

## برآورد پتانسیل تولید گاز متان از محل‌های دفن زباله در کلان‌شهرهای ایران

(تهران، شیراز، مشهد، اصفهان، کرج)

نرگس محسنی<sup>\*۱</sup>

[mohseninarges@gmail.com](mailto:mohseninarges@gmail.com)

قاسمعلی عمرانی<sup>۲</sup>

سید امیرناصر هراتی<sup>۳</sup>

### چکیده

بازیابی انرژی از زباله روش مهم و مناسبی برای کاهش میزان انرژی الکتریکی تولیدی با استفاده از سوخت‌های فسیلی و منابع غیر قابل تجدید انرژی است. ارزیابی و پیش‌بینی نرخ تولید و انتشار گاز از محل‌های دفن، جهت طراحی این محل‌ها و بهره‌برداری موفق گازهای تولیدی به عنوان منابع انرژی دارای اهمیت زیادی می‌باشد. در این مطالعه با استفاده از بسته نرم‌افزاری LandGEM v302<sup>۱</sup> و با در نظر گرفتن درصد حجمی محتوی متان ۶۱ درصد و محاسبه  $164 \text{ m}^3/\text{Mg}$  به عنوان ضریب پتانسیل تولید گاز برای محل‌های دفن زباله به طور اختصاصی شهرهای تهران، شیراز، مشهد، اصفهان و کرج و ثابت نرخ تولید متان ۰/۰۶، انتشار گاز و آلاینده‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. در پایان آنالیز حساسیت با در نظر گرفتن  $k$  (نرخ تجزیه) مختلف این ارزیابی نشان داد که میزان گاز متان و کربن دی‌اکساید تولیدی از کل این ۵ محل دفن زباله به ترتیب  $11/15 \times 10^7$  و  $8/25 \times 10^7$  متر مکعب در سال و در سایت کهریزک  $934554$  تن دی‌اکسید کربن، در شیراز و کرج، متان و کربن دی‌اکساید به ترتیب  $1/5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$  و  $9/6 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{year}$ ، آنالیز گاز متان در سایت اصفهان  $8/46 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$  و در مشهد به ترتیب گاز متان و دی‌اکسید کربن هر کدام  $3/37 \times 10^7$  و  $1/72 \times 10^7$  متر مکعب در سال برآورد گردید. همچنین آلاینده‌های وینیل کلراید، بوتان، کربن دی‌سولفید، کلرو دی‌فلوئورومتان، بنزن، دی‌کلرو دی‌فلوئورومتان، دی‌کلرو فلئورو متان، هگزان، پنتان، زایلین در میان سایر آلاینده‌ها بیش‌تر از حد استاندارد بوده‌اند. با توجه به مقدار زیاد گاز متان تولیدی در محل دفن زباله شهرهای مذکور و با توجه به اقدامات لوله‌کشی که جهت استحصال گاز در این محل‌ها صورت گرفته است، استفاده کاربردی از انرژی حاصل از این گاز با تاکید بر تصفیه و پالایش گاز خروجی نظیر محل دفن زباله شیراز، گزینه مناسب جهت حذف این گاز گلخانه‌ای می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** پتانسیل، متان، زباله، محل دفن.

۱- کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران \* (مسئول مکاتبات).

۲- استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی، تهران، ایران.

۳- استادیار گروه عمران، دانشکده آزاد اسلامی، واحد قزوین، ایران.

## زمینه و هدف

یکی از معضلات بزرگ محل‌های دفن زباله ایران که متشکل از محل‌های دفن سنتی و بدون در نظر گرفتن سلول‌های دفن بهداشتی و مهندسی می‌باشد، مربوط به تولید گاز محل دفن که به LFG هم نامیده می‌شود، می‌باشد. این گاز از انجام مجموعه‌ای از واکنش‌های زیست شیمیایی<sup>۱</sup> بر روی مواد آلی تجزیه‌پذیر موجود در زباله در شرایط بی‌هوایی به دست می‌آید (۱۵). آنالیز فیزیکی زباله اکثر شهرهای ایران با سرانه تولید هر نفر ۰/۸۲ کیلوگرم در روز نشان می‌دهد ۷۰ درصد از زباله‌های شهری را مواد فساد پذیر آلی تشکیل می‌دهند (۳ و ۵).

عمده گازهای محل دفن شامل متان، کربن دی‌اکسید و گازهای هیدروژن، هیدروژن سولفاید، ترکیبات آلی فرار و ... می‌باشد (۱۶ و ۱۹). تحقیقات نشان می‌دهد در ۳۵ درصد از محل‌های دفن ایران خطر حریق و آتش سوزی وجود دارد که ناشی از گاز کنترل نشده متان در این محل‌ها می‌باشد (۸). استحصال و بازیابی موثر این گاز به روش‌های علمی، یکی از راه‌های کنترل حریق و آلودگی و انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشد و حاصل چنین عملکردی دستیابی به اهداف پروتکل کیوتو می‌باشد (۴ و ۱۴). در این مطالعه با استفاده از بسته نرم‌افزاری LandGEM، پتانسیل گاز استحصالی از محل‌های مذکور مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای این منظور با محاسبه دو عامل K (ثابت نرخ تجزیه) و L<sub>0</sub> (پتانسیل تولید متان) مختص هر محل دفن، مقدار تولید گاز پیش‌بینی شده است. در جدول ۱، اختصاصات کلی محل‌های دفن مورد بررسی، آورده شده است.

در ایران قدمت استفاده از بیوگاز به سه قرن قبل برمی‌گردد. کنترل گاز محل دفن در اواخر دهه ۱۹۶۰ و اوایل دهه ۱۹۷۰ در ایالات متحده، در جایی که محل‌های دفن عظیمی به وجود آمده بودند، شروع شد. اولین دستگاه در اروپا در کشور آلمان در اواسط دهه ۱۹۷۰، با کمک تجربیات زیاد

ایالات متحده، به کار گرفته شد. سپس تکنولوژی محل دفن به تمام اروپا و سایر کشورها گسترش یافت. در کشورهای پیشرفته دنیا، طراحی مراکز دفن با دید بهره‌برداری از حداکثر انرژی قابل استحصال از آن‌ها انجام می‌شود. در زمینه بهره‌برداری از گاز، تولید الکتریسیته شامل انتقال متان جمع‌آوری شده به دستگاه‌های مولد نیرو یا توربین‌ها و ژنراتورها از طریق خط لوله است. در حالی که در این کشورها علاوه بر توجه به تولید متان به آلاینده‌های سرطان‌زا موجود در محل‌های دفن پرداخته می‌شود (۱۲). در کشور ما مطالعات و اقداماتی جهت بهره‌برداری از این گاز صورت گرفته است. ترکیبات آلی فرار نیز به عنوان آلاینده‌های هوا، مقدار کمتر از ۱ درصد حجمی را نشان می‌دهد، اما از نظر کیفیتی مهم هستند، چون غالب آن‌ها به طور ذاتی سمی و در بعضی موارد سرطان‌زا هستند (۲۱).

مهم‌ترین اهداف این تحقیق عبارتند از برآورد پتانسیل تولید گاز و آلاینده‌های غیرمجاز احتمالی و معرفی مزایای ایجاد تسهیلات استحصال گاز متان در محل‌های دفن با تاکید بر ضرورت احداث آن می‌باشد.

جدول ۱- اختصاصات محل‌های دفن زباله مناطق مورد بررسی در ایران (۱۳،۹،۶،۷،۲)

شهر	جمعیت ساکن	درصد مواد آلی موجود در زباله	درجه حرارت محل دفن	رطوبت	pH	سرانه زباله (gr/per cap.day)	آنالیز گاز متان تولیدی
شیراز	۱۱۹۷۰۸۲	٪۷۱	۴۰-۴۵	۸۰	۵/۸-۶/۵	۷۴۴	٪۶۰
تهران	۷۹۶۹۳۱۹	٪۵۶/۴	۲۶-۴۰	۶۵-۷۰	۷/۱-۶/۲	۸۲۵	٪۵۵
مشهد	۲۴۲۷۳۱۶	٪۷۵	۱۵-۳۵	۶۰-۷۰	-	۶۲۸/۷	٪۶۰-۵۰
کرج	۱۳۸۶۰۳۰	٪۶۹/۱	۱۰-۲۸	۶۵-۷۰	۶/۳-۶/۹	۶۲۴	٪۶۰
اصفهان	۱۹۸۶۵۴۲	٪۷۸/۳	۱۰-۲۷	۶۰-۷۰	-	۶۴۵	٪۶۰-۴۵

گاز طبیعی را خواهد داشت (۱۹). به همین دلیل این مطالعه سعی دارد پتانسیل بالقوه کشور ما را در تولید و استحصال متان به اثبات برساند.

#### روش بررسی

روش تحقیق، توصیفی - تحلیلی از نوع کاربردی می‌باشد. بسته نرم‌افزاری LandGEM توسط مرکز کنترل تکنولوژی وابسته به آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا تهیه شده و می‌تواند به عنوان یک ابزار تخمین جهت مدل‌سازی انتشار گاز از محل‌های دفن مواد زائد جامد شهری مورد استفاده قرار گیرد. این بسته نرم‌افزاری علاوه بر محاسبه میزان گاز تولیدی از دفن‌گاه‌ها قادر به تخمین میزان ۴۶ مورد آلاینده هوا و فرار از دفن‌گاه‌ها نیز می‌باشد.

LandGem از معادله درجه اول تجزیه برای تخمین سالانه گاز استفاده می‌کند. پارامترهای اصلی مدل  $k$  و  $L_0$  هستند.

در سال ۱۹۸۸ شورائی به نام «مجمع بین الدول در خصوص تغییرات آب و هوا» (IPCC) جهت بررسی تغییرات آب و هوا ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای انسان ساخت تشکیل دادند (۱۱). این مجمع به این نتیجه رسید که میانگین درجه حرارت جهانی در صد سال گذشته ۰/۳ و ۰/۶ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است (۲۰). متان با توانایی گرمایش جهانی ۱۱ در دوره ۱۰۰ ساله گزارش شده است. اصولاً پدیده تغییر آب و هوا به طور عمده مربوط به افزایش گازهای گلخانه‌ای در جو است (۱۸).

مشارکت متان به بازارها فرصت منحصر به فردی در اختیار دولت‌ها و سازمان‌ها در سراسر دنیا برای همکاری با یکدیگر جهت پرداختن به موضوع انتشار متان و در عین حال دستیابی به مزایای اقتصادی، محیط‌زیستی و انرژی قرار می‌دهد. ایالات متحده پیش‌بینی می‌کند که تا سال ۲۰۱۵ برنامه متان به بازارها، ظرفیت کاهش انتشار متان در حد معادل ۵۰ میلیون تن کربن در سال، یا بازیابی ۱۵ میلیارد تن

(۰/۲۸) و (۰/۰۲) خواهد بود و مقدار DOC نهائی برای محل‌های دفن زباله شهرها ۰/۳ تعریف خواهد شد.

MCF: ضریب تصحیح تولید متان ۰/۸ (این ضریب مورد تأیید سازمان انرژی نو می‌باشد).

DOCf: این ضریب درصدی از مواد آلی است که قابلیت تبدیل به گاز متان و کربن دی‌اکساید را دارند. مقدار این ضریب بر حسب دمای محل دفن و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{DOCf} = 0.14T + 0.28$$

با فرض میانگین دمای ۳۵ درجه، ضریب DOCf در حدود ۰/۸۴ محاسبه می‌گردد.

F: در صد متان موجود در گاز لندفیل که با استفاده از آنالیز گازهای محل دفن زباله شهرهای ایران ۶۱ درصد می‌باشد.

OX: میزان اکسیداسیون در لایه‌های محل دفن با توجه به بالا بودن عمق ترانشه‌ها و لایه‌ها اکسیداسیون در محاسبات صفر در نظر گرفته شده است. بنابراین با انجام محاسبات، مقدار  $L_0$  برای پسماندهای شهری  $164 \text{ m}^3/\text{tone}$  به دست می‌آید. درصد خطای استفاده از معادله درجه اول برای تولید گاز تا ۲۲ درصد می‌باشد.

ثابت نرخ تولید متان:

ثابت نرخ تولید متان (k) تعیین‌کننده رژیم تولید گاز در لندفیل است که با افزایش k سرعت تولید گاز افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر افزایش مقدار k موجب تولید گاز بیشتر در مدت زمان معین و مقدار مشخص پسماند در شرایط یکسان می‌باشد. رنج k بین ۰/۰۳ تا ۰/۲۱ در نظر گرفته می‌شود (۱۰).

از این رو مقدار نرخ تولید گاز متان به رطوبت موجود در زباله شهر و دما و pH وابسته خواهد بود. با در نظر گرفتن کلیه شرایط فوق مقدار  $0.06 \text{ y}^{-1}$  برای k مناسب خواهد بود.

$$Q_{\text{CH}_4} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0.1}^1 k \left[ \frac{M1}{10} \right] e^{-ktij}$$

$Q_{\text{CH}_4}$ : تولید سالانه متان در سال محاسبه (متر

مکعب در سال)

i: افزایش در یک سال

n: (سال محاسبه) - (اولین سال پذیرش زباله)

j: ۰/۱ زمان افزایش در سال

k: میزان تولید متان ( $\text{year}^{-1}$ )

$L_0$ : پتانسیل تولید متان ( $\text{m}^3/\text{Mg}$ )

$M_i$ : توده زباله پذیرش شده در سال i ام (Mg)

tij: سن بخش j ام توده زباله  $M_i$  پذیرش شده در

سال i ام (decimal years, eg., 3.2 years)

پتانسیل تخمینی تولید گاز متان در محل دفن زباله

سنتی شهرهای ایران ( $L_0$ ):

$L_0$  مقدار به دست آمده از هر تن پسماند بر اساس

ترکیب پسماند و وضعیت محل‌های دفن در ایران و شرایط محیطی مطابق با استاندارد IPCC<sup>۱</sup> (کمیته بین‌الدول در خصوص تغییرات آب و هوا) در سال ۱۹۹۶ طبق رابطه زیر محاسبه شده است:

$$L_0 = \text{MCF} \times \text{DOC} \times \text{DOCf} \times F \times 16/12 \times (1 - \text{OX})$$

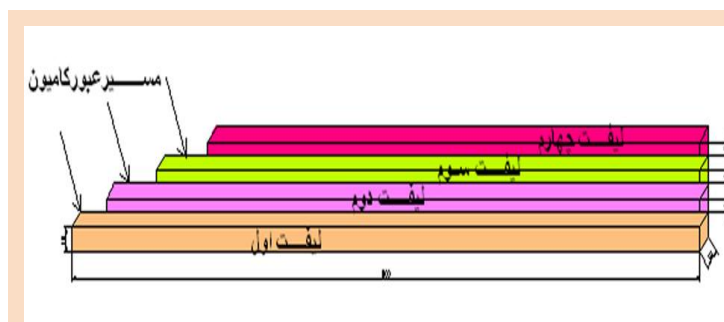
مقادیر پارامترهای فوق در زیر آمده است:

DOC<sub>2</sub>: محتوای کربن آلی قابل تجزیه در زباله

است که جزء ضروری محاسبات تولید گاز می‌باشد و تغییرات جزئی در مقدار DOC می‌تواند موجب تغییرات بسیار بزرگی در محاسبات گاز متان تولیدی گردد.

با توجه به این که ترکیب پسماند در کشورهای مختلف متفاوت است، لذا مقادیر DOC نیز دامنه گسترده‌ای دارد و از این رو بهتر است جهت تعیین این پارامتر به داده‌های واقعی مراجعه گردد. براساس دستورالعمل IPCC و مطابق آنالیز فیزیکی زباله شهرهای مورد مطالعه، در نتیجه مقدار DOC پسماندهای غذایی و کاغذ و مقوا به ترتیب

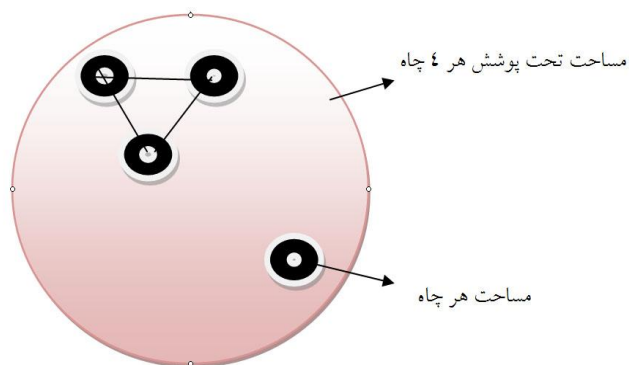
یافته‌ها



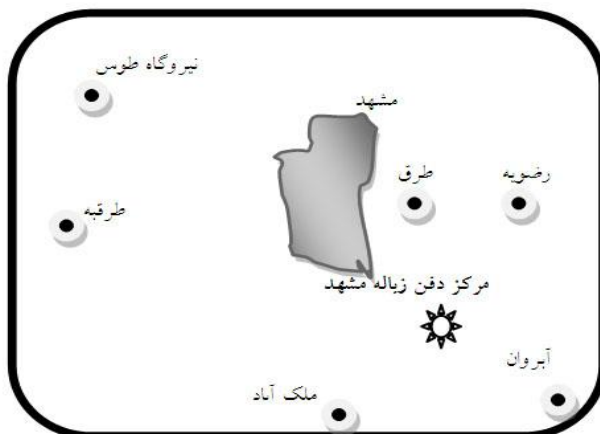
شکل ۱- دیاگرام وضعیت لایه‌های زباله در محل دفن زباله شهر شیراز (۱۳)



شکل ۲- وضعیت قرارگیری مشعل‌های استحصال گاز در اصفهان (۱۳)



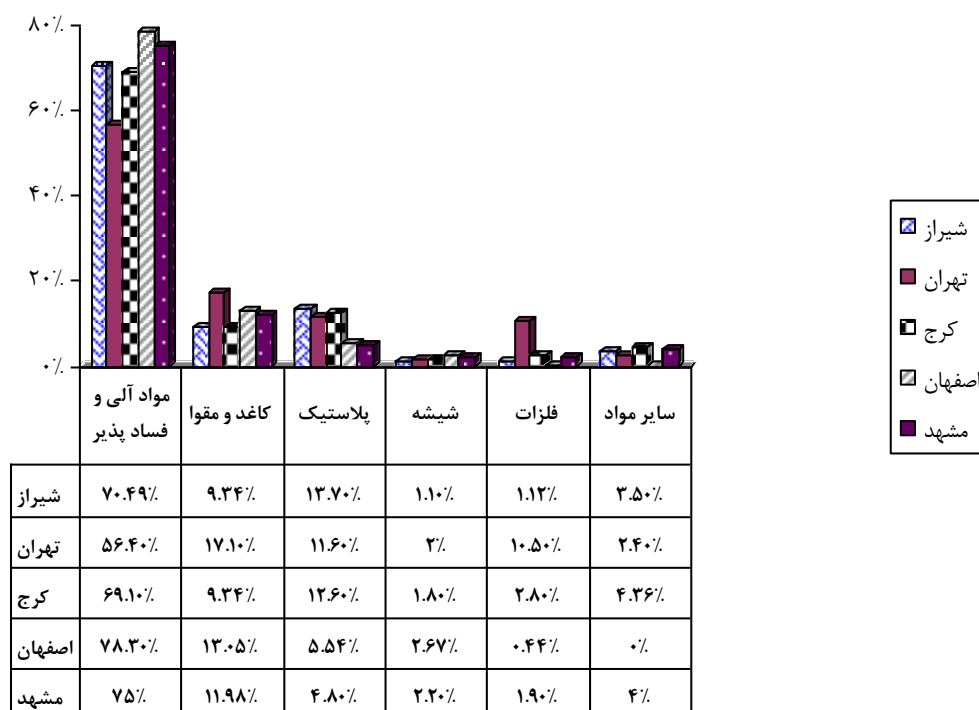
شکل ۳- موقعیت چاه‌های استحصال گاز در محل دفن کهریزک تهران (۱۳ و ۱۴)



شکل ۴- موقعیت محل دفن زباله مشهد (۱۳۹۰)



شکل ۵- موقعیت مشعل های استحصال گاز متان در محل دفن سنتی کرج (۱۳)



نمودار ۱- آنالیز فیزیکی زباله‌های شهرهای مورد بررسی (۱۳)

در میان آلاینده‌های مذکور، از نظر خطرپذیری بنزن جزء آلاینده‌های مظنون به سرطان‌زایی و وینیل کلراید سرطان‌زا برای انسان است که مقدار آنها بالاتر از حد استاندارد تخمین زده شده با استفاده از این نرم افزار می‌باشد. شکل ۶ منحنی تولید گاز متان را در محل‌های دفن مورد مطالعه با  $L_0=164\text{m}^3/\text{Mg}$  و  $k=0.06\text{ year}^{-1}$  تخمین می‌زند.

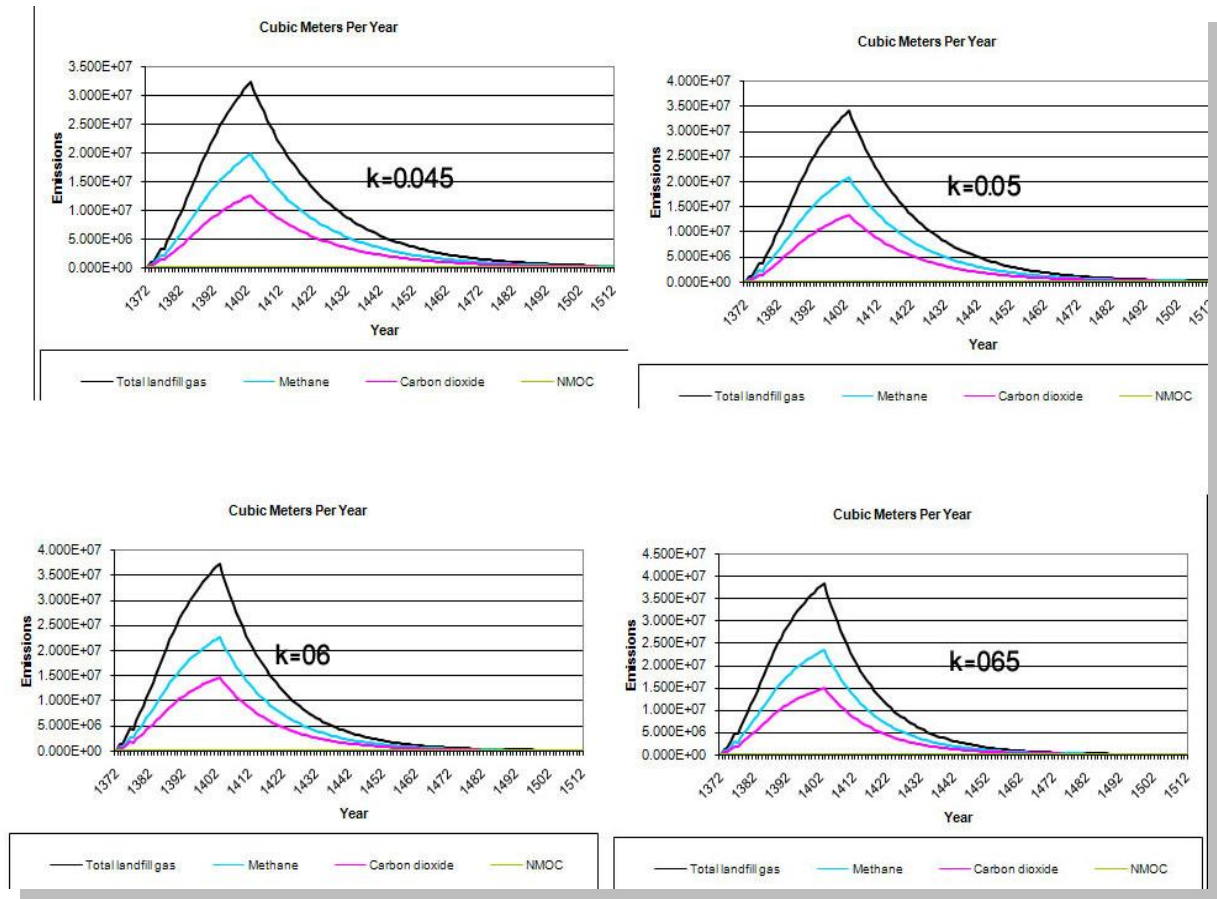
شکل ۶ منحنی تولید گاز با مقادیر متفاوت  $k$  و  $L_0=164\text{ m}^3/\text{Mg}$  را نشان می‌دهد.

شکل ۵ موقعیت و وضعیت محل‌های دفن مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

در کلیه موارد بررسی آنالیز دفن‌گاه‌ها با ۶۰ درصد متان، به نظر می‌رسد این گاز بتواند به عنوان منبع انرژی در محل دفن مورد استفاده قرار گیرد.

چنانچه در نمودار ۱ مشاهده می‌شود آنالیز فیزیکی زباله‌ها، وجود ترکیبات آلی فسادپذیر و پتانسیل تولید گاز را اثبات می‌کند.

جدول ۲ مقدار آلاینده‌های موجود در محل‌های دفن را عنوان می‌کند.



شکل ۶- منحنی تولید گاز از محل دفن زباله‌های ۵ کلان‌شهر با نرخ تجزیه متفاوت

افزایش گازهای تولیدی هم‌چنین حجم پسماندهای شهر شیراز امکان توسعه طرح برای تولید حداقل ۶ مگاوات برق فراهم می‌نماید. هزینه فاز اول اجرای طرح ۱۴ میلیارد ریال برآورد گردیده است.

نیروگاه برق بیوگاز با ظرفیت یک هزار و ۶۵ کیلووات ساعت به وسیله سازمان تنظیم و بازیافت مواد شهرداری شیراز و با مشارکت بخش خصوصی در محل سایت پسماندهای شیراز واقع در برم شور احداث شده است. برق تولیدی به شبکه برق سراسری به طور متوسط هر کیلووات ساعت ۵۵ هزار تومان فروخته می‌شود که قرارداد آن منعقد شده و سازمان انرژی نو متعهد شده به مدت ۱۳ سال برق تولیدی این نیروگاه را خریداری کند. نیروگاه بیوگاز سوز سایت دفن پسماند شیراز در مساحتی یک هکتاری که شامل دو واحد موتور ژنراتور بیوگاز سوز به ظرفیت ۵۰۰ کیلو وات بوده که از طریق پست اصلی به شبکه ۲۰ کیلو ولت توزیع برق شیراز متصل خواهد شد.

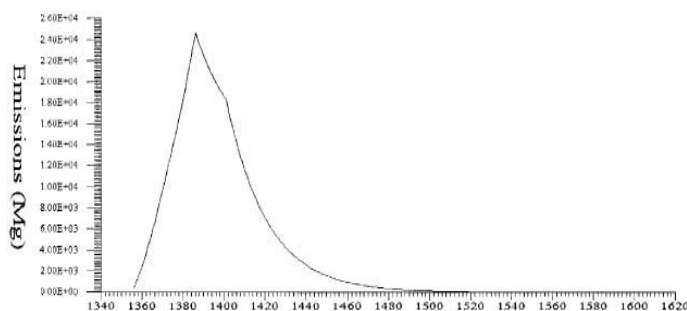
گاز مصرفی دو نیرو گاه ۷۴۰ متر مکعب در ساعت می‌باشد این نیروگاه در هر سال ۷۱۸۸/۸ مگا وات ساعت در سال برق تولید خواهد نمود با توجه به ظرفیت و پیش بینی



جدول ۳- روند افزایش تولید زباله در شهر مشهد از سال ۱۳۵۵ و پیش‌بینی آن تا سال ۱۴۰۰

سال	میزان کل زباله دفن شده در هر سال (تن)	میزان زباله قابل تجزیه در هر سال (تن)
۱۳۵۵	۱۰۰/۰۵۰	۷۵/۰۳۷
۱۳۶۰	۱۷۱/۸۵۸	۱۲۸/۸۹۳
۱۳۶۵	۲۴۳/۶۶۶	۱۸۲/۷۵۰
۱۳۷۰	۳۰۵/۸۲۱	۲۲۹/۳۶۶
۱۳۷۵	۴۴۱/۹۱۰	۳۳۰/۹۳
۱۳۸۰	۴۴۱/۲۸۰	۳۳۰/۹۶۰
۱۳۸۵	۵۲۶/۳۳۹	۳۹۴/۷۵۵
۱۳۸۶	۱۴۶/۰۰۰	۱۰۹/۵۰۰
۱۴۰۰	۱۴۶/۰۰۰	۱۰۹/۵۰۰

Projected Methane Emissions



شکل ۷- منحنی تولید گاز متان در محل دفن زباله شهر مشهد

کامل گازهای تولیدی برای مصرف در نیروگاه دانست و ۲ دستگاه پس از پالایش گازها مشابه پایه گازسوز خودروها انرژی تولیدی را به ژنراتور منتقل می‌کند و برق تولید می‌شود، ظرفیت اسمی هر موتور را ۳۳۰ کیلووات می‌باشد.

اگر گاز متان تولیدی با این روش تنها برای تولید الکتریسیته بکار رود، ۹۸۲۲۳۰۴۱ کیلوژول در ساعت ارزش گرمایی خواهد داشت.

هم اکنون نیروگاه استحصال گاز متان در سایت مشهد احداث گردیده است که یکی از مزایای این نیروگاه و سیستم بیوگاز نصب شده، حذف بخارات اسیدی و فیلتراسیون

براساس برآورد حجم گازهای تولیدی در سال ۱۳۸۴ هر کدام  $۱۰^۷ \times ۳/۳۷$  و  $۱۰^۷ \times ۱/۷۲$  متر مکعب در سال برآورد  
با مدل سازی مرکز دفن زباله شهر مشهد میزان تولید خوش- کرد..

جدول ۲- جدول تولید آلاینده‌های گازی در محل‌های دفن زباله مذکور

Compound	(ppmv)	Molecular Weight
1,1,1-Trichloroethane (methyl chloroform) - HAP	۰/۴۸	۱۳۳/۴۱
1,1,2,2-Tetrachloroethane - HAP/VOC	۱/۱	۱۶۷/۸۵
1,1-Dichloroethane (ethylidene dichloride) - HAP/VOC	۲/۴	۹۸/۹۷
1,1-Dichloroethene (vinylidene chloride) - HAP/VOC	۰/۲۰	۹۶/۹۴
1,2-Dichloroethane (ethylene dichloride) - HAP/VOC	۰/۴۱	۹۶/۹۶
1,2-Dichloropropane (propylene dichloride) - HAP/VOC	۰/۱۸	۱۱۲/۹۹
2-Propanol (isopropyl alcohol) - VOC	۵۰	۶۰/۱۱
Acetone	۷/۰	۵۸.۰۸
Acrylonitrile - HAP/VOC	۶/۳	۵۳/۰۶
Benzene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	۱/۹	۷۸/۱۱
Benzene - Co-disposal - HAP/VOC	۱۱	۷۸/۱۱
Bromodichloromethane - VOC	۳/۱	۱۶۳/۸۳
Butane - VOC	۵/۰	۵۸/۱۲
Carbon disulfide - HAP/VOC	۰/۵۸	۷۶/۱۳
Carbon monoxide	۱۴۰	۲۸/۰۱
Carbon tetrachloride - HAP/VOC	۰/۰۰۴	۱۵۲/۸۴
Carbonyl sulfide - HAP/VOC	۰/۴۹	۶۰/۰۷
Chlorobenzene - HAP/VOC	۰/۲۵	۱۱۲/۵۶
Chlorodifluoromethane	۱/۳	۸۶/۴۷
Chloroethane (ethyl chloride) - HAP/VOC	۱/۳	۶۴/۵۲
Chloroform - HAP/VOC	۰/۰۳	۱۱۹/۳۹
Chloromethane - VOC	۱/۲	۵۰/۴۹
Dichlorobenzene - (HAP for para isomer/VOC)	۰/۲۱	۱۴۷
Dichlorodifluoromethane	۱۶	۱۲۰/۹۱
Dichlorofluoromethane - VOC	۲/۶	۱۰۲/۹۲
Dichloromethane (methylene chloride) - HAP	۱۴	۸۴/۹۴
Dimethyl sulfide (methyl sulfide) - VOC	۷/۸	۶۲/۱۳
Ethane	۸۹۰	۳۰/۰۷
Ethanol - VOC	۲۷	۵۶/۰۸

بینانه و محافظه کارانه به ترتیب گاز متان و دی‌اکسید کربن

جدول ۳- نتایج آنالیز بیوگاز حوزه پایلوت دفن زباله شهری اصفهان

نتایج آنالیز مرحله چهارم					نتایج آنالیز مرحله سوم					چاهک	درصد گاز
H <sub>2</sub> S (ppm)	CO (ppm)	O <sub>2</sub> (vol)	CO <sub>2</sub> (vol)	CH <sub>4</sub> (vol)	H <sub>2</sub> S (ppm)	CO (ppm)	O <sub>2</sub> (vol)	CO <sub>2</sub> (vol)	CH <sub>4</sub> (vol)		
۲۰	۲۶	۱۴/۷	۵/۵۱	۹/۵	۴۸	-	۱۷/۴	۸/۵	۱۵/۳	چاهک اول	
۱۵۰	۶۰۰	۱۶/۲	۱۸/۷۵	۴۱	۱۶۵	-	۱۶/۵	۲۱/۵	۴۳/۹	چاهک دوم	
۲۷۴	۶۰۹	۱۴/۶	۲۶/۵۶	۵۴/۲	۲۲۰	-	۱۳/۹	۲۶/۴	۵۴/۲	چاهک سوم	
۱۴۷	۵۱۲	۱۵/۶	۲۳/۲۳	۵۲/۴	۱۶۷	-	۱۴/۷	۲۴	۵۳/۱	چاهک چهارم	
۱۵۹	۶۳۲	۱۷	۲۲/۹۸	۵۱/۹	۱۷۲	-	۱۶/۳	۲۳/۵	۵۲	چاهک پنجم	

تخمیر و تولید بیوگاز در شرایط آب و هوایی سردتر کم‌تر می‌باشد. این در حالی است که آنالیز گاز متان در سایت اصفهان  $۱۰^۶ \times ۸/۴۶$  متر مکعب در سال برآورد گردید.

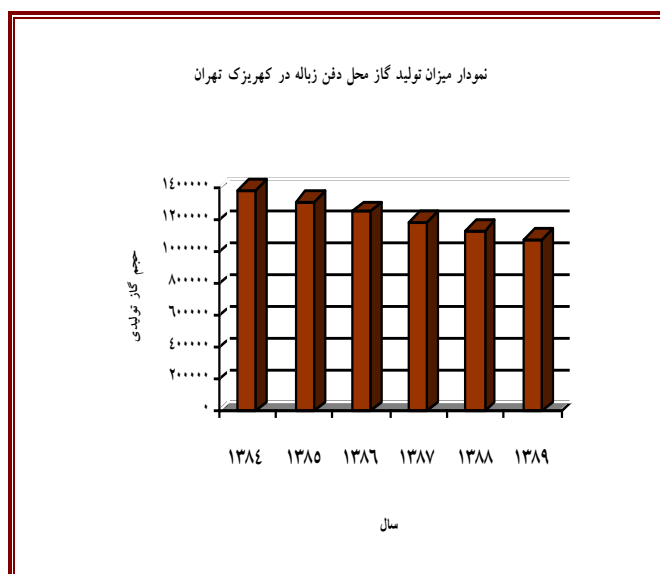
با توجه به نتایج برآورد حجم بیوگاز تولیدی حوزه دفن زباله مورد مطالعه در فروردین، مهر و آبان که به ترتیب برابر  $۱۰^۶ \times ۱/۳$ ،  $۱۰^۶ \times ۱/۰۱$ ،  $۱۰^۳ \times ۸۱۰/۲$  متر مکعب در سال حاصل شده است. می‌توان انتظار داشت که سرعت

جدول ۴- آنالیز گاز در محل دفن زباله اصفهان

نام گاز	متان	دی‌اکسید کربن	نیتروژن	هیدروژن سولفاید
(درصد حجمی)	۴۵-۶۰	۳۰-۴۰	۴-۶	۱۸۰-۲۲۰ ppm

جدول ۵- میزان تولید گاز در محل دفن کهریزک تهران

year	Ton CO <sub>2</sub> /year
۲۰۰۵	۱۳۸۲۵۳۵
۲۰۰۶	۱۳۱۵۳۵۶
۲۰۰۷	۱۲۵۱۱۱۷
۲۰۰۸	۱۱۹۰۱۱۲
۲۰۰۹	۱۱۳۲۰۴۷
۲۰۱۰	۱۰۷۶۷۷۵
۲۰۱۱	۱۰۲۴۲۹۶
۲۰۱۲	۹۷۴۳۱۶
جمع کل	۹۳۴۵۵۴



نمودار ۱- میزان تولید گاز در سایت کهریزک تهران

### بحث و نتیجه‌گیری

طوری که هیچ گونه انفجار یا آتش‌سوزی در محل مذکور گزارش نشود.

ضمن آن‌که سالانه از انتشار مقدار زیاد گاز متان در این سایت‌ها جلوگیری می‌شود، مشکلات زیست محیطی مرتبط با انتشار گاز لندفیل از جمله ایجاد بوی نامطبوع،

نتایج بررسی حاصل نشان می‌دهد که با شیوه لوله‌گذاری صحیح و مهندسی و به موقع (همزمان با در نظر گرفتن منطقه به عنوان سایت دفن) از وقوع حوادثی چون انفجار و آتش‌سوزی جلوگیری کرده و تا حد بسیار زیادی از ایجاد بوهای نامطبوع در اماکن دفن زباله‌ها کاسته می‌شود. به

کند یا متوقف می‌کند) در محل دفنگاه صورت گیرد. هم-چنین توصیه می‌شود در محل‌های دفن جهت افزایش بازده تولید گاز به منظور استفاده کاربردی از تلفیق لوله‌گذاری عمودی و افقی استفاده گردد. هم‌چنین به بررسی و اندازه‌گیری آلاینده‌های به خصوص آلاینده‌های سرطان‌زای احتمالی منتشره از این سایت‌ها پرداخته شود.

### منابع

- ۱- ابراهیمی، ابوالفضل. هراتی، امیر. کاوه، رشید. جمشیدی، رضا. ۱۳۸۵. «ارزیابی و مطالعه پتانسیل استحصال گاز متان از مراکز دفن سنتی زباله». سومین همایش ملی روز هوای پاک، مدیریت پسماند و جایگاه آن در برنامه‌ریزی شهری.
- ۲- آخرین سرشماری جمعیت در سال ۱۳۸۵. مرکز آمار ایران.
- ۳- دومین گزارش وضعیت محیط زیست ایران. ۱۳۸۴.
- ۴- تقدسیان، حسین و میناپور، سعید. ۱۳۸۱. «تغییرات آب و هوا»، سازمان حفاظت محیط‌زیست، دفتر طرح ملی تغییر آب و هوا.
- ۵- جوزی، سید علی. افسانه جباری، محمدرضا جباری. ۱۳۸۵. ((بررسی اقتصادی در استراتژی تفکیک از مبدأ زباله های خانگی)). سومین همایش ملی روز زمین پاک، مدیریت پسماند و جایگاه آن در برنامه ریزی شهری.
- ۶- سازمان تنظیف و بازیافت مواد شهرداری شهر شیراز، مطالعات شرکت ورازیست. ۱۳۸۱.
- ۷- سایت سازمان تنظیف و بازیافت مواد شهرداری شیراز. ۱۳۸۶.
- ۸- عالی، رحیم. محمدی مقدم، فاضل. ۱۳۸۵. رویکردی آسیب شناختی بر دستیابی به محیط زیست مطلوب در چشم انداز ۲۰ ساله کشور، سومین همایش ملی روز زمین پاک.

آلودگی هوا و همچنین آلودگی آب‌های زیرزمینی در حد قابل ملاحظه برطرف خواهد شد. با احداث نیروگاه‌های بیوگاز ضمن جمع آوری و کنترل آلاینده‌های زیست محیطی و کمک به حفظ بهداشت و سلامت عمومی جامعه می‌توان بخشی از انرژی الکتریکی و حرارتی مورد نیاز را تأمین نمود. با توجه به آنالیز فیزیکی زباله های محل‌های دفن مذکور میزان گاز متان و کربن دی‌اکساید تولیدی از این ۵ محل دفن زباله به ترتیب  $10^7 \times 11/15$  و  $8/25 \times 10^7$  متر مکعب در سال و در سایت کهریزک  $934554$  تن دی اکسید کربن، در شیراز و کرج، متان و کربن دی اکساید به ترتیب  $1/5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$  و  $9/6 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{year}$ ، آنالیز گاز متان در سایت اصفهان  $8/46 \times 10^6$  متر مکعب در سال و در مشهد به ترتیب گاز متان و دی‌اکسید کربن هر کدام  $10^7 \times 3/37$  و  $10^7 \times 1/72$  متر مکعب در سال برآورد گردید که این نشان‌دهنده پتانسیل بالقوه تولید و استحصال گاز در این محل‌ها می‌باشد و آلاینده‌های وینیل کلراید، بوتان، کربن دی سولفاید، کلرو دی فلوروئورومتان، بنزن، دی کلرو دی فلوروئورومتان، دی کلرو فلوروئورومتان، هگزان، پنتان، زایلن در میان سایر آلاینده‌ها بیشتر از حد استاندارد بوده‌اند.

نظر به این‌که هر متر مکعب گاز که از زباله استحصال می‌شود  $5/22$  کیلووات ساعت برق تولید می‌کند، با ساخت و توسعه نیروگاه‌های بیوگاز علاوه بر تأمین بخشی از انرژی مورد نیاز کشور، می‌توان گامی موثر در زمینه بحران عظیم ناشی از زباله‌های شهری و کاهش انتشار آلاینده‌های زیست محیطی برداشت که دارای اثرات اقتصادی و اجتماعی چشم‌گیری خواهد بود.

### پیشنهادات

با توجه به این‌که سازمان بازیافت و تبدیل مواد شهرداری شیراز استفاده کاربردی از گاز متان استحصالی از طریق کارگذاری ژنراتور و تولید برق در سایت دنبال می‌کند، پیشنهاد می‌شود شرایط استحصال بیشینه این گاز مثل تفکیک و جداسازی کیسه‌های پلاستیکی از زباله‌های حاوی آن‌ها (که به حتم ترکیبات کلره حاصل از آن‌ها تولید متان را

- Official Publications of the tropean Communities, Luxembourg.”
- 16- H.Christensen,Thomas, et al.,1996, “Lanfilling of Waste:Biogas”,
- 17- Mor, Suman., Ravindra Khaiwal,Visscher Alex De.,Dahiya, R.P.,Chandra, A.,2006, “Municipal solid waste characterization and its assessment for potential methan generation: A case study”, Science of the Environment 371(2006),Page 1-10.
- 18- United States Environmental Protection Agency, May 2005, “Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) Version 3.02 User’s Guide”.
- 19- www.methanetomarkets.org, August 2006.
- 20- International Information Programs and USINFO.STATE.GOV url.
- 21- Sormunen ,Kai, et al., 2007'Leachate and gaseous emissions from initial phases of landfilling mechanically and mechanically- biologically treated municipal solid waste rediduals" , www. Sciencedirect.com.
- ۹- قره ، سهیل و شریعتمداری. ۱۳۸۵. ((مدل سازی مرکز دفن زباله شهر مشهد جهت برآورد میزان گازهای تولیدی)).
- ۱۰- گزارش پتانسیل سنجی انرژی زیست توده و سهم آن در انرژی کشور. ۱۳۷۸. پژوهشکده انرژی و محیط زیست- پژوهشگاه نیرو- توسعه کاربرد انرژی های نو- وزارت نیرو.
- ۱۱- محرم نژاد، ناصر. ۱۳۸۵. (( مدیریت و برنامه ریزی محیط زیست)). انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی.
- ۱۲- معتمدی مهر، شهریار. ۱۳۸۳. ((بررسی نظری تولید بیوگاز در زمین های دفن زباله شهری و تأثیر بازچرخش شیرابه بر تولید گاز)). پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران محیط زیست، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.
- ۱۳- محسنی غریب دوستی، نرگس. ۱۳۸۷. (( بررسی فنی - اقتصادی - بهداشتی استحصال گاز متان از محل های دفن زباله در ایران)). پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.
- 14- Iran’s Initional Communication to UNFCC”, Climate Change Office, Department of Environment, March 2003.
- 15- Gendebin, A.,Pauwels,M.,et al., 1992, “ Landfill Gas from Environment to Energy, Office for