مراکز دفن زباله؛ تهدید یا فرصت

● امیدرضا اسدی نوقابی Omid_mechanic@yahoo.com
دانشگاه صنعتی شریف-گروه مهندسی مکانیک
کارشناس ارشد مکانیک
قطب علمی تبدیل انرژی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

چکیده

دفن حجم بالای زباله تولیدی در کشور (۸۰۰۰ تن روزانه در تهران) نیازمند یک برنامه‌ریزی اصولی و بلند مدت بهمراه یک سرمایه‌گذاری کلان در این بخش است. بطور کلی محل دفن زباله (landfill) دو خروجی اصلی دارد: یکی گاز ناشی از تخمیر مواد زائد و دیگری شیرآبه تولیدی از زباله‌هاست. در طول زمان شیرآبه مجتمع شده در محل دفن زباله به خاک نفوذ کرده و خطر نشت آن به آب‌های زیرزمینی که اکثرا برای آب شرب مصرف می‌شوند، وجود دارد که با توجه به عواملی مثل عمق و جهت جریان آب‌های زیرزمینی، نوع ترکیب زباله، شرایط اقلیمی و...، زمان نشت شیرآبه به آب‌های زیرزمینی متفاوت است. گاز تولیدی که درصد بالایی از آن را متان و دی اکسید کربن (دو گاز گلخانه‌ای) تشکیل می‌دهند می‌تواند به محیط انتشار یافته و باعث آلودگی هوا شود. اما با یک طراحی درست می‌توان هم گاز تولیدی از زباله‌ها (متان) را جمع‌آوری کرده و از ارزش حرارتی بالای آن استفاده کرد و هم شیرآبه را کنترل و تصفیه نمود و خطر نشت آن به آب های زیرزمینی را مرتفع ساخت. در این مقاله به بررسی اصول طراحی landfill ها پرداخته و عوامل تعیین کننده در این طراحی را مشخص می‌کنیم.

واژه های کلیدی:

دفن زباله – تولید انرژی – نشت شیرآبه – متان

مقدمه

با توجه به حجم بالای تولید زباله در کشور و به خصوص در تهران، بحث دفن بهداشتی این حجم زباله به شدت مطرح می‌گردد. بحث دفن ۸۰۰۰ تن زباله در کلان شهر تهران،

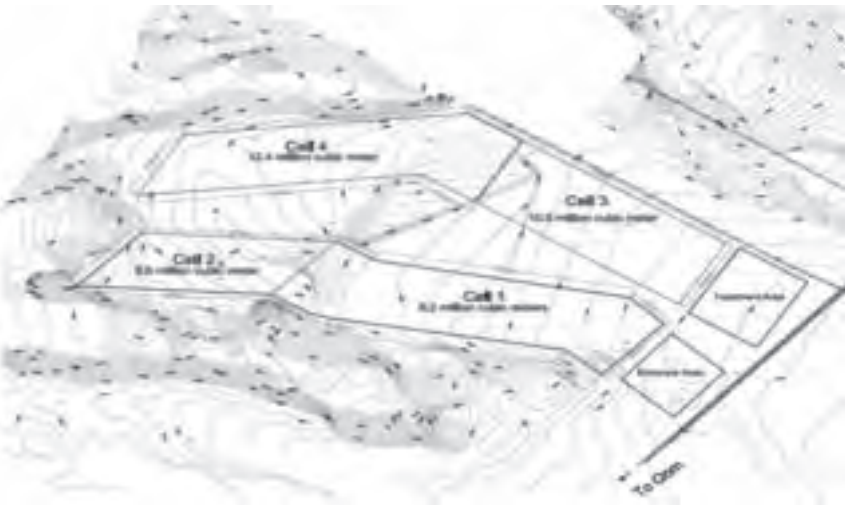
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نیازمند یک برنامه‌ریزی اصولی و هدفمند است که مستلزم شناخت و مطالعات جامع و دقیق بر روی این مسئله است. عدم دقت در طراحی این عملیات باعث بوجود آمدن مشکلات عدیده‌ای می‌گردد که متاسفانه در کهریزک تهران شاهد آن هستیم. به وجود آمدن یک دریاچه بزرگ از شیرآبه سیاهرنگ با اسیدیته بسیار بالا که خطر نفوذ آن به آب‌های زیرزمینی بسیار زیاد است و همچنین انتشار نرخ بالایی از گازهای گلخانه‌ای تولید شده به محیط، از جمله این مشکلاتند.

با شناخت مراحل و جزئیات ساخت یک landfill می‌توان خطر آلوده‌کنندگی آن را کنترل نمود و علاوه بر آن از انرژی گاز تولیدی استفاده کرد. گاز تولیدی ناشی از تخمیر زباله دارای درصد بسیار بالایی از دو گاز متان و دی اکسید کربن است که هر دو گاز گلخانه‌ای محسوب می‌شوند و در صورت نشت به محیط می‌توانند عامل مهمی در آلودگی هوای منطقه باشند.

در مقابل گاز متان دارای ارزش حرارتی(MJ/m^3) ۳۶/۷ است و می‌توان با زهکشی مناسب و طراحی سایت دفن زباله، این گاز را جمع‌آوری نموده و علاوه بر استفاده از انرژی آن، از نشت آن به محیط جلوگیری کرد.

شیرآبه تولیدی را نیز می‌توان تصفیه نمود و برای مصارف کشاورزی استفاده کرد که در غیر اینصورت با انباشته شدن این شیرآبه و نفوذ آن به خاک منطقه، خطر آلودگی آب‌های زیرزمینی که یکی از منابع تامین آب شرب هستند وجود دارد. در مجموع با توجه به حجم بالای مواد زائد شهری می‌بایست با دقت در مراحل طراحی و اجرای سایت دفن زباله از انتشار هر گونه آلاینده جلوگیری کرده و این تهدید زیست‌محیطی را به یک فرصت برای تولید انرژی و آب مصرفی بخش کشاورزی تبدیل نمود.

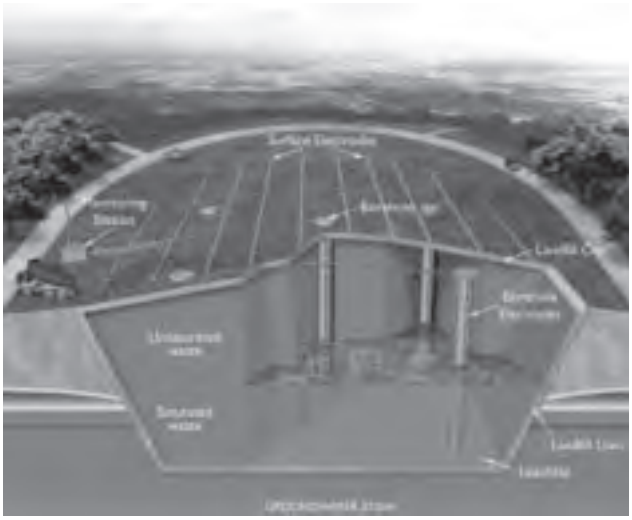


شکل ۱ – نقشه توپوگرافی منطقه هوشنگ‌آباد

انتخاب سایت

اولین مرحله در طراحی یک landfill انتخاب سایت یا محدوده مورد نظر است. زمین مورد نظر می‌بایست چند هکتار وسعت داشته و شیب آن از ٪۱۰ تجاوز نکند. تپه و بلندی و همچنین گسل یا شکاف عمیق در منطقه وجود نداشته باشد. دو بحث ژئولوژیکی و هیدرولوژیکی منطقه می‌بایست مورد توجه خاص قرار گیرند. در بحث ژئولوژیکی، ساختار خاک و جنس آن همچنین میزان نفوذپذیری و تخلخل خاک منطقه که عامل بسیار مهمی در نفوذ سیال به داخل خاک است، می‌بایست در آزمایشگاه مشخص شوند. در مورد موقعیت هیدرولوژیکی منطقه نیز می‌بایست در درجه اول ارتفاع آب‌های زیرزمینی از سطح زمین می‌بایست مشخص شود که حداقل ارتفاعی حدود ۱۵ متر از سطح زمین توصیه می‌شود. جهت جریان و کیفیت این آب‌ها و همچنین کابری آن‌ها نیز باید معین گردد. در این راستا بایستی نقشه توپوگرافی سایت و تهیه و آزمایش‌های مورد نظر بر روی خاک انجام شده و در صورت مطابقت با استانداردها این مرحله پایان می‌یابد. برای منطقه هوشنگ‌آباد که به عنوان سایت جدید دفن زباله در تهران انتخاب شده است، ظرفیتی معادل ۴۰.۰۰۰.۰۰۰ مترمکعب

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۲- شمای کلی یک landfill

شمای کلی و آستربندی نمای کلی landfill در شکل زیر مشاهده می‌شود.

مواد زائد در حفره ایجاد شده قرار می‌گیرند سطح پایینی، دیواره‌ها و سطح بالایی با توجه به کاربری آن‌ها لایه‌بندی می‌شوند. اصولاً سه نوع لوله‌کشی در محفظه landfill وجود دارد. ابتدا لوله‌های تزریق هوا[1] که برای کنترل فاز هوازی تخمیر مواد است. دیگری لوله‌های جمع آوری گاز است که در قسمتی که مواد زائد در فاز چهارم یا نهایی تخمیر قرار دارند، تعبیه می‌شوند و برای جمع آوری گاز تولیدی است و در نهایت لوله‌های تخلیه شیرآبه هستند که شیرآبه تولیدی را به حوضچه کنترل و تصفیه منتقل می‌کنند. در مورد آسترها نیز اکثراً دو روش آستر با استفاده از خاک رس یا با استفاده از ایزوگام بکار می‌روند. خاک رس دارای قیمت پایین و تکنولوژی و اجرای بسیار ساده‌ای دارد اما در مناطق پر بارندگی با جذب آب و مواد معدنی، خواص آن تغییر کرده و بر شیر آبه تولیدی نیز اثر می‌گذارند. ایزوگام کردن هم با اینکه نفوذ پذیری بسیار اندکی دارد و سرعت نصب آن بسیار بالاست اما قیمت بالاتری دارد و تجربه نشان داده است که اگر این آب‌بندی بصورت دقیق انجام نشود، کل آب‌بندی ساقط شده و نشت از همان نقطه‌ی ضعیف ایزوگام شده حادث می‌شود که این مشکل در آستربندی با خاک رس وجود ندارد. لذا استفاده از خاک رس که می‌بایست فشرده شود، توصیه می‌شود. در بالای landfill یک لایه از خاک منطقه وجود دارد و در قسمت پایین هم معمولاً فیلترهای برزنتی تعبیه می‌کنند که لوله‌های تخلیه شیرآبه زیر این لایه فیلتر قرار می‌گیرند.

تولید شیرآبه

عومل مختلفی در میزان و کیفیت شیرآبه تولیدی از مواد زائد مؤثرند. برای محاسبه نرخ شیرآبه تولیدی از رابطه زیر می‌توان استفاده کرد.

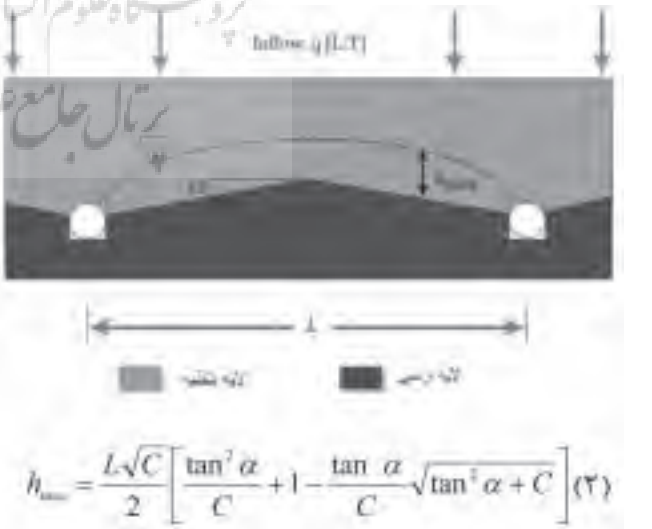
$$L_f = P + S - E - W_s + W_g - A_c \qquad (1)$$

سایت اینترنتی انجمن متخصصان محیط زیست ایران : www.irsen.org

۱-که LA میزان شیرآبه قابل تخلیه؛ P میزان بارندگی؛ S رطوبت ناشی از فشردگی زباله در حین دفن؛ E میزان تبخیر؛ WA جذب سطحی مواد زائد؛ Wd میزان آب تولیدی از فرآیند تجزیه و Ar میزان نشت از دیواره‌هاست که تمام این واحدها بر حسب (L^3/S) هستند[Cheristensen ۱۹۸۹].

جمع‌آوری شیرآبه

کاراترین مکانیزم جمع‌آوری و لوله‌گذاری روش دندان اره‌ای است. بیشترین سرعت تخلیه و کمترین زمان برای ماندگاری شیرآبه در محل تخلیه را می‌توان با محاسبه h_{max} بدست آورد.

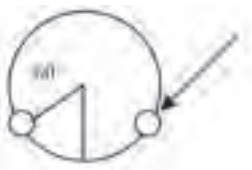


$$h_{max} = \frac{L\sqrt{C}}{2}\left[\frac{\tan^2\alpha}{C} + 1 - \frac{\tan\alpha}{C}\sqrt{\tan^2\alpha + C}\right] \quad (۲)$$

که h_{max} ارتفاع ماکزیمم سطح آزاد شیرآبه با لایه آستر (m)؛ L فاصله لوله‌ها (m)؛ $C=q/k$ است که q نرخ تصفیه و k ضریب هدایت هیدرولیکی بر حسب (m/s) و α شیب زمین است که در شکل دیده می‌شود.

۲-اصولاً h_{max} می‌بایست کوچکتر از ۳۰ سانتیمتر باشد و با طراحی شیب سطح و فاصله لوله‌ها می‌توان آن را تغییر داد و آن را تا جای که ممکن است کم‌کرد [Ehrig۱۹۸۹].

جنس لوله‌ها از پلاستیک (PVC یا HDPE) انتخاب شده و سوراخ ها با زاویه ۱۲۰ درجه می‌تواند یک طراحی خوب باشد. در ضمن عمر این لوله‌ها در فضای مساعد آن ها برای زنگ‌زدگی و خوردگی بالاتر از انواع دیگر لوله‌هاست.



شکل ۴ - سوراخ‌ها در لوله

تولید گاز

گاز ناشی از landfill متاثر از عواملی مثل نوع زباله، دما، فشار، رطوبت، اسیدیته (PH)، نسبت کربن به ازت و... است. تولید نهایی در حدود ۹۸ درصد گاز متان و دی اکسید کربن است که با توجه به عوامل مختلف ذکر شده، نسبت این گازها می‌تواند تغییر کند. هر دو گاز ذکر شده، گاز گلخانه‌ای محسوب می‌شوند و اگر به محیط نشت کنند می‌توانند باعث آلودگی شوند. اما می‌توان با جمع‌آوری این گاز از انرژی

سایت اینترنتی انجمن متخصصان محیط زیست ایران : www.irsen.org

حرارتی آن استفاده کرد.

البته با توجه به اینکه حدود ۴۰ درصد دی اکسید کربن و ۶۰ درصد را گاز متان در ترکیب این گاز وجود دارد و با توجه به ارزش حرارتی بسیار ناچیز CO_2، می‌توان ارزش حرارتی گاز تولیدی را حدود ۵۰ درصد گاز طبیعی یا متان فرض کرد. زیرا در هنگام عمل احتراق مقداری از انرژی واکنش صرف بالا بردن دمای دی اکسید کربن حاضر در واکنش می‌شود که در نتیجه ارزش حرارتی کل گاز را از ۶۰ درصد گاز متان موجود در آن، پایین‌تر می‌آورد. تولید گاز در مخازن دفن زباله از چهار فاز اصلی تشکیل شده که می‌توان آن‌ها را جداگانه بررسی نمود.

اولین فاز مربوط به واکنش‌های هوازی است که در این مرحله متان تولید نمی‌گردد. در این مرحله باکتری‌هایی که هوازی هستند مواد آلی پیچیده را به ترکیب‌های ساده‌ای که شامل اسید استیک و اسید پروپیونیک است تبدیل می‌کنند. در این مرحله آمونیاک و دی اکسید کربن تولید می‌شود. باکتری‌های این گروه به شرایط محیط حساس نیستند و با تغییر کم دما و اسیدیته به فعالیت خود ادامه می‌دهند.

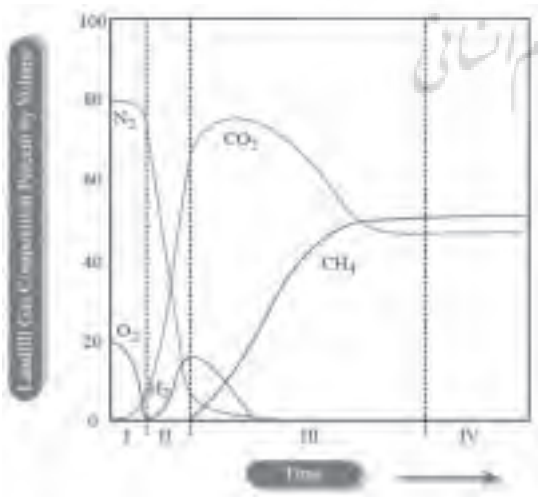
در فاز دوم ارگانیسم‌های متان ساز باز هم فعال نمی‌شوند. باتوجه به اینکه در این مرحله هم واکنش‌ها بی‌هوازی است باز هم هیدروکربن‌های سنگین به هیدروکربن‌های سبکتر و اسیدهای آلی می‌شکنند و محیط را برای تولید گاز متان در مرحله بعد آماده می‌سازد[Campman ۱۹۹۷].

در فاز سوم ارگانیسم‌های متان‌ساز فعال شده و و اسیدها را به متان و دی اکسید کربن تجزیه می‌نمایند. رشد و تولید مثل در این گروه از باکتری ها به کندی صورت گرفته و به شرایط محیطی بسیار حساس می‌باشند. فاز چهارم از لحاظ نوع واکنش‌ها مانند فاز سوم است با این تفاوت که میزان تولید گاز ثابت مانده و عملیات تخمیر و تولید گاز با نرخ ثابتی انجام می‌شود تا تمام مواد آلی تجزیه شوند.

$$4H_2 + CO_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$$
$$CH_3COOH \rightarrow CH_4 + CO_2$$

قابل ذکر است که اگر فعالیت اسید سازها بیشتر از فعالیت متان سازها شود، اسیدیته بالا رفته و باکتری‌های متان‌ساز از فعالیت می‌ایستند و تولید متان متوقف می‌شود.

در فاز سوم ابتدا نرخ تولید متان افزایش یافته و سپس به یک میزان پایدار می‌رسد و در واقع میزان تولید گاز از صفر تا یک مقدار ثابت، با توجه به شرایط محیطی تغییر می‌کند و به حالت پایدار می‌رسد [reid ۱۹۸۷].



شکل ۵ – ترکیب گاز در فازهای مختلف

این حالت پایدار در فاز چهارم اتفاق می‌افتد که برای ادامه دار بودن تولید متان می‌بایست تجزیه هوازی و غیر هوازی با نرخ ثابت و مشخصی انجام شوند و اسیدهای مورد نیاز برای فازهای متان‌ساز را آماده کنند. علاوه بر آن چون فرآیند شکسته شدن هیدروکربن‌های سنگین، PH محیط را پایین می‌آورد و باکتری‌های متان‌ساز هم به این مساله بسیار حساس هستند، اگر نرخ هوادهی بیش از حد انجام شود باز هم تولید متان متوقف خواهد شد. اصولاً از هر کیلوگرم مواد زائد خشک پیش‌بینی می‌شود حدود ۱۰۰ لیتر گاز تولید شود که ۶۰ لیتر آن را متان تشکیل می‌دهد. البته این مقدار گاز تولیدی با فرض تخمیر ۱۰۰ درصد مود است. انرژی حاصل از این مقدار گاز در حدود ۲/۲ مگاژول به ازای یک کیلوگرم مواد زائد خشک است که در عمل به علت عدم هموژن بودن مواد و تخمیر نشدن تمام مواد ورودی، این مقدار انرژی بدست نمی‌آید [Richard ۱۹۹۲].

بحث و نتیجه‌گیری

تولید شیرآبه و گاز در محل های دفن زباله می‌توانند تهدیدی برای آب های زیرزمینی و هوای منطقه باشند اما با محاسبات صحیح برای جمع‌آوری شیرآبه می‌توان مقدار زیادی از آن را بوسیله لوله‌های تخلیه جمع‌آوری و تصفیه کرده و از این آب برای مصارف کشاورزی استفاده نمود. این طراحی مستلزم ترکیبی از شیب بندی و لوله‌گذاری بطوری است که ارتفاع شیرآبه روی لوله‌ها به کمتر از ۳۰ سانتیمتر برسد. گاز تولیدی در landfill ها حدود ۳۰ لیتر به ازای هرکیلوگرم مواد زائد خشک است که با جمع‌آوری و هدایت آن علاوه بر جلوگیری از نشت آن به محیط می‌توان از حدود ۵۵۰ کیلو ژول انرژی به ازای واحد مواد زائد خشک بهره‌مند شد. طراحی بهینه عملیات دفن و تعیین میزان هوادهی و دمای کاری ساخت با شناخت مراحل چهارگانه تولید متان و همچنین با دانستن نوع ترکیب زباله ورودی به سایت امکان‌پذیر است.

منابع

1-Geo technique laboratory of AMIR KABIR technical university , 2004 , “The new tehran landfill” , Amir Kabir pulication

2-Christensen.T , 1989 , “Basic Biochemical Processes in Landfills” , Academic Press, London

3-Ehrig.h , 1989 , “Leachate Quality” , Sanitary Landfilling : Process,Technology and Environmental Impact , Academic Press, London

4-Campman.C , 1997 , “Bioreactor Landfills” , Academic Press, London

5-Reid, R.C., Prausnitz, J.M., Poling, B.E., 1987. “The Properties of Gases and Liquids” , McGraw-Hill , New York

6-Richard.L , 1992 , “Numerical Analysis” , PWS-KENT publication

7-www.MITcourses.com

8-www.creci.com

9-www.geogrids.com/landfill

سایت اینترنتی انجمن متخصصان محیط زیست ایران : www.irsen.org