, Mehrdad, Mahmood Vakili, and Gholamhosein Kabir. 2004. "Results of a Hospital Waste Survey in Private Hospitals in Fars Province, Iran." *Waste Management* 24 (4): 347-52. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2003.09.008>.
- Cesaro, A, V Belgiorio, and M Guida. 2015. "Resources , Conservation and Recycling Compost from Organic Solid Waste : Quality Assessment and European Regulations for Its Sustainable Use." *"Resources, Conservation & Recycling"* 94: 72-79. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.11.003>.
- Chang, Ni-bin, Christine A Shoemaker, and Richard E Schuler. 1996. "SOLID WASTE MANAGEMENT SYSTEM ANALYSIS WITH AIR POLLUTION AND LEACHATE IMPACT LIMITATIONS," 463-81.
- Clavreul, Julie, Hubert Baumeister, Thomas H Christensen, and Anders Damgaard. 2014. "Environmental Modelling & Software An Environmental Assessment System for Environmental Technologies." *Environmental Modelling and Software* 60: 18-30. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.06.007>.
- Craighilla, Amelia L, and Jane C Powellavb. 1996. "Lifecycle Assessment and Economic Evaluation of Recycling : A Case Study." *Resources. Conservation and Recycling* 7: 75-96.
- Du, Mingxi, Changhui Peng, Xiaoge Wang, Huai Chen, Meng Wang, and Qian Zhu. 2017. "Quantification of Methane Emissions from Municipal Solid Waste Landfills in China during the Past Decade." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 78 (December 2016): 272-79. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.082>.
- Erami, Soran, Behzad Shahmoradi, and Maleki. Afshin. 2015. "Municipal Solid Waste Management in Mahabad." *Journal of Environmental Science and Technology*, no. May. <https://doi.org/10.3923/jest.2015>.
- Esfandiari, Saeed. 2011. "A Waste-To-Energy Plant for Municipal Solid Waste Management at the Composting Plant in Isfahan , Iran" 6: 449-52.
- Fricke, Klaus, Heike Santen, and Rainer Wallmann. 2005. "Comparison of Selected Aerobic and Anaerobic Procedures for MSW Treatment." *Waste Management* 25 (8): 799-810. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2004.12.018>.
- Friedrich, Elena, and Cristina Trois. 2016. "Current and Future Greenhouse Gas ( GHG ) Emissions from the Management of Municipal Solid Waste in the EThekwini Municipality e South Africa." *Journal of Cleaner Production* 112: 4071-83. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.118>.
- Ghanami, Zeinab, Abdoliman Amouei, Hourieh Fallah, Hosseinali Asgharnia, and Dariush Naghipour. 2013. "Survey of Qualitative and Quantitative Characteristics of Municipal Solid Wastes in North of Iran ( Babolsar City ) in 2012" 2 (2): 79-83.
- Giusti, L. 2009. "A Review of Waste Management Practices and Their Impact on Human Health." *Waste Management* 29 (8): 2227-39. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.03.028>.
- Guo, Wenying, Ying Zhou, Nengwu Zhu, Huageng Hu, Weihang Shen, Xixian Huang, Taiping Zhang, Pingxiao Wu, and Zhibo Li. 2018. "Resources , Conservation & Recycling On Site Composting of Food Waste : A Pilot Scale Case Study in China." *Resources, Conservation & Recycling* 132 (January): 130-38. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.033>.
- Jamshidi, Azadeh, Farzad Taghizadeh, and Delnaz Ata. 2011. "SUSTAINABLE MUNICIPAL ( CASE STUDY : SARAB COUNTY ," 5: 55-59.
- Kr, Dejan, Slaven Tenodi, Nenad Grba, Djurdja Kerkez, Malcolm Watson, and Srdjan Ron. 2018. "Science of the Total Environment Preremedial Assessment of the Municipal Landfill Pollution Impact on Soil and Shallow Groundwater in Subotica , Serbia." *Science of the Total*

- Environment Journal* 615: 1341–54. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.283>.
- Laurent, Alexis, Ioannis Bakas, Julie Clavreul, Anna Bernstad, Monia Niero, Emmanuel Gentil, Michael Z Hauschild, and Thomas H Christensen. 2014. “Review of LCA Studies of Solid Waste Management Systems – Part I : Lessons Learned and Perspectives.” *Waste Management* 34 (3): 573–88. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.10.045>.
- Levis, James W, Morton A Barlaz, Joseph F Decarolis, and S Ranji Ranjithan. 2013. “Environmental Modelling & Software A Generalized Multistage Optimization Modeling Framework for Life Cycle Assessment-Based Integrated Solid Waste Management.” *Environmental Modelling and Software* 50: 51–65. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.08.007>.
- Liamsanguan, Chalita, and Shabbir H Gheewala A. 2008. “LCA : A Decision Support Tool for Environmental Assessment of MSW Management Systems” 87: 132–38. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.01.003>.
- Lozanovski, Aleksandar, Jan Paul Lindner, and Ulrike Bos. 2014. “Environmental Evaluation and Comparison of Selected Industrial Scale Biomethane Production Facilities across Europe,” 1823–32. <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0791-5>.
- Ma, Hongting, Yang Cao, Xinyu Lu, Zequn Ding, and Weiye Zhou. 2016. “Review of Typical Municipal Solid Waste Disposal Status and Energy Technology.” *Energy Procedia* 88: 589–94. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.06.083>.
- Maalouf, Amani, and Mutasem El-fadel. 2018. “Resources , Conservation & Recycling Carbon Footprint of Integrated Waste Management Systems with Implications of Food Waste Diversion into the Wastewater Stream.” *Resources, Conservation & Recycling* 133 (November 2017): 263–77. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.02.021>.
- Maghanaki, M Mohammadi, B Ghobadian, G Naja, and R Janzadeh Galogah. 2013. “Potential of Biogas Production in Iran” 28: 702–14. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.021>.
- Mahdavi, Abdolmajid, Gholamreza Savarypour, and Eskandar Zand. 2008. “Municipal Solid Waste Management in Tehran : Current Practices , Opportunities and Challenges” 28: 929–34. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.06.010>.
- Marchi, Michela, Federico Maria Pulselli, Silvia Mangiavacchi, Fabio Menghetti, and Simone Bastianoni. 2016. “The Greenhouse Gas Inventory as a Tool for Planning Integrated Waste Management Systems: A Case Study in Central Italy.” *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.035>.
- Meng, Fanxin, Gengyuan Liu, Zhifeng Yang, Yan Hao, and Yan Zhang. 2016. “Structural Analysis of Embodied Greenhouse Gas Emissions from Key Urban Materials : A Case Study of Xiamen City , China.” *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.108>.
- Merrild, Hanna, Anders Damgaard, and Thomas H Christensen. 2008. “Resources , Conservation and Recycling Life Cycle Assessment of Waste Paper Management : The Importance of Technology Data and System Boundaries in Assessing Recycling and Incineration.” *Resources, Conservation and Recycling* 52: 1391–98. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2008.08.004>.
- Merrild, Hanna, Anna W Larsen, and Thomas H Christensen. 2012. “Assessing Recycling versus Incineration of Key Materials in Municipal Waste : The Importance of Efficient Energy Recovery and Transport Distances.” *Waste Management* 32 (5): 1009–18. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.12.025>.
- Mir, Atefe, and Sedighe Nabavi. 2015. “Optimization of Municipal Solid Waste Management System.” *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences* 5: 2398–2408.
- Moghadam, M R Alavi, N Mokhtarani, and B Mokhtarani. 2009. “Municipal Solid Waste Management in Rasht City , Iran.” *Waste Management* 29 (1): 485–89. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.02.029>.
- Mollahosseini, Arash, Seyed Amid, Mostafa Jabbari, Alberto Figoli, and Ahmad Rahimpour. 2017. “Renewable Energy Management and Market in Iran : A Holistic Review on Current State and Future Demands.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 80 (September 2015): 774–88. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.236>.
- Naderi, M. 2014. “Greenhouse Gas Emissions ( CO 2 -CH 4 ) from Municipal Solid Waste Management Using Life Cycle Assessment ( LCA ) in Mahdsht City ( IRAN )” 9 (2): 470–77.
- Ngwabie, N Martin, Yvette L Wirten, Godwin S Yinda, and Andrew C Vanderzaag. 2018.

- “Quantifying Greenhouse Gas Emissions from Municipal Solid Waste Dumpsites in Cameroon.” *Waste Management*. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.02.048>.
- Niu, Dong-jie, Hui Huang, Xiao-hu Dai, and You-cai Zhao. 2013. “Greenhouse Gases Emissions Accounting for Typical Sewage Sludge Digestion with Energy Utilization and Residue Land Application in China.” *Waste Management* 33 (1): 123–28. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.06.024>.
- Pakpour, Amir H, Isa Mohammadi, Mohammad Mahdi, Saeed Asefzadeh, and Heidi Pearson. 2013. “Household Waste Behaviours among a Community Sample in Iran : An Application of the Theory of Planned Behaviour.” *WASTE MANAGEMENT*. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.10.028>.
- Pazoki, Maryam, Reza Maleki Delarestaghi, Mohammad Reza Rezvanian, Reza Ghasemzade and Peyman Dalaei. 2015. “Gas Production Potential in the Landfill of Tehran by Landfill Methane Outreach Program.” *JUndishapour Health Science* 7 (4). <https://doi.org/10.17795/jjhs-29679>.
- Rahimi, E. 2014. “Capabilities, Difficulties and Obstacles for ‘Energy Recovery from MSW’ as a Sustainable Option for Waste Management in Iran.” *WIT Transactions on Ecology and the Environment* 186: 789–98. <https://doi.org/10.2495/ESUS140701>.
- Rajaeifar, Mohammad, Meisam Tabatabaei, and Hossein Ghanavati. 2015. “Comparative Life Cycle Assessment of Different Municipal Solid Waste Management Scenarios in Iran.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 51: 886–98. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.037>.
- Rajaeifar, Mohammad Ali, Hossein Ghanavati, Behrouz B. Dashti, Reinout Heijungs, Mortaza Aghbashlo, and Meisam Tabatabaei. 2017. “Electricity Generation and GHG Emission Reduction Potentials through Different Municipal Solid Waste Management Technologies: A Comparative Review.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 79 (May): 414–39. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.109>.
- Ramachandra, T V, H A Bharath, Gouri Kulkarni, and Sun Sheng. 2018. “Municipal Solid Waste : Generation , Composition and GHG Emissions in Bangalore , India.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82 (September 2017): 1122–36. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.085>.
- Rasapoor, Mazdak, Mehrdad Adl, and Babak Pourazizi. 2016a. “Comparative Evaluation of Aeration Methods for Municipal Solid Waste Composting from the Perspective of Resource Management : A Practical Case Study in Tehran , Iran.” *Journal of Environmental Management* 184: 528–34. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.029>.
- Rasapoor, Mazdak, Mehrdad Adl, and Babak Pourazizi. 2016b. “Comparative Evaluation of Aeration Methods for Municipal Solid Waste Composting from the Perspective of Resource Management: A Practical Case Study in Tehran, Iran.” *Journal of Environmental Management* 184: 528–34. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.029>.
- Rezaei, Mahdi, Barat Ghobadian, Seyed Hashem Samadi, and Samira Karimi. 2017. “Electric Power Generation from Municipal Solid Waste: A Techno-Economical Assessment under Different Scenarios in Iran.” *Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.10.109>.
- Ripa, M, G Fiorentino, V Vacca, and S Ulgiate. 2016. “The Relevance of Site-Specific Data in Life Cycle Assessment ( LCA ). The Case of the Municipal Solid Waste Management in the Metropolitan City of Naples ( Italy ).” *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.149>.
- Slagstad, Helene, and Helge Brattebø. 2012. “LCA for Household Waste Management When Planning a New Urban Settlement.” *Waste Management* 32 (7): 1482–90. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.03.018>.
- Srivastava, Vaibhav. 2014. “Urban Solid Waste Management in the Developing World with Emphasis on India : Challenges and Opportun ....,” no. May 2015. <https://doi.org/10.1007/s11157-014-9352-4>.
- Su, Jun-pin, and Pei-te Chiueh. 2007. “Analyzing Policy Impact Potential for Municipal Solid Waste Management Decision-Making : A Case Study of Taiwan” 51: 418–34. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2006.10.007>.
- Taghizadeh-Alisaraei, Ahmad, Hossein Alizadeh Assar, Barat Ghobadian, and Ali Motevali. 2017. “Potential of Biofuel Production from Pistachio Waste in Iran.” *Renewable and Sustainable*

- Energy Reviews* 72 (August 2015): 510–22. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.111>.
- Taheri, Mohammad, Mehdi Gholamalifard, and Mahdi Jalili Ghazizade. 2014. "Environmental Impact Assessment of Municipal Solid Waste Disposal Site in Tabriz , Iran Using Rapid Impact Assessment Matrix." *Impact Assessment and Project Appraisal*. Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1080/14615517.2014.896082>.
- Talaiekhosani, Amirreza, Setayesh Nematzadeh, and Zeinab Eskandari. 2017a. "Urban Climate Gaseous Emissions of Land Use and Modeling of Their Dispersion in the Atmosphere of Shahrekord , Iran." *Urban Climate*, no. August: 0–1. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.10.005>.
- Talaiekhosani, Amirreza, Setayesh Nematzadeh, and Zeinab Eskandari. 2017a. 2017b. "Urban Climate Gaseous Emissions of Land Use and Modeling of Their Dispersion in the Atmosphere of Shahrekord , Iran." *Urban Climate*, no. June: 0–1. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.10.005>.
- Thomsen, M, M Seghetta, M H Mikkelsen, S Gyldenkaerne, T Becker, D Caro, and P Frederiksen. 2017. "Comparative Life Cycle Assessment of Biowaste to Resource Management Systems e A Danish Case Study." *Journal of Cleaner Production* 142: 4050–58. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.034>.
- Tonjes, David J, and Sreekanth Mallikarjun. 2013. "Cost Effectiveness of Recycling : A Systems Model." *Waste Management* 33 (11): 2548–56. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.06.012>.
- Vahidi, Hossein, Hossein Nematollahi, Amin Padash, and Benyamin Sadeghi. 2016. "Comparison of Rural Solid Waste Management in Two Central Provinces of Iran" 1 (January): 195–206. <https://doi.org/10.22097/eeer.2017.47246>.
- "Waste Management System Modeling of Tehran." 2008, no. 3.
- Wavrer, P, and D Guyonnet. 2009. "Process-Based Analysis of Waste Management Systems : A Case Study" 29: 2–11. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.12.008>.
- Zaman, A U. 2010. "Comparative Study of Municipal Solid Waste Treatment Technologies Using Life Cycle Assessment Method" 7 (2): 225–34.