محيط شناسي، سال سي و ششم، شمارة ۵۴ تابستان ۸۹، صفحة ۲۷-۳۴

ميزان تأثير رطوبت ، بر نرخ توليد آلاينده در لندفيل‌ها و كنترل آلاينده‌هاي خروجي با استفاده از سرپوش

چكيده

گاز توليدي در لندفيل‌ها، ناشي از تجزيه بي‌هوازي مواد آلي موجود در لندفيل است. گاز لندفيل داراي گاز گلخانه‌اي است. بنابراين انتشار گاز توليدي در لندفيل به اتمسفر، سبب افزايش گرمايش جهاني و آثار مخرب زيست محيطي مي‌شود. يكي از مشخصه‌هاي مؤثر بر نرخ توليد گاز در لندفيل‌ها ميزان رطوبت محيط است. در اين مطالعه لندفيل سراوان واقع در بيست كيلومتري جاده رشت-تهران، به عنوان لندفيل بي‌هوازي در دو محيط خشک و مرطوب به‌وسيله نرم‌افزار LandGEM مدل شده و ميزان گاز خروجي در سالهاي مختلف محاسبه شده است. نتايج به‌دست آمده نشان مي‌دهد نرخ توليد گاز در حالت مرطوب ۳/۸۵ برابر حالت خشک است. به‌طوري‌كه حداكثر متان، دي‌اكسيدكربن و تركيبات آلي فرار غيرمتان (NMVOC) توليدي در لندفيل، در حالت مرطوب بترتيب برابر ۱۱۷۰۰، ۳۲۱۱۰ و ۵۰۰ تن در سال و در حالت خشک به‌ترتيب برابر ۳۰۴۳، ۸۳۴۹ و ۱۳۰ تن در سال است. با توجه به ميزان تأثير رطوبت بر نرخ توليد آلاينده و ميزان رطوبت منطقه، استفاده از سرپوش براي مهار آلاينده مورد بررسي قرار گرفته است. پوشش پيشنهادي در اين مطالعه از نوع سرپوش مركب است. طبق نتايج به‌دست آمده، اين نوع سرپوش علاوه بر اكسيداسيون گاز متان به علت جلوگيري از نفوذ رطوبت به لندفيل، سبب كاهش نرخ توليد گاز و پساب مي‌شود. سيستم طراحي شده داراي شبكه جمع‌آوري گاز از نوع غيرفعال و زهكشي به‌منظور جمع‌آوري پساب است. شبكة جمع‌آوري غير فعال، سبب كاهش هزينه اجراي اين سيستم بر روي لندفيل‌هاي موجود مي‌شود. براي تصفية پساب در اين سيستم، پساب پس از جمع‌آوري، بر روي محل دپوي زباله در مكان‌هاي مشخص تخليه مي‌شود، تا از اين طريق غلظت NH4 و مواد آلي موجود در پساب كاهش يابد.

كليدواژه

لندفيل سراوان، LandGEM ، سرپوش مركب، آلاينده، بي هوازي

سرآغاز

محل دپوي زباله بر اساس طراحي مهندسي لندفيل[1] ناميده شده و يكي از روش‌هاي دفع استاندارد زباله محسوب مي‌شود (ANZECC, 1994). براي مديريت بهينه و كاهش آثار زيست‌محيطي زباله‌هاي شهري از لندفيل‌ها استفاده مي‌شود. با توجه به گوناگوني زباله‌هاي دفن شده در لندفيل و فسادپذيري بالاي آنها، در صورت اجرا و طراحي نامناسب، اين وسيله سودمند مديريتي، تبديل به خطري زيست محيطي خواهد شد (United Kingdom Department of the Environment , 1991). يكي از انواع لندفيل‌ها، لندفيل بي‌هوازي است. در اين نوع از لندفيل‌ها زباله تخليه شده طي فرايند بي‌هوازي به جرم سلولي بي اثر، گاز متان، دي‌اكسيدكربن، تركيبات آلي غيرمتان[2]، آب و ساير مواد با توجه به مشخصات زباله تبديل مي‌شود (McGuinn, 1988). لندفيل‌هاي فسادپذير بايد به شكلي طراحي شوند تا گاز متان خروجي به حداقل برسد و اكسيداسيون بر روي آنها صورت گيرد. طي فرايند بي‌هوازي و تبديل زباله به جامد بي‌اثر، آلاينده‌هايي به‌صورت پساب و گاز از لندفيل خارج مي‌شود. متان و دي‌اكسيدكربن بخش عمدة گاز توليدي در لندفيل را تشكيل مي‌دهد. ساير آلاينده‌هاي لندفيل، غالباً جزء آلاينده‌هاي خطرناک دسته‌بندي مي‌شود كه به اختصار آلاينده‌هاي خطرناک هوا[3] و تركيبات آلي فرار[4](VOC) ناميده

نويسنده مسئول:تلفن: ۰۹۳۵۴۸۸۹۲۵۹ E-mj_zoqi@civileng.iust.ac.ir

مي‌شوند. در صورتي‌كه لندفيل داراي طراحي مناسب باشد، تصفيه و دفع اين آلاينده‌ها با روش‌هاي مختلف قابل اجرا خواهد بود، در غير اين‌صورت لندفيل به منبع آلاينده‌هاي خطرناک تبديل مي‌شود (ANZECC , 1994). لندفيل سراوان كه در اين مطالعه مورد بررسي قرار گرفته، از طراحي مناسب برخوردار نيست. يكي از مشكلات اين گونه سايت‌ها به دام افتادن گاز متان در لايه‌هاي زيرين زباله و افزايش غلظت اين گاز در لندفيل است (چنانچه غلظت متان بيش از ۵% حجمي هوا را تشكيل دهد، اشتعال‌پذير خواهد بود). يكي از ويژگي‌هاي خاص سايت سراوان رطوبت بالاي منطقه است كه سبب افزايش محسوس، در نرخ توليد گاز متان شده است. همزماني اين دو ويژگي يعني رطوبت بالا و عدم طراحي در اين سايت، باعث به دام افتادن حجم فراواني از گاز متان شده، به‌طوري‌كه سايت در برخي مناطق دچار خودسوزي شده است. فرايند خودسوزي در سايت سراوان كه در تاريخ ۱۳۸۶/۸/۳۰ آغاز شده، فرايندي است كه در صورت عدم برخورد با آن در ديگر نقاط سايت به‌وقوع خواهد پيوست.از ديگر عوامل كليدي در تصميم‌گيري‌ها، بوي خروجي لندفيل است، كه ناشي از تأثيرات منفي بر مناطق حساس است. همواره بايد مديريت لندفيل به‌گونه‌اي باشد كه از هجوم بوهاي مضر به خارج لندفيل جلوگيري شود. بوي متصاعد شده از لندفيل را مي‌توان به سه بخش تقسيم كرد كه به‌صورت زير توضيح داده مي‌شود (United Kingdom Department of the Environment.1991):

- بوي ترشي و ناملايم با شدت بالا، از زباله‌هاي تازه موجود در لندفيل متصاعد مي‌شود .
- بوي تند سركه مانند (اسيد استيک) به همراه بوي شديد زباله تازه، كه از زباله‌هاي بي‌سرپوش يا مكان‌هايي از سرپوش[5] كه ضعيف شده و رطوبت به آن نفوذ پيدا كرده است ناشي مي‌شود. كتون (تركيب ارگانيک شامل گروهها كربونيل)، استر (تركيبات ناشي از واكنش الكل و اسيد) ، اسيدهاي چرب فرار، سولفيد هيدروژن و الكل‌هاي گوگرد دار در اين مرحله آزاد مي‌شوند.
- بوي پوسيدگي با شدت كم ناشي از تبديل پسماند به گاز متان. يكي ديگر از مشكلات سايت سراوان عدم زهكشي مناسب براي جمع‌آوري پساب ناشي از زباله است. بخشي از آلاينده‌هاي لندفيل، تركيبات آلي فرارند كه اغلب سرطانزا هستند. تركيبات آلي فرار با توجه به فرار بودن، بخشي به هوا و بخشي به پساب لندفيل انتقال مي‌يابند، پساب لندفيل علاوه بر اين تركيبات، مقاديري از فلزات سنگين را شامل مي‌شود و همچنين مقدار BOD و COD در پساب لندفيل‌ها بسيار بالا بوده و مقدار آن به عوامل گسترده‌اي بستگي دارد. مقادير تركيبات آلي فرار و فلزات سنگين لندفيل با زمان متغير است، مقادير BOD و COD نيز از همين قاعده پيروي مي‌كنند و مقدار غلظت آنها تابعي از زمان است (Paxe´us, 2000). با توجه به نزديكي سايت سراوان به حوضة رودخانة كچاء پساب توليدي در لندفيل به اين رودخانه راه پيدا كرده و از طريق آن به سياهرود، سرازير مي‌شود. ويژگي خاص منطقة سراوان كه بر حجم پساب توليدي مؤثر است، ميزان بارندگي بالاست، اين مسئله سبب ايجاد دو پديده مي‌شود : افزايش حجم پساب توليدي، دسترسي آسان پساب به آبهاي سطحي و زير زميني.

آثاري كه تخليه پساب، بر محيط زيست وارد مي‌كنند با توجه به تركيبات موجود در پساب، به ۲ دسته تقسيم مي‌شود(Paxe´us, 2000) :

VOCها و فلزات سنگين : اين مواد در بدن موجودات زنده كه از آب آلوده تغذيه مي‌كنند تجمع پيدا كرده و به بالاي زنجيرة غذايي راه مي‌يابند، اگرچه كه رودخانه‌هاي توانايي خود پالايي دارند ، اما اين توانايي بر روي اين گونه مواد مؤثر نخواهد بود، اين مسئله به دليل پايداري شيميايي اين تركيبات است.

غلظت **BOD** و **COD** پساب : پساب لندفيل‌ها داراي COD بين ۵۰۰۰۰ تا ۷۰۰۰۰ ميلي‌گرم در ليتر و BOD بين ۲۵۰۰۰ تا ۴۰۰۰۰ ميلي‌گرم در ليتر است. اين ميزان غلظت موجب پديده اكسيژن‌خواهي در رودخانة هدف (كچاء و سياهرود) مي‌شود به طوري كه منحني اكسيژن در پايين دست محل تخليه بشدت افت پيدا مي‌كند. دسترسي اين پساب از طريق اين رودخانه‌ها به تالاب انزلي وضعيت بمراتب خطرناكتري ايجاد خواهد كرد. زماني كه آب آلوده، به تالاب انزلي دسترسي يابد علاوه بر پديده اكسيژن‌خواهي، به علت سكون آب در اين منطقه پديدة تغذيه‌گرايي نيز رخ مي‌دهد. تغذيه‌گرايي به‌وجود آمده ناشي از مواد آلي موجود در پساب است، كه سبب رشد آلگ‌ها شده و اكسيژن مورد مصرف موجودات زنده را استفاده مي‌كند

روش كار

در اين مطالعه، لندفيل سراوان به‌طور موردي بررسي شده و اطلاعات مربوط به مشخصه‌هاي هواسنجي از ايستگاه سينوپتيک شهر رشت اخذ شده است.

با توجه به دادهاي ايستگاه سينوپتيک شهر رشت، منطقه جزء مناطق پر باران محسوب مي‌شود. به‌طوري‌که مجموع بارندگي سالانه ۱۴۴۶/۵ mm تخمين زده شده است. رطوبت نسبي منطقه طبق اطلاعات ايستگاه سينوپتيک رشت بطور کلي داراي ميانگين ماهانة بيش از ۷۷ % است.

با توجه به مشخصه‌هاي هواسنجي، لندفيل سراوان در منطقة مرطوب قرار مي‌گيرد و حرارت‌هاي ثبت‌شده نشان‌دهندة معتدل بودن منطقه است. همان‌طور که قبلاً گفته شد زباله‌هاي موجود در لندفيل طي فرايند بي‌هوازي تصفيه مي‌شود و شرايط جوي منطقه سبب تسريع اين فرايند مي‌شود.

براي محاسبه مقادير گاز و آلاينده‌هاي خروجي از لندفيل سراوان، علاوه بر مشخصه‌هاي هواسنجي، وزن زباله که در طول عمر لندفيل دفن شده است، بايد تخمين زده شود. لندفيل سراوان از سال۱۳۶۳ آغاز به‌کار کرده و دفن زباله تا زمان حال به طور صعودي ادامه داشته است. با توجه به افزايش جمعيت رشت و بهينه شدن سيستم جمع‌آوري زباله شهري، ميزان زباله ورودي در لندفيل در هر سال نسبت به سال قبل داراي افزايش خواهد بود، به‌طوري‌که طبق آمار ثبت شده ميزان زبالة ورودي به لندفيل سراوان در سال ۱۳۶۳ حدود ۱۰۰ تن در روز و در سال ۱۳۸۶ حدود ۵۰۰ تن در روز است. با در نظر گرفتن اين افزايش و اطلاعات اخذ شده از سازمان بازيافت استان گيلان با استفاده از روش‌هاي آماري، فرمول زير براي محاسبة ميزان زبالة ورودي به لندفيل ارائه مي‌شود.

۳۰۴۱۷+(۱۳۶۲- سال مورد نظر)× ۶۰۸۳/۳= مقدار زبالة ورودي در هر سال بر حسب تن.

يادآور مي‌شود فرمول فوق، با فرض اين‌که هيچ‌گونه فرايند تجزيه‌اي در زباله رخ نداده، وزن زباله را به‌دست مي‌آورد. بنابراين ميزان وزن واقعي زباله در سايت سراوان با وزن به‌دست آمده از فرمول متفاوت خواهد بود. مدلي که براي تخمين گاز و آلاينده‌هاي خروجي لندفيل استفاده مي‌شود، مقدار وزن زباله تجزيه شده را با توجه به مشخصه‌هاي هواشناسي منطقه، و مشخصات سايت محاسبه و اعمال مي‌کنند. مدل استفاده شده مورد تأييد سازمان حفاظت محيط زيست ايالات متحده است و به اختصار LandGEM ناميده مي‌شود (Alexander, et al. 2005). وزن زبالة خام موجود در لندفيل سراوان با توجه به فرمول بالا ، ۲۷۳۷۴۹۸ تن محاسبه شد که در مدل اعمال مي‌شود . براي درک ميزان تأثير رطوبت بر نرخ توليد گاز، گاز توليدي در سايت سراوان در دو حالت محيطي متفاوت، توسط نرم‌افزار LandGEM محاسبه شده است. در حالت اول ميزان گاز توليدي با توجه به مشخصه‌هاي هواسنجي منطقه به‌دست آمده است و در حالت دوم منطقه خشک فرض شده و با توجه به حالت فرضي ميزان گاز خروجي تخمين زده شده است. سپس با توجه به نتايج به‌دست آمده ميزان تأثير رطوبت بر نرخ توليد آلاينده‌ها محاسبه مي‌شود. با توجه به ميزان تأثير رطوبت بر نرخ توليد آلاينده ، سرپوشي براي سايت سراوان طراحي مي‌شود که از نفوذ رطوبت محيط به محل دپوي زباله جلوگيري کند.

در نرم افزار LandGEM از يک رابطه درجة اول براي تخمين ميزان گاز توليدي استفاده مي‌شود که در فرمول شمارة ۱ نشان داده شده است (Alexander, et al. 2005) .

(۱)

$$Q_{CH4} = \sum_{i=1}^{n} KL_0\left(\frac{M_i}{10}\right)e^{-Kt_{ij}}$$

Q_{CH4}: متان توليدي سالانه در طول سال محاسبه

i : شمارندة گام زماني (يک سال)

n : سال انجام محاسبات

j : گام زماني

k: نرخ توليد متان $\left(\frac{1}{yr}\right)$

L_0: نيروي توليد متان $\left(\frac{m^3}{Mg}\right)$

M_i : جرم زبالة وارد شده در سال i ام

t_{ij}: سن قسمت j ام از جرم M_i که در سال i ام وارد شده

با تغيير از حالت مرطوب به حالت خشک دو ضريب k و L_0 در فرمول ۱ تغيير پيدا کرده و از اين طريق ميزان رطوبت محيط در نرم افزار LandGEM تأثير داده مي‌شود (Alexander, et al. 2005).

عوامل مؤثر بر نرخ توليد متان (K)، ميزان رطوبت زباله، توانايي تجزيه پذيري زباله، ميزان pH تودة زباله و درجة حرارت زباله است. با توجه به عوامل مؤثر بر مقدار K، براي تعيين مقدار اين مشخصه نياز به آزمايش‌هاي متفاوت است (ANZECC, 1994). در اين مقاله، جهت تعيين مقدار K، از پيش فرض‌هاي نرم‌افزار LandGEM استفاده شده است. پيش فرض‌هاي موجود در نرم‌افزار به دو دسته کلي تقسيم‌بندي مي‌شود که عبارتند از:

دسته پيش‌فرض‌هاي CAA، که بر پاية قانون هواي پاک است، با اين پيش فرض تخميني محافظه‌کارانه از ميزان انتشار گاز،

در لندفیل به‌دست مي‌آید. دسته پیش‌فرض‌هاي inventory، بر پایه شاخص‌هاي انتشار EPA است که از آن براي تخمین میزان متوسط انتشار استفاده مي‌شود. پیش‌فرض‌هاي مذکور در لندفیل‌هایي که داده‌هاي آزمایشگاهي وجود ندارد کاربرد دارد. این دسته از پیش‌فرض‌ها شامل لندفیل‌هاي مرطوب هم مي‌شود. در این مطالعه مقدار K، از دسته پیش‌فرض‌هاي inventory انتخاب مي‌شود. مقدار K، براي حالت مرطوب (بدون سرپوش مرکب) و حالت خشک (با سرپوش مرکب)، به‌ترتیب برابر (1/yr) ۰/۷ و(1/yr) ۰/۰۴ است.

نیروي تولید متان(L_0)، به نوع و ترکیبات زباله بستگي دارد. هرچه سلولز موجود در زباله بیشتر باشد مقدار L_0 بالاتر خواهد بود. براي محاسبه مقدار L_0 از فرمول شماره ۲ استفاده شده است(ANZECC, 1994).

(۲)

$$L_0(\frac{m^3}{Mg}) = MCF \times DOC \times DOCF \times F \times 1482.8$$

MCF = ضریب تصحیح متان (این ضریب در صورتي‌که عمق لندفیل تا ۵ متر باشد برابر ۱ ، و براي لندفیل با عمق بیش از ۵ متر برابر ۰/۸ است)

DOC= درصد کربن آلي تجزیه پذیر

DOCF= ضریب عدم تشابه DOC (برابر ۰/۷۷)

F= در صد حجمي متان در گاز لندفیل (بین ۶۰%-۴۰%)

براي محاسبه مقدار DOC، مواد تشکیل‌دهندهٔ زباله موجود در لندفیل سراوان بر اساس درصد وزني تعیین شد. سپس با توجه به مقدار کربن آلي تجزیه‌پذیر در زبالهٔ تازه، که با توجه به مطالعات گذشته تعیین شده است، مقدار درصد کربن آلي تجزیه پذیر(DOC)، محاسبه مي‌شود. محاسبهٔ مقدار DOC در جدول شمارهٔ (۱) نشان داده شده است.

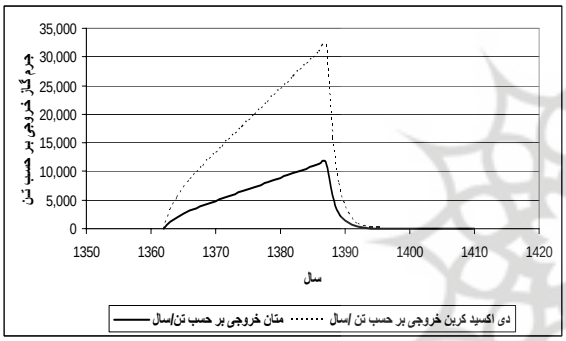
جدول شمارهٔ (۱): محاسبهٔ درصد کربن آلي تجزیه پذیر(DOC)

نوع زباله	سهم زباله از کل (%)	مقدار کربن آلي تجزیه پذیر در زباله تازه (%)	DOC
چوب	٦/٦	۳۰	۰/۰۲
کاغذ	۱۲/٤	٤۰	۰/۰۵
مواد آلي	۷٦/۳	۱٦	۰/۱۲۲
الیاف	٤/۷	٤۰	۰/۰۱۹
مجموع	۱۰۰	-----	۰/۲۱۱

با توجه به جدول شمارهٔ (۱) مقدار DOC برابر ۰/۲۱۱ خواهد بود. با در نظر گرفتن DOC به‌دست آمده و فرمول (شمارهٔ ۳)، مقدار پتانسیل تولید متان(L_0)، برابر (m^3/Mg) ۹۶/۴ محاسبه و در نرم افزار LandGEM اعمال مي‌شود.

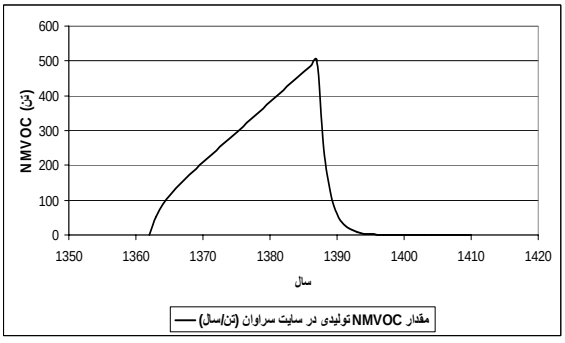
تشریح نتایج

در حالت مرطوب ، مقدار گاز خروجي متان و دي‌اکسیدکربن با استفاده از نرم افزار LandGEM برآورد شد، که نتایج مطابق شکل شمارهٔ (۱) است. بیشترین خروجي متان و دي‌اکسیدکربن در سال ۱۳۸۷ اتفاق مي‌افتد که مقدار آن به ترتیب ۱۱۷۰۰ تن، ۳۲۱۱۰ تن در سال است.



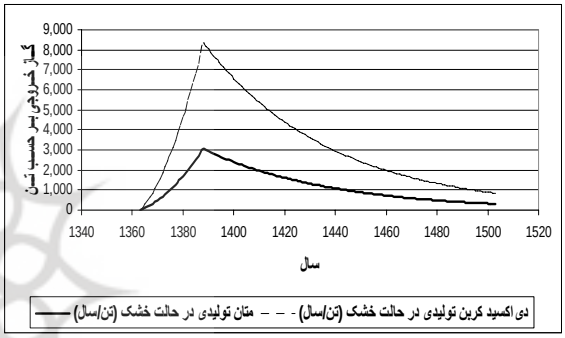
شکل شمارهٔ (۱): مقایسه مقدار متان و دي اکسید کربن تولیدي در سایت سراوان

مقدار ترکیبات آلي فرّار به غیر از متان۶، که اصطلاحاً (NMVOC) نامیده مي‌شود، در شکل شمارهٔ (۲) نمایش داده شده که بیشترین مقدار در سال ۱۳۸۷ تولید مي‌شود و برابر ۵۰۰ تن در سال است. با توجه به مقدار خطر این گونه ترکیبات براي محیط زیست، طبق استاندارد سازمان محیط زیست ایالات متحده و استرالیا چنانچه مقدار NMVOC خروجي از لندفیل بیش از ۵۰ تن در سال باشد، گاز متان استحصال شده از لندفیل، باید سوزانده شود (ANZECC , 1994).

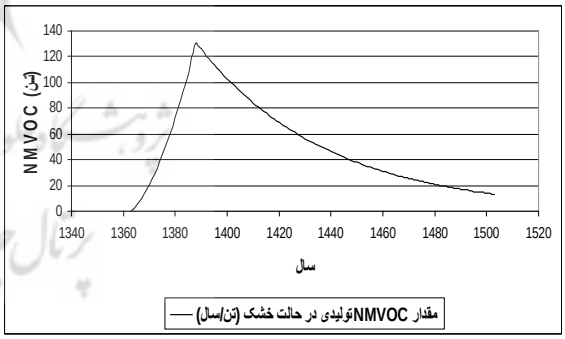


شکل شمارهٔ (۲): **NMVOC** تولیدي در سایت سراوان

در اين قسمت فرض مي‌شود ، لندفيل سراوان در منطقه‌اي قرار دارد كه از نظر مشخصه‌هاي هواسنجي خشک محسوب مي‌شود، در اين صورت، مقدار گاز متان و دي‌اكسيدكربن خروجي در حالتي كه محيط خشک فرض شود در شكل شمارة (۳) نشان داده شده است، بيشترين ميزان متان خروجي ۳۰۴۳ تن و اين مقدار براي دي اكسيد كربن ۸۳۴۹ تن در سال است. مقدار NMVOC توليدي در سايت براي زماني‌كه محيط خشک فرض شده در شكل شمارة (۴) نشان داده شده است. همان‌طور كه مشخص است بيشترين ميزان NMVOC به ۱۳۰ تن در سال مي‌رسد.



شكل شمارة (۳): دي اكسيد كربن و متان توليدي در سايت سراوان در حالت فرضي (خشک)



شكل شمارة (۴): مقدار **NMVOC** توليدي در سايت سراوان در حالت فرضي (خشک)

طبق نتايج به‌دست آمده در حالت واقعي (مرطوب) مقدار متان توليدي تا سال ۱۳۸۹ همواره بيشتر از حالتي است كه سايت سراوان در منطقه غيرمرطوب فرض شده است. در سال ۱۳۸۷ كه بيشترين متان در سايت سراوان توليد مي‌شود، در حالت واقعي (مرطوب) متان توليدي برابر ۱۱۷۰۰ تن و در حالت فرضي (غيرمرطوب) متان توليد شده ۳۰۴۳ تن است. با اين مقايسه ميزان تأثير رطوبت در سرعت توليد متان و علت ايجاد پديده خودسوزي در سايت سراوان مشخص مي‌شود. با توجه به نتايج به‌دست آمده، گاز متان در سايت سراوان با حداكثر نرخ توليد، كه حدود ۳/۸۵ برابر حالت خشک است، توليد مي‌شود. با توجه به ميزان تأثير رطوبت، بايد از نفوذ رطوبت محيط به محل دپوي زباله جلوگيري شود. جهت رسيدن به اين هدف ، استفاده از سرپوش توصيه مي‌شود.

مشخصات سرپوش مركب

پوشش پيشنهادي براي سايت سراوان از نوع مركب است، كه از لاية تحتاني به بالا به صورت زير است؛
(Environmental Protection Agency- Queensland, 2004)
.

اولين لايه‌اي‌كه بر روي زباله قرار مي‌گيرد، خاک معدني است و ارتفاع آن بين ۳۰۰-۵۰۰ ميليمتر است كه به عنوان پايه پوشش قرار گرفته و شيب و پيكربندي آن مانند لاية نهايي پوشش مركب است. بدين ترتيب در استفاده از مصالح صرفه جويي خواهد شد. لايه بعدي، لاية زهكش گاز است، كه بايد ضخامت آن حداقل ۳۰۰ ميليمتر باشد.

يكي از موارد مهم در اين لايه احتمال مسدود شدن آن و در نتيجه عدم عبور گاز از آن است، بنابراين كربنات كلسيم موجود در اين لايه نبايد بيش از ۱۰ % وزني باشد. لايه بعدي لايه رسي خواهد بود، لايه رس استفاده شده بايد نفوذپذيري كمتر از$^{-9}$۱×۱۰ متر بر ثانيه داشته باشد، درجايي‌كه دسترسي به رس مناسب امكان پذير نيست، مي‌توان از بنتونيت استفاده كرد. لايه رس، نبايد به مدت طولاني بي‌محافظ باقي بماند، در اين شرايط ممكن است ترك در لايه ايجاد شده و نفوذ آب رخ دهد. در صورتي‌كه در حين اجرا ترک خوردگي رخ داد ، قسمت مورد نظر بايد جابجا شود. در صورتي‌كه خاک رس و بنتونيت در دسترس نباشد، استفاده از مواد مصنوعي به عنوان عايق رطوبتي در لاية مناسب خواهد بود. لايه زهكش رطوبت، از ماسه بادي، شن، يا سنگريزه تشكيل شده و مستقيماً بر روي لاية رسي قرار مي‌گيرد. اين لايه به نحوي اجرا مي‌شود كه موجب پخش بهتر رطوبت بر روي لايه رسي شده و همچنين ميزان نفوذ آب به دپوي زباله را كاهش مي‌دهد. وظيفة اين لايه، تقسيم رطوبت به نسبت مناسب، بين لايه رسي و پوشش سبز لندفيل است. لاية نهايي سرپوش، شامل خاک معدني غيرآلوده و خاک سطحي است كه براي خاک سطحي از خاک اطراف سايت استفاده مي‌شود. عمق اين لايه به گياهاني كه در پوشش سبز سايت استفاده خواهد شد، بستگي دارد ممكن است ريشة گياهان به

لايه‌هاي مختلف سرپوش نفوذ كرده و سبب نفوذ آب به دپوي زباله شود.

بايد قبل از اجرا، سرپوش زباله‌ها تا حد امكان متراكم شده باشد و زباله‌هاي با حجم زياد و چگالي كم، به محل ديگري حمل شود.

در طراحي پوشش بايد به نكات زير توجه شود:

- طراحي و اجراي پوشش سايت و پوشش گياهي به‌صورتي انجام مي‌گيرد كه مقدار آب نفوذي به زباله‌ها كاهش يابد، و در نتيجه خروجي آلاينده به آب و اتمسفر كنترل شود.

- شيب پوشش طوري انتخاب مي‌شود تا به طور همزمان، از نفوذ نزولات جوي به دپوي زباله و فرسايش خاک استفاده شده در سرپوش، جلوگيري شود (Environmental Protection Agency- Queensland. 2004).

- رطوبت موجود در پوشش سايت، بايد طوري باشد كه از ايجاد شكست، يا تغيير شكل در آن جلوگيري شود. بنابراين از پساب جمع‌آوري شده جهت حفظ رطوبت در لايه‌هاي مختلف سرپوش (به ويژه لايه رسي) استفاده مي‌شود (Kjeldsen, Christensen, 2001).

مديريت گاز لندفيل

در محل لندفيل طي واكنش‌هاي بي‌هوازي، متان و CO_2 (كه هر دو گاز گلخانه‌اي است) توليد مي‌شود - فعاليت‌هاي لاية سطحي به علت وجود جوهر سركه (اسيد استيک) گاز بدبو و مه كه براي سلامتي انسان مضر است ايجاد مي‌كند – توليد عمده متان از ۳ تا ۱۵ ماه به بعد از تخليه شروع و تا ۱۵ سال ادامه دارد (Dorota Kulikowska, 2008). متان با غلظت ۵% حجمي توانايي انفجار دارد و با غلظت ۱۵ % اين توانايي به حداكثر مي‌رسد (McGuinn, 1988). در نتيجه استفاده از سيستمي جهت استحصال گاز متان ضروري است. لايه‌هاي شني، يا ماسه‌اي، يا هر زهكش مصنوعي سير انتقال ايده‌آل براي خروج گازها به حساب مي‌آيد، به خصوص زماني كه سايت پوشيده شده باشد. غلظت متان نبايد بيشتر از ۲۵% $LEL^{۷}$ باشد(LEL برابر ۵% حجمي هواست). همه لندفيل‌هاي فسادپذير كه دفع سالانه در آنها بيش از ۲۰۰۰۰ تن است، بايد شامل منافذ خروجي گاز، يا شبكة جمع‌آوري فعال باشند. استفاده از منافذ (شبكة غير فعال) با توجه به اختلاف فشار اتمسفر و فشار گاز لندفيل عمل مي‌كند و در شبكة جمع‌آوري فعال، گاز تحت خلا انتقال پيدا مي‌كند. در شبكه غير فعال، فاصله چاهها حداقل ۲۰-۳۰ متر است و در شبكه فعال اين فاصله ۵۰ متر است. در هر دو حالت براي كنترل خروج گازهاي بودار از فيلتر زئوليت (سيكلات آبدار) يا كربن فعال استفاده مي‌شود. در سايت سراوان با توجه به اين‌كه زير ساخت‌هاي مورد نياز جهت اجراي شبكة فعال وجود ندارد، شبكه غيرفعال براي استحصال گازهاي توليدي پيشنهاد مي‌شود.

در شبكة غيرفعال چاههاي عبور گاز به طور قائم و پس از پر شدن لندفيل نصب مي‌شوند. قطر لوله‌هاي استفاده شده در اين چاهها برابر ۳۰ سانتيمتر است و در پسماند حفر مي‌شود. يک لوله سوراخ‌دار كه ۳ تا ۵ متر بالايي آن بي سوراخ است در چاه قرار مي‌گيرد. نداشتن سوراخ در قسمت بالايي از ورود هوا به لوله جلوگيري مي‌كند. پس از نصب لوله‌ها در چاه فاصله بين لوله و ديواره خارجي سوراخ با خرده صخره‌هاي درشت و سنگريزه پر مي‌شود و چند متر بالايي لوله با وسيله رس يا بنتونيت آب‌بندي مي‌شود. چاههاي استخراج گاز بايد تا نزديكي پايه لندفيل، يا بالاي سطح آب زيرزميني ادامه پيدا كند (هر كدام كه نزديكتر به سطح بود). لوله‌هاي افقي فقط زماني توانايي نصب دارد كه مقدار كافي پسماند بر روي لوله قرار گيرد تا از ورود هوا به پايين و داخل لوله جلوگيري شود. حداقل عمق پسماند بالاي لوله ۵ متر است.

مديريت پساب

با توجه به اين‌كه در سايت سراوان، سيستم جمع‌آوري و عايق‌بندي براي جلوگيري از نفوذ پساب به آبهاي زيرزميني طراحي نشده است، استفاده از روش‌هاي استاندارد، ميسر نيست، (شيب طبيعي منطقه بيش از ۳ % و كمتر از ۳۰ % است كه به عنوان نكته‌اي مثبت در طراحي اعمال مي‌شود).

پساب در لندفيل سراوان پس از تشكيل در سطح و لايه‌هاي زيرين خاک، در جهت شيب طبيعي حركت كرده و به حوضة كچاء انتقال مي‌يابد. براي جمع‌آوري پساب، در اولين نقطه ممكن (نزديكترين محل نسبت به دپوي زباله) كانالي به عمق حداقل ۲ متر و عرض حداقل ۱ متر حفر مي‌شود. اين كانال پايه طرح جمع‌آوري پساب محسوب مي‌شود درون آن براي زهكشي با مصالحي كه مشخصات آن در زير آمده پر مي‌شود:

– هدايت آبي^{۸} بيش از ۱×۱۰^{-۳} متر بر ثانيه.

سنگ‌دانه‌هاي تشكيل‌دهنده مي‌بايد خصوصيات زير را داشته باشد.

- ۸۵ % سنگدانه‌ها بزرگتر، یا مساوي ۴۰ میلیمتر (در هر بعد) و ۹۵ % سنگدانه‌ها بزرگتر، یا مساوي ۲۰ میلیمتر (در هر بعد) باشد.
- ضریب یکنواختي کمتر از ۳.
- مقدار خاک موجود در ساختمان آن کمتر از یک درصد باشد.
- موادي که نسبت به واکنش‌هاي شیمیایي حساس هستند (نظیر سنگ آهک)، در ساختمان آن وجود نداشته باشد. سپس در کانال حفر شده و درون لایة زهکش، لوله‌هایي سوراخ‌دار براي جمع‌آوري و هدایت پساب به استخر جمع‌آوري، تعبیه مي‌شود. این لوله‌ها باید داراي مشخصات زیر باشند:
- حداقل قطر mm ۱۵۰-۲۰۰
- حداقل شیب طولي بیش از یک درصد
- راههاي دسترسي براي جرم‌گیري تعبیه شود.
- انعطاف پذیر باشد.

در انتهاي کانال جمع‌آوري پساب، حوضچه‌اي براي انبار پساب تعبیه مي‌شود. لوله‌هاي جمع‌آوري باید در ارتفاع معیني از حوضچه قرار گیرند تا از مسدود شدن آنها، با لجن جلوگیري شود. تجهیزات پمپاژ در اطراف این حوضچه قرار مي‌گیرد و در نتیجه باید فضاي لازم در نظر گرفته شود.

کانال جمع‌آوري در قسمت بالا، پایین و دیوارة مقابل لندفیل نسبت به نفوذ رطوبت عایق‌بندي مي‌شود. این عایق‌بندي در بالا و پایین کانال، با خاک رس، و یا مصالح ساختماني نظیر، بتن و بنتولیت صورت مي‌گیرد، در قسمت دیوارة کانال، با توجه به میزان بار موجود و راحتي اجرا پیشنهاد مي‌شود از مصالح بتني به منظور عایق‌بندي استفاده شد. با توجه به رطوبت موجود در کانال، سیمان استفاده شده در مصالح بتني از سیمان پرتلند تیپ ۵ انتخاب شود.

پساب جمع‌آوري شده به دو روش قابل مدیریت است: تصفیة در محل سایت و استفاده مجدد در سایت. طراحي تصفیه‌خانه در سایت شامل دو حوضچه است، یکي براي تصفیة هوازي و دیگري براي ذخیره پساب تصفیه شده به منظور استفاده‌هاي آینده براي طراحي چنین سیستمي باید از وجود اکسیژن کافي براي معلق ماندن لخته‌هاي باکتري، مطمئن بود. بنابراین طراحي ابعاد حوضچه و میزان هوادهي، به غلظت COD و BOD موجود در پساب و همچنین میزان دبي پساب که به شدت نوسان خواهد داشت، بستگي دارد. فرایندهاي فیزیکي- شیمیایي و یا بیولوژیکي، براي تصفیة پساب در محل لندفیل استفاده مي‌شود. اما با توجه به غلظت بالاي COD و NH4، تصفیة پساب مشکل و پر هزینه خواهد بود، همچنین به علت این‌که ترکیبات پساب لندفیل با گذر زمان تغییر مي‌کند، استفاده از فرایندهاي گوناگون، براي تصفیه نیاز خواهد بود. براي نمونه، در کشور چین تعداد کمي لندفیل وجود دارد، که با استفاده از فرایندهاي بیولوژیکي، پساب آن را تا حد استاندارد تصفیه مي‌کنند (XU, et al .,2006). بنابراین پیشنهاد جایگزیني براي مدیریت پساب لندفیل ارائه مي‌شود. استفاده مجدد در سایت، جهت کاهش گرد و غبار خروجي از سرپوش سایت، یا به‌عنوان منبع آب مبارزه با آتش از پساب جمع‌آوري شده مي‌توان استفاده کرد. در صورتي‌که از سرپوش ارائه شده در این طرح استفاده شود، از پساب جمع‌آوري شده مي‌توان براي آبیاري فضاي سبزي که روي قسمت‌هاي قدیمي سایت احداث شده، استفاده کرد، البته حفاظت سایت باید به صورتي باشد که اطمینان حاصل شود، مطلقاً این گیاهان خوراک دام نخواهد شد. استفاده از پساب براي رشد گیاهان، به علت وجود مواد مغذي (نیترات، فسفات) در پساب، در رشد گیاهان بسیار مؤثر است و این گیاهان در پالایش هواي محیط سایت مفید خواهند بود و اضافه کردن رطوبت کنترل شده به لایة سرپوش، سبب افزایش اکسیداسیون گاز با لایه‌هاي رسي مي‌شود. همچنین مواد آلي و NH4 موجود در پساب هنگام عبور از زبالة خوب تجزیه شده (زباله با طول عمر ۶-۷) با باکتري‌هاي سازندة گاز متان مصرف مي‌شود (Huo Shou-liang ,2007) و در نتیجه تخلیة پساب بر روي لندفیل، موجب کاهش غلظت مواد آلي و نیتروژن موجود در پساب خواهد شد.

نتیجه‌گیري

در سایت سراوان و لندفیل‌هایي‌که در محیط‌هاي مرطوب قرار دارند نرخ تولید گاز ، نسبت به لندفیل‌هاي مشابه که در محیط خشک قرار دارند یا با ایجاد سرپوش از رسیدن رطوبت به زباله جلوگیري مي‌کنند، بیشتر است.

همان‌طور که مشخص شد رطوبت بر تولید گازها و آلاینده‌هاي خروجي تأثیر محسوسي دارد، از طرفي فرایندهاي کنترل‌کننده حجم گاز و آلاینده تولیدي، بر میزان و کیفیت پساب تولیدي نیز تأثیر مستقیم دارد (Paxe´us, 2000)، (کاهش رطوبت سبب کاهش گازهاي تولیدي شده، به طوري‌که جرم گاز در حالت غیر مرطوب حدود یک چهارم =حالت مرطوب است).

با در نظر گرفتن نكات فوق پيش‌بيني مي‌شود حجم پساب توليدي در حالت خشک كمتر از يک چهارم حالت مرطوب باشد. تأثير فراوان رطوبت بر فرايندهاي توليدي آلاينده در لندفيل، موجب مي‌شود، اولين گزينة مورد نظر در طراحي لندفيل، كنترل رطوبت قابل نفوذ در لندفيل باشد.

استفاده از سرپوش مناسب ،كه در اين طرح براي سايت سراوان پيشنهاد شده، مي‌تواند در كاهش متان خروجي كمک كند. باكتري اكسندة متان كه در خاک سرپوش لندفيل قرار دارد، مي‌تواند متان را با اكسيژن تركيب و در نتيجه گاز متان خروجي از سرپوش را كاهش دهد. مقدار اكسايش متان به مدت زمان عبور گاز از ميان سرپوش بستگي دارد. هرچه اين زمان طولاني‌تر باشد، اكسايش بيشتري صورت مي‌گيرد.

براي بالا بردن اكسايش بايد سيستم سرپوش را حمايت كرد تا در آن ترک ايجاد نشود. عامل تعيين‌كننده از نظر آثار زيست محيطي در گازهاي توليدي لندفيل، مقدار NMVOC توليدي است.

با توجه به نكات فوق و محاسبات انجام شده سوزاندن گاز در لندفيل سراوان ضروري نيست. با اجراي سرپوش مقدار NMVOC سالانه در سايت سراوان كاهش خواهد يافت. اين موضوع به دليل كنترل رطوبت ورودي به زباله است.

يادداشت ها

1-Landfill

2-Non-methane Organic Compound (NMOC)

3-Hazardous air Pollutant (HAP)

4-Volatile Organic Compounds (VOC)

5-Cap

6-Non-methane Volatile Organic Compounds (NMVOC)

7-Lower Explosive Limit

8-Hydraulic Conductivity

منابع مورد استفاده

Alexander,A., C.,Burklin and A.,Singleton. 2005. Landfill Gas Emissions Model (LandGEM). Version 3.02 User's Guide, U.S. EPA-600/R-05/047.

ANZECC .1994. National Hazardous Waste Classification System, Australian and New Zealand Environment and Conservation Council, Canberra.

Environmental Protection Agency- Queensland (EPA-qld). 2004 . Guideline Environmental Operations , Landfill siting, design, operation and rehabilitation. ERA 75 – Waste disposal .

Kjeldsen,P., T.H.,Christensen. 2001. A simple model for the distribution and fate of organic chemicals in a landfill: MOCLA. Waste Manage. Res. 19, 201–216.

Kulikowska,D., E.,Klimiuk. 2008. The effect of landfill age on municipal leachate composition. Bioresource Technology. 99, 5981–5985

McGuinn,Y.C. 1988. Memorandum. Radian Corporation, to Susan Thorneloe, EPA. Sensitivity Analysis of Landfill Gas Generation Model, Public Docket No. A-88-09.

Paxe´us,N. 2000. Organic compounds in municipal landfill leachates. Water Sci. Technol. 42, 323–333.

Shou-liang ,H., et al. 2007 . In situ simultaneous organics and nitrogen removal from recycled landfill leachate using an anaerobic–aerobic process. Bioresource Technology 99 , 6456–6463

United Kingdom Department of the Environment. 1991. Landfill gas—waste management paper No. 27. London: Crown.

Xu,Y.D., et al .2006. Fractionation of dissolved organic matter in mature landfill leachate and its recycling by ultra filtration and evaporation combined processes. Chemosphere 64, 903–911.