

**GESTIUNEA GAZELOR DE DEPOZIT ȘI A
LEVIGATULUI PENTRU SITURILE DE REABILITARE****4.1. Introducere**

Deșeurile conțin adesea materie organică ale cărei molecule sunt descompuse de bacterii specializate odată aruncate în groapa de gunoi. Acest proces de descompunere eliberează un amestec gazos numit biogaz sau gaz de depozitare (LFG) și un lichid, bogat în poluanți, proveniți în principal din leșierea deșeurilor prin infiltrarea meteorică a apei.

Gazul de depozit este generat de degradarea chimică și biologică a materialului organic prezent în deșeurile în sine. Compoziția specifică a gazelor de depozit se modifică continuu și depinde de mulți factori printre ei:

- compoziția deșeurilor;
- condițiile de mediu ale deșeurilor;
- timpul și condițiile în care sunt depozitate deșeurile.

Evident, diferite tipuri de deșeuri (organice, plastice, inerte etc.) vor influența foarte mult tipul de gaz de depozitare produs. O prezență uriașă a materiei organice va duce la o productivitate ridicată, în timp ce conținutul de material inert sau substanțe chimice inhibitoare o va limita sever. Dimensiunea materialului joacă un rol important; Dacă o dimensiune redusă mărește suprafața bio-reactivă a materialelor - cu în consecință condiții mai bune de productivitate a gazelor de depozit - în situația inversă, duce și la o compactare mai mare a deșeurilor, o reducere a raportului de goluri și la o creștere a densitatea masei, rezultând o posibilitate redusă de răspândire a umidității, a bacteriilor și a transmisibilității gazului de depozit în sine. Dimensiunea este puternic influențată de orice pre-tratare la care sunt supuse deșeurile înainte de a fi eliminate; activitatea de mărunțire, de exemplu, reduce dimensiunea și amestecă materialul. Levigatul este lichidul care s-a infiltrat prin deșeurile solide într-un depozit de deșeuri și a extras materiale solubile dizolvate sau în suspensie în proces. Depozitele de deșeuri solide pot provoca un impact grav asupra mediului dacă levigatul și emisiile de gaze nu sunt controlate.

Levigatul generat în depozitul municipal conține cantități mari de contaminanți organici și anorganici care se pot infiltra în pământ.

În consecință, managementul depozitului de deșeuri se va concentra pe minimizarea producției de levigat în primul rând și pe sistemul de colectare și îndepărtare a levigatului ulterior.

În general, infiltrațiile de levigat sunt controlate de bariere mecanice cu permeabilitate scăzută, care lucrează cu un sistem de drenaj care îndepărtează, de asemenea, produsele finale ale biodegradării. Barierele sunt realizate din straturi de sol argilos compactat la fața locului. Alternativ, este posibil să se respecte reglementările prin utilizarea geomembranelor sintetice care pot fi asociate cu sol argilos sau utilizate ca elemente de sine stătătoare.

4.2 Gestionarea gazelor de depozit

4.2.1 Compoziția gazelor de depozit și componentele principale

Dintre factorii de mediu, umiditatea joacă un rol esențial; când crește procentul de umiditate (în anumite limite), precum și se înregistrează o creștere a producției de gaze de depozit. De fapt, o disponibilitate mai mare de apă are ca rezultat efecte benefice asupra procesului de degradare biologică, din mai multe motive:

- mărește activitatea microorganismelor;
- îmbunătățește interfața solid-lichid și acționează ca un vector pentru a răspândi mai bine microorganismele și nutrienții.

Umiditatea scăzută (30-40%) nu asigură condiții adecvate pentru ca reacțiile biochimice să degradeze materia organică, în timp ce condițiile de saturație (sau mai rău „inundare”) împiedică atât producția de gaze, cât și capacitatea de deplasare a acestuia. Prezența apei în deșeuri provine din:

- un factor endogen (de exemplu, prezența apei în deșeurile de bucătărie și grădină este foarte mare);
- percolarea/ levigatul apei pluviale;
- curgerea apelor de suprafață și subterane;
- tratament de recirculare a levigatului (dacă este necesar)

Prima afirmație se referă la compoziția deșeurilor și la metodele sale de colectare. De obicei, deșeurile care ajung la groapa de gunoi sunt nesaturate și sunt capabile să absoarbă apă până la saturarea capilară, dincolo de care se formează levigatul.

Intrările externe sunt puternic influențate de metodele de gestionare a gropilor de gunoi, cum ar fi acoperirea zilnică a deșeurilor și îndepărtarea adecvată a apei de scurgere de suprafață.

După cum sa menționat mai sus, prima etapă a procesului de degradare a deșeurilor în depozitul de deșeuri este degradarea biologică - descompunerea materiei organice de către microorganisme, cum ar fi bacteriile.

Biodegradarea constă în trei etape:

- etapa aerobă
- stadiul acid anaerob
- etapa metanogenă anaerobă

Faza aerobă este faza inițială și este descompunerea contaminanților organici de către microorganisme atunci când oxigenul este prezent; se ia oxigenul din atmosfera, din aerul incorporat în timpul depozitarii, din cel care patrunde după închidere și din cel dizolvat în apa de infiltrație. Acest proces începe de fapt în timpul colectării deșeurilor și (eventual) fazei de pretratare și, în orice caz, continuă până când oxigenul este disponibil.

Este același proces folosit pentru producerea compostului la nivel casnic, din deșeuri de bucătărie și grădină, iar la nivel agricol/industrial din deșeuri agricole sau organice. Procesul aerob are o reacție extrem de exotermă, poate fi atinsă chiar și la 70°C.

Dacă deșeurile sunt depozitate și compactate, acest proces poate dura câteva ore/zile, în caz contrar, dacă depunerea de deșeuri este necontrolată și aerul continuă să circule, același proces poate dura câteva luni. Această etapă de oxidare include o producție și emisii relevante de CO₂.

Etapa anaerobă (acidă): aceasta apare atunci când disponibilitatea oxigenului este redusă și un proces aerob nu mai este posibil. În acest context, microorganismele aerobe preferă să folosească alți compuși ai oxigenului. În această etapă are loc producerea de dioxid de carbon. Există o generare mai mică de energie termică în comparație cu procesul aerob și o producție considerabilă de substanță organică parțial degradată. Majoritatea substanței organice parțial

degradata constă din acizi organici. Acești acizi se găsesc în levigat. În această etapă se înregistrează o producție (emisie) relevantă de CO₂ care poate dura câteva săptămâni sau luni.

Etapa metanogenă anaerobă: În sfârșit, faza anaerobă, este activată atunci când oxigenul a fost consumat complet și se creează condiții favorabile pentru acțiunea bacteriilor care lucrează într-un mediu anaerob, așa-numitele bacterii metanogene, deoarece acestea continuă acțiunea de degradare, transformarea materiei organice în metan și CO₂.

Când sunt îndeplinite condițiile potrivite, procentul de metan poate ajunge până la 60% din LFG.

De asemenea, această etapă are o reacție extrem de exotermă, care este totuși mai mică decât cea care apare în timpul etapei aerobe. În general, această etapă începe la câteva luni după depozitarea deșeurilor și poate dura zeci de ani, cu o producție maximă în primii ani și o reducere lentă până la degradarea completă a materiei organice. Evident, această fază poate continua până la existența condițiilor chimico-fizice - care pot garanta procesele biochimice. Poate fi redus complet la zero. Uneori, după mulți ani de la depozitarea deșeurilor, se poate întâmpla ca deșeurile să fie încă intacte sau puțin degradate, de exemplu din cauza lipsei de umiditate.

În Figura 4.1. puteți recunoaște în continuare un bilet de hârtie după 30 de ani de la depozitare din cauza deficienței de umiditate.



Figura 4.1. Deșeuri de hârtie după 30 de ani de depunere. Sursa: ASET Spa, octombrie 2016

Etapele de degradare a deșeurilor sunt puternic influențate de diferite metode de management; de exemplu, atunci când o cantitate mare de deșeuri colectate și neprelucrate nu este acoperită în

mod adecvat în haldele de deșuri necontrolate, condițiile pentru următoarele etape ale procesului aerob riscă să nu mai fie îndeplinite.

Graficul de mai jos, propus într-un articol de A. Damiani și M. Gandolla în 1992, reprezintă o piatră de hotar în descrierea tendinței (indicative) în compoziția amestecului de gaze produse în diferitele etape ale „fermentării” deșeurilor într-un mod gestionat și controlat. groapa de gunoi.

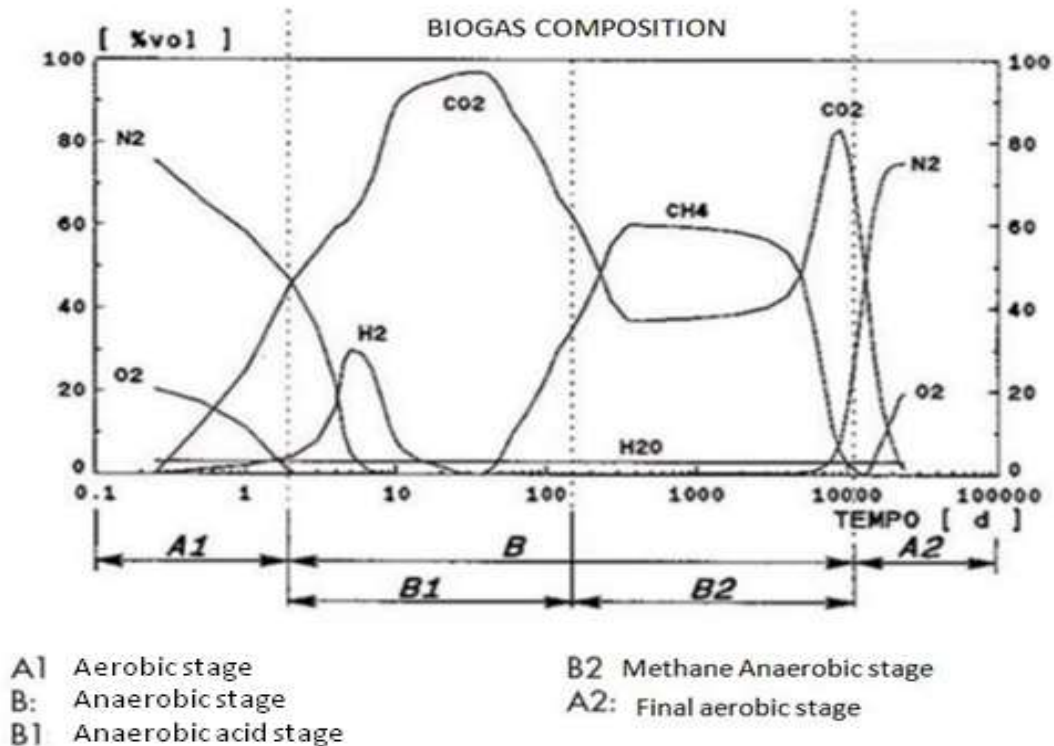


Figura 4.2. Procesul de compunere a biogazului într-o groapă de gunoi. Sursa: Damiani L., Gandolla M., 1992, Managementul biogazului în depozitele controlate, Istituto per l'Ambiente.

După cum se poate observa din grafic, macrocomponentele unui gaz tipic de depozit și concentrațiile sale în volum sunt:

- metan (CH₄) 30÷50 %
- dioxid de carbon (CO₂) 35÷70 %
- Oxigen (O₂) 3÷5 %
- Azot (N₂) 10÷15 %
- vapori de apa 0÷5 %

Toate aceste gaze sunt inodore. Componentele într-un procent mai mic (care pot fi măsurate în ppm sau mg/m³) sunt hidrogenul sulfurat (H₂S) și amoniacul (NH₃) care au aspecte mirositoare distincte și specifice.

Gazul de depozit este un amestec de gaze în diferite procente care se modifică în funcție de tipul de deșeuri colectate, managementul instalației și timpul de depunere a deșeurilor. Pentru comoditate, se face întotdeauna referire - în cazul gestionării depozitului de deșeuri - la un LFG cu un conținut de metan de 50% (LFG50).

Numeroase alte gaze (inclusiv VOC, PAH, hidrocarburi nemetanice), prezente și ele în gazul de depozit, sunt generate de reacțiile biochimice care au loc în interiorul deșeurilor sau care provin direct din substanțele sintetice conținute în deșeul propriu-zis. Unele dintre aceste gaze sunt toxice și de aceea trebuie monitorizate adecvat, atât pentru protecția personalului care lucrează în uzină, cât și pentru impactul asupra mediului și asupra sănătății acestora.

O atenție deosebită trebuie acordată metanului, care este un gaz inflamabil. Deoarece metanul este un combustibil, în prezența unui oxidant (oxigenul prezent în aer) și a unui declanșator, se poate genera o ardere. Pentru ca arderea să aibă loc însă, trebuie să existe o proporție precisă între gazele din amestec. În cazul metanului în aer, există: lower limit equal to 5% of the **LEL** (Lower Explosive Limit); upper limit equal to 15% of the **UEL** (Upper Explosive Limit).

„Intervalul de inflamabilitate” al metanului în aer este între 5 și 15%. Pentru concentrații mai mici de 5% există combustibil insuficient, în timp ce pentru concentrații mai mari de 15% există o oxidare insuficientă.

Este clar că, datorită efectului diluțiilor gazelor de depozit (cu % mare de metan), vor exista întotdeauna zone care intră în câmpul de inflamabilitate; este necesar să fim foarte atenți, mai ales acolo unde se poate crea o acumulare de gaz de depozit (în spații restrânse): în acest caz, riscul de incendiu se adaugă celui de explozie.

Intervalul de inflamabilitate în aer al biogazului este diferit de cel al metanului pur, datorită prezenței gazelor inerte (cum ar fi CO₂ și N₂) care pot satura amestecul; de fapt, cu procente de gaze inerte mai mari de 20%, produsul intră în domeniul de neinflamabilitate din cauza excesului de gaze inerte.

Pentru o mai bună evaluare a acestor aspecte, vă rugăm să consultați diagramele de inflamabilitate din manualele de gestionare a gazelor inflamabile. (de exemplu, G. Zebetakis 1959 US Bureau of Mines).

4.2.2 Producție și riscuri

După cum vom vedea în paragrafele următoare, calcularea (sau mai degrabă estimarea) cantității de gaz de depozit care va fi produsă în timp de deșeurile în sine, este o activitate fundamentală pentru proiectarea și dimensionarea diferitelor componente ale instalației. Acest lucru este, de asemenea, esențial pentru următoarele etape de management și monitorizare a unui sistem de colectare a gazelor de depozit și a unei stații de tratare.

Modelele de calcul consideră depozitul ca un bioreactor în care sunt dezvoltate diferitele faze biochimice descrise, în special cea anaerobă. Se obține o curbă de producție asumată, însumând efectele produse în timp de fiecare tonă individuală de deșeuri, prin suprapunerea contribuțiilor individuale; sunt adesea propuse două tendințe (cel mai bun și cel mai rău caz) în cadrul cărora poate fi estimată curba producției reale. Sunt disponibile diferite modele de calcul, de la modele empirice la cele teoretice, bazate pe dinamica biochimică a transformării materiei organice. În orice caz, este clar că producția de gaze de depozitare este puternic influențată de tipul deșeurilor colectate și de condițiile chimico-fizice ale deșeurilor manifestate în timp. O tonă de deșeuri de bucătărie va avea o producție calitativă și cantitativă, alta decât o tonă de textile, sticlă și metale. Având în vedere ca cel puțin 50% din materia organică poate fi transformată în gaz de depozit în condiții anaerobe, se estimează ca o tonă de material organic poate produce, în timp, chiar și mai mult de 200 mc de gaz de depozit.

Astfel, de exemplu, o groapă de gunoi de dimensiuni medii care primește 30.000 de tone de deșeuri municipale (cu o componentă organică mare) pe o perioadă de 10 ani, va gestiona cel puțin 50 de milioane de m³ de gaze de depozit în timp. Indiferent de modelul de calcul utilizat, pentru a avea o estimare consistentă a producției de gaze de depozit în timp este esențial să cunoaștem:

- cantitatea, compoziția și evoluția în timp a deșeurilor colectate (mai ales în ultimii 10 ani);

- posibila prezență a deșeurilor speciale (industriale) care pot conține substanțe care inhibă reacțiile biochimice;
- orice pretratare a deșeurilor (de exemplu, biostabilizare);
- formele de management (sau nu) ale centralei în timp (compactare, acoperire, posibile modalități de colectare a gazelor de depozit, managementul levigatului etc.);
- configurația rezervorului și a intrărilor exterioare de apă (apa subterană, termo-ploială, etc.) în vederea evaluării condițiilor de umiditate în deseuri.

După cum s-a arătat prin descrierea calitativă și cantitativă a gazelor de depozit, lipsa controlului și managementului biogazului în timp, implică o serie de riscuri și impacturi negative care trebuie bine luate în considerare. Printre acestea, se numără cu siguranță cel al riscului de incendiu și explozie; prezența puternică în biogaz a unui gaz combustibil, precum metanul, gama sa largă de inflamabilitate și mobilitatea sa mare (atât în aer, cât și în sol) pot genera multe situații de risc grave, chiar și la sute de metri de instalație. De fapt, în special în depozitele de gunoi prost gestionate, incendiile și alunecările de teren generate de explozii (datorite arderii interne sau în spații închise) nu sunt neobișnuite și au cauzat daune mari oamenilor și bunurilor.

Dintre impacturile asupra mediului și asupra sănătății ale gazelor de depozitare, acestea pot fi evidențiate: impactul emisiilor mirositoare și impactul asupra calității aerului, emisia de gaze cu efect de seră și fitotoxicitatea. Cel mai frecvent **impact asupra** mediului cauzat de depozitele de gunoi, este mirosul neplăcut generat de anumite substanțe (de exemplu, mercaptani, H₂S, amine, PAH, etc.) prezente în gazele de depozit, uneori doar în urme; ci mai degrabă macrocomponentele (metan, CO₂, aer, vapori de apă) sunt inodore. Gazul de depozit, pe lângă faptul că este sursa de mirosuri, este și mijlocul de transport atunci când gazul - generat prin fermentarea deșeurilor eliminate - urcă spre straturile de suprafață, colectând alte substanțe provenite din deșeurile tocmai depozitate, iar de acolo către exteriorul.

După cum am menționat mai sus, metanul este un „gaz cu efect de seră” puternic, având un potențial de încălzire globală (așa-numitul GWP100) de 28 de ori mai mare decât cel al dioxidului de carbon; lipsa remedierii și redresării sale, contribuie în mare măsură la încălzirea globală. Depozitele de deșeuri sunt al doilea/al treilea cel mai mare contributor (cel puțin 15%) al emisiilor necontrolate de metan (de origine antropică) după industria petrolului și creșterea animalelor.

Prezența unui sistem eficient de colectare și remediere a gazelor de depozit, evitând suprapresiunile în deșeuri și emisiile necontrolate din acestea, este fundamentală pentru reducerea riscurilor și a impactului negativ asupra siguranței omului și a mediului.

4.2.3 Colectarea și transportul

Activitatea de colectare a gazelor de la depozitul de deșeuri constă în dezvoltarea și gestionarea produselor care, odată puse în contact direct cu deșeurile, sunt capabile să recunoască gazul tocmai produs prin fermentarea lor.

Aceste elemente vor fi în mod evident conectate la sistemul de admisie și la tratarea gazului în sine (vezi paragrafele următoare). Fără aceste elemente, gazul, din cauza suprapresiunii din interiorul deșeurilor, s-ar dispersa în atmosferă într-o manieră necontrolată, ajungând la suprafața gropii de gunoi sau în solul din jur prin pereții rezervorului (dacă nu este impermeabilizat adecvat).

Sistemul de colectare trebuie proiectat încă de la începutul ciclului de viață al depozitului de deșeuri, deoarece, gazele de depozit încep să fie generate imediat, deși cu caracteristici diferite față de cele la capacitate maximă. Cu cât elementele de colectare sunt mai eficiente, cu atât suprafața de contact cu deșeurile este mai mare. În general, acestea constau în puțuri verticale sau șanțuri de drenaj orizontale.

În cazul reabilitării haldelor deschise, sistemul de colectare a gazelor de depozit va fi construit ulterior, urmând aceleași criterii aplicate la depozitele noi.

Un element tipic al sistemului de colectare a gazelor este puțul vertical, format dintr-o coloană circulară și o sondă centrală (țeavă cu fante) (Fig. 4.3). Coloana de pietriș asigură suprafața de scurgere a gazului, în timp ce sonda cu fante asigură posibilitatea racordării la suprafață la rețeaua de admisie și transport a gazelor de depozit.

Fântâna poate fi amenajată de la baza rezervorului care va colecta deșeurile (vezi Fig. 4.3); în acest caz, coloana de pietriș va fi protejată de o cușcă, constând de obicei dintr-un cadru metalic

(se folosesc adesea armăturile elicoidale din oțel ale piloților de fundație din beton) și o plasă de reținere metalică. Pe măsură ce dezvoltarea gropii de gunoi avansează, coloana de pietriș și sonda centrală vor fi ridicate treptat la nivelul de lucru; este important să se mențină continuitatea coloanei de drenaj, chiar dacă ar trebui să apară deformații verticale ale coloanei.

Părțile metalice se degradează în timp, dar fără a provoca daune, deoarece corpul de deșuri în sine va conține acum coloana de pietriș.

Pietrișul (dimensiune: 40/70) ar trebui să fie de preferință din materiale silicioase sau bazaltice (de obicei se folosește balastul bazaltic pentru calea ferată), evitând utilizarea rocilor calcaroase care tind să fie atacate și dezintegrate de acizii conținuți în gaz și levigatul. Conductele perforate din polietilenă de înaltă densitate (HDPE) sunt utilizate de obicei pentru sonda centrală (vezi Fig. 4.3.)



Figura 4.3. Drenaj orizontal și puțuri. Sursa: ASET Spa, aprilie 2019.

În general, sondele au un diametru de 60/120 cm, în timp ce sonda din polietilena are un diametru exterior de 20/60 cm (sondele mai mari permit carcasa pompelor pentru pomparea levigatului). Tehnici similare pot fi folosite și pentru realizarea puțurilor oblice de secțiune semicirculară (Fig. 4.3), pe partea rezervoarelor.

Într-un depozit de deșeuri municipale, precum și în haldele deschise, „raza de influență” a puțului este considerată a fi de 25 m. Pentru o colectare optimă, în faza de proiectare sau management, se recomandă să rămâneți în jur de 15-20 de metri pentru a suprapune efectele unei ochiuri de puțuri.

Fântânile, care se ridică din fundul gropii de gunoi, sunt deosebit de utile deoarece pot îndeplini dubla funcție de colectare a gazelor de depozit în sus și de scurgere a levigatului în jos, unde acesta este îndepărtat din scurgerea fundului rezervorului.

Cu toate acestea, există mulți factori care influențează acest mecanism, cum ar fi: mechanical action of means of transport and compaction of waste; waste settlement (materials to be dragged down by friction)

- împingeri diferențiale (în interiorul puțurilor, de ex.);
- degradarea materialelor (datorită acțiunilor acide);
- presiuni și condiții fizice (temperatura din deșeuri poate ajunge până la 70°C, cu „înmuierea” consecventă a polietilenei);
- înfundarea canalelor de scurgere; etc.

Toate aceste acțiuni duc la o pierdere progresivă a funcționalității acestor componente, până când acestea devin inutilizabile. Prin urmare, în ciclul de viață al unui depozit de deșeuri, este necesar să se prevadă o reînnoire periodică a acestor elemente tehnice, deoarece întreținerea acestora nu este posibilă.

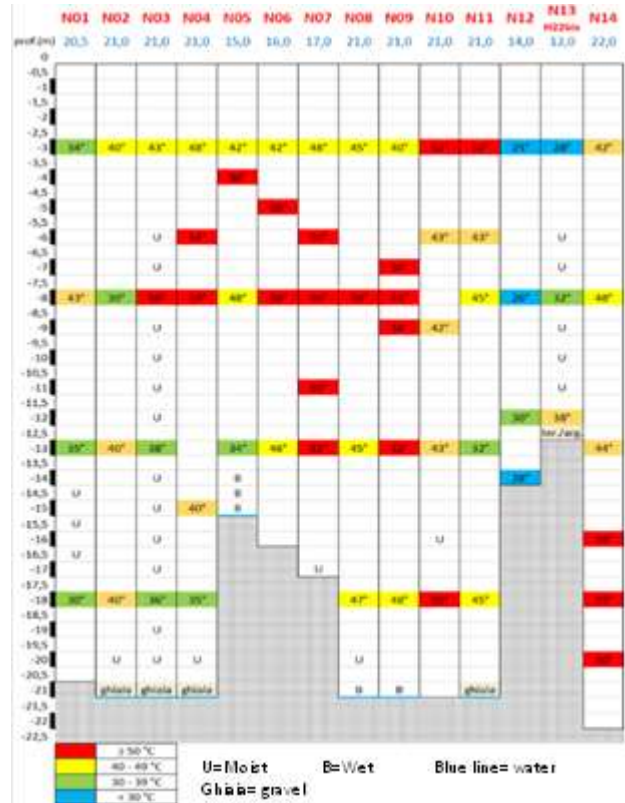


Figura 4.4. Forarea unui puț nou și tabel de date colectate pentru construirea puțurilor noi. Sursa: ASET Spa, iulie 2021.

Când apare necesitatea introducerii de noi elemente de colectare, este necesară planificarea unei campanii de construire a puțurilor noi care să fie forate pe corpul de deșeuri (Figura 4.4). Acest lucru este valabil și în cazul reabilitării unei halde deschise.

Această operațiune trebuie efectuată de firme specializate deoarece există mai multe riscuri în implementarea activității: șansa de cădere în gaura de foraj, expirarea gazelor de depozit cu risc de intrare în câmpul de inflamabilitate, realizarea incorectă a coloanei de drenaj etc. , pe parcursul etapei de evaluare dinaintea forajului, se pot colecta multe informații despre starea chimico-fizică a corpului de deseuri. În această etapă se pot observa următorii factori: umiditatea, temperatura, înălțimea hidraulică, starea de mineralizare a deșeurilor etc.; Pot fi colectate și probe reprezentative de deșeuri pentru testarea de laborator: indicele de spirometrie dinamică, conținutul de carbon rezidual, orice teste de biometanare etc., care pot oferi, de asemenea, informații utile suplimentare prin compararea datelor între diferitele sonde. (Vezi fig. 4.4)

În timpul fazei de cultivare, este întotdeauna util să se creeze drenuri suborizontale care să acționeze ca elemente suplimentare de colectare (vezi Fig. 4.3); se creează, la diferite înălțimi, prin săpărea unor tranșee simple umplute apoi cu pietrișuri; dacă este necesar, pot fi introduse și

țevi fante pentru a crește debitul de gaz. Prin conectarea acestor tranșee între un puț și altul, se poate realiza o rețea de colectare subterană care depășește eventualele întreruperi ce pot fi generate; singura precauție este asigurarea unei înclinații adecvate a șanțurilor spre puțuri pentru a permite scurgerea levigatului și condensului, care ar putea inunda șanțul în sine, să se scurgă spre puțuri.

Partea superioară a unui sistem de colectare are funcția de a conecta elementul principal al structurii la rețeaua de transport a gazelor de depozit. Fără acest element de legătură, gazul ar fi dispersat în atmosferă, anulând eforturile depuse pentru implementarea și gestionarea sistemului de colectare. Capetele de puț pot fi realizate în două moduri:

- sonda introdusă în puț poate fi conectată la o conductă oarbă (pentru o adâncime de minim 2/3 metri plat) de același diametru ca și sonda;
- printr-o structură „clopot” care înglobează toată partea superioară a coloanei de drenaj, generând un fel de cameră pe care se pot conecta conductele de admisie a levigatului și de pompare; aceasta metoda este de preferat.

În orice caz, pentru a evita aspirarea aerului de pe suprafața depozitului de deșeuri, este esențial să se asigure o etanșare perfectă între puț și capacul propriu-zis al depozitului de deșeuri.

Având în vedere că aceste elemente sunt adesea amplasate în zona de lucru a mașinilor de operare, este de asemenea necesar să se garanteze o protecție adecvată a acestora pentru a evita deteriorarea.

Sistemul de conducte care leagă elementele individuale de colectare cu stația de extracție și epurare constituie sistemul de transport al gazelor de depozit.

Pentru flexibilitatea, ușurința, rezistența la agresiunea chimică și funcționalitatea managementului, sistemul de transport este de obicei realizat din țevi de polietilenă de înaltă densitate (HDPE) de diferite diametre.

Când există zeci de puțuri, pentru a asigura o reglare corespunzătoare, este necesară colectarea liniilor puțurilor individuale, făcându-le să convergă în stații intermediare; în aceste puncte sunt introduse și dispozitivele de reglare și control al colectării; se mai numesc și Stații de Control.

Sistemul de transport poate fi împărțit în:

- linii primare (de obicei cu diametre 180/250 mm) care leagă Posturile de Comandă cu Stația de Extracție;
- linii secundare (în general se recomandă să nu coboare sub 90 mm în diametru) care leagă puțurile individuale cu Stațiile de Reglare.

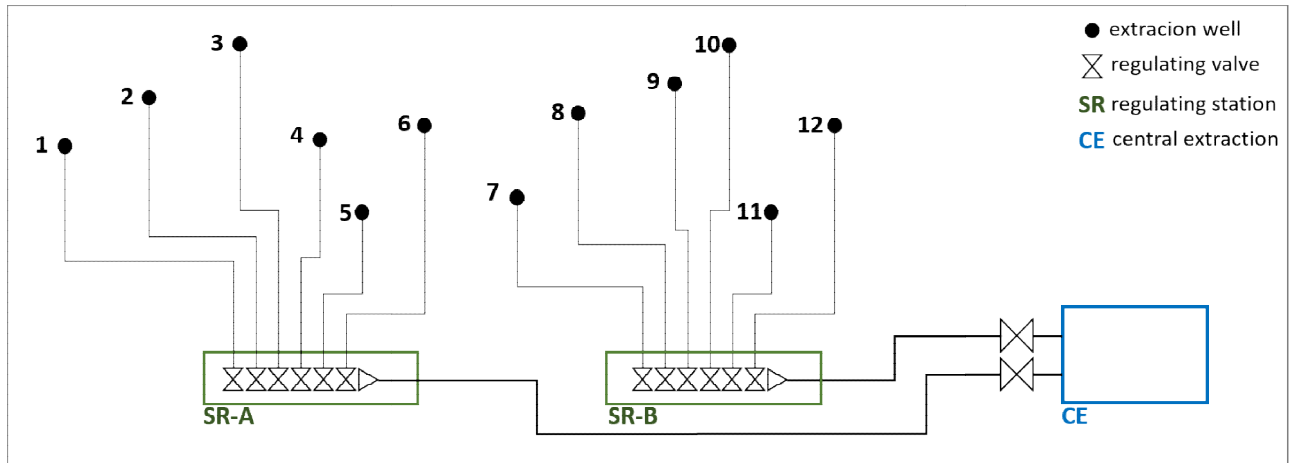


Figura 4.5. Cadrul tipic al unui sistem de transport al gazelor de depozit. Sursa: adaptare după Magnano E., ed. 2010, Depozit Biogaz, EPC.

Figura 4.5 prezintă un sistem de transport de gaze la depozitul de deșuri cu două tipuri de linii evidențiate (liniile primare cu caractere aldine). Gazul se deplasează în interiorul conductelor din două motive: presiunea (naturală) exercitată în interiorul corpului de deșuri (ca urmare a fermentației acestuia) și depresiunea (artificială) a sistemului de admisie; efectele celor două acțiuni sunt coexistente și se adună, dar acțiunea de aport este cea mai predominantă și are avantajul de a putea fi reglată.

De remarcat faptul că sistemul de transport al gazelor de la depozitul de deșuri este deprimat; întrucât este un gaz inflamabil, acest aspect este în favoarea siguranței, întrucât în cazul rupurilor există cel mult o admisie de aer în rețea și nu o eliberare necontrolată de biogaz.

Întrucât gazul de depozit este un fluid fierbinte și adesea saturat de vapori de apă, una dintre principalele probleme ale managementului liniilor de transport a gazelor de depozit este aceea a creării condensului în interiorul conductelor, din cauza modificării de temperatură (răcire) care poate apărea. de-a lungul liniilor care circulă în exterior (mai ales în perioadele reci).

Condensul reduce sau blochează fluxul de gaz de depozit în interiorul conductelor; cu toate acestea, deoarece nu este posibil să se evite dezvoltarea lor, este necesar să se ofere o soluție

pentru epurarea lor; depresiunile aplicate pe linie nu sunt în general capabile să aspire toate lichidele colectate.

Condensul este îndepărtat gravitațional, având grijă ca liniile să aibă întotdeauna profile înclinate spre puțuri sau Stațiile de Reglare; acolo unde acest lucru nu este posibil, trebuie prevăzute scurgeri speciale de condens pentru a garanta continuitatea depresiunii (vezi Fig. 4.6).

Conductele, care se desfășoară în general pe suprafața gropii de gunoi, se confruntă cu deplasări continue cauzate de decantarea deșeurilor, dilatarea termică a conductelor etc., liniile pot pierde astfel panta necesară pentru a asigura scurgerea condensului. Controlul pantelor și integritatea țevelor pot fi optimizate prin poziționarea lor pe o șelă cu îmbinări reglabile.



Figura 4.6. Conducte secundare de gaze la depozitele de deșeuri așezate pe suporturi de țevi metalice - în prim plan un evacuator de condens - în fundal o Stație de Reglementare. Sursa: ASET Spa, nov.2020.

După cum s-a menționat în paragrafele precedente, gazele de depozit -în interiorul unei sonde- se confruntă cu modificări calitative și cantitative continue, fiind condiționate de mai mulți factori: caracteristicile deșeurilor, condițiile chimice și fizice (afectate de precipitații și presiunea atmosferică), etanșarea, interacțiunea cu alte sonde, etc.

O colectare eficientă trebuie să țină cont de aceste modificări (care apar de mai multe ori pe zi) și trebuie să pună în aplicare un sistem de reglare a ratei de admisie-aspirație; această activitate se desfășoară de obicei manual.

Modalitățile de reglementare vor depinde și de obiectivele care trebuie atinse: dacă se urmărește maximizarea valorificării energetice sau dacă se dorește colectarea cât mai mult gaz de depozit; este evident că o astfel de activitate rezultă destul de complex de realizat; acolo unde este posibil este de preferat să-l încredințezi sistemelor moderne de reglare automatizată (vezi Studiul de caz 8 - Italia).

4.2.4 Recuperarea/remedierea gazelor de depozit

După cum sa subliniat în paragrafele precedente, biogazul colectat nu poate fi eliberat în atmosferă, însă trebuie tratat pentru a reduce cât mai mult posibil efectele negative pe care le are asupra mediului.

În general, activitățile de recuperare/remediere a gazelor de depozit se desfășoară într-un singur sit, așa-numita Extracție Centrală.



Figura 4.7. Instalatie de extractie si valorificare energetica a gazelor de depozit. Sursa: ASET Spa, 2005.

Transportul gazului de depozit este garantat de un sistem de admisie și compresie, care are dubla funcție de a asigura o depresiune suficientă pe întreaga rețea de captare și transport și aceea de a comprima gazul spre organele de tratare (vezi mai jos).



Figura 4.8. O turbo -sufletă - Ventilatoare centrifuga. Sursa: ASWM Srl, 2020. Toate drepturile rezervate.

Acest lucru este realizat de mașini, ventilatoare centrifuge sau suflante centrifuge, care extrag gazul și transportă gazul aspirat către sistemele de tratare.

Pentru dinamica fluidelor, aceste echipamente trebuie să garanteze presiuni de ventilație (relativ) mici dar cu capacități mari; acestea trebuie să fie dimensionate adecvat, ținând cont de vârfurile de producție.

În etapa de aspirare este necesar să se garanteze un vid de cel puțin 10÷20 mbar la cel mai îndepărtat colector în timp ce în compresie este necesar să se susțină o tracțiune de aproximativ 1

bar. În ceea ce privește debitele, este necesar să se ia în considerare mașinile capabile să aspire/comprima de la câteva sute la câteva mii de Nm³/h de gaz de depozit. Aceste utilaje sunt forța motrice a întregului sistem, lucrând continuu (24h 365 zile/an). Din acest motiv, este important să le dimensionăm corect pentru a răspunde nevoilor proiectului și a lua în considerare timpul și posibilele variații ale acestuia care apar pe toată durata de viață a depozitului.

În general, se prefera dotarea instalației cu mai multe utilaje (poate cu debite mai mici decât cele de varf) care pot funcționa simultan, pentru a asigura variabilitatea debitelor și pentru a garanta funcționarea sistemului chiar și în cazul întreținerii unuia dintre ei. Având în vedere că ventilatoarele Centrifugale sunt foarte consumatoare de energie și funcționează 24 de ore, este posibil să se utilizeze utilaje echipate cu invertoare care garantează o reducere a consumului de energie electrică.

Este disponibilă pe piață o gamă largă de utilaje cu diferite caracteristici (în ultimii ani și cu protecție ATEX), pentru a acoperi toate nevoile de proiectare.

Tratarea gazelor de depozit depinde în mare măsură de calitatea și debitul biogazului în sine.

Când conținutul de metan este mai mare de 25-30 %, se poate efectua un tratament termic prin ardere; cu cât mai degrabă, conținutul mai scăzut de metan nu poate garanta o valoare termică/încălzire adecvată pentru ardere.

Nivelurile mai ridicate de metan permit oportunități de tratare mai avansate și mai eficiente pentru a asigura recuperarea energiei din gazul de depozit, în timp ce pentru gazul de depozit cu procent scăzut de metan, biofiltrarea este singurul tratament posibil.

Pot fi aplicate următoarele tratamente de gaze de depozit, enumerate în ordinea crescătoare a procentului de metan:

- (0-25 %) biofiltrare;
- (> 25%) torțe statice sau cu flacără;
- (> 30%) torțe de temperatură ridicată;
- (> 35%) microturbină;
- (> 35-40 %) motoare cu ardere.

În caz de:

- haldele deschise cu deșeurile necompactate și/sau neacoperite în mare măsură, unde deci faza anaerobă nu este activată în deșeurile în sine;
- în primele etape ale managementului depozitului de gunoi; sau în gropile de gunoi închise de mulți ani;

- „calitatea” gazului de depozit nu poate garanta tratarea arderii.
- În aceste cazuri, poate fi util să se asigure instalației biofiltre care pot oxida și biodegrada multe substanțe organice și anorganice conținute în gazele de depozit.



Figura 4.9. Exemple de biofiltre containere cu material organic (detaliu). Sursa: ASWM Srl, 2021.

Biofiltrele sunt recipiente în formă de rezervor umplute cu material organic (de obicei scoarță de lemn) cu porozitate mare (Fig. 4.9). Pot fi statice sau mobile (biofiltre modulare).

În cadrul acestei mase organice se activează o gamă largă de microorganisme (bacterii, ciuperci etc.), capabile să descompună multe substanțe printr-o serie de reacții biologice.

Substanțele din gazul de depozit (metan, hidrogen sulfurat, amoniac, mercaptani, hidrocarburi, monoxid de carbon etc.) sunt în mare parte adsorbite prin biofiltru și apoi metabolizate de microorganisme.

Eficiența de reducere a acestor substanțe este în general foarte mare, pentru oxidarea metanului putând depăși 80%.

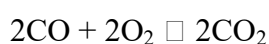
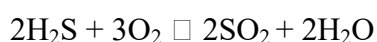
Această tehnologie a fost folosită cu succes pentru tratarea zonelor deteriorate de instalațiile de compostare și pentru tratarea apelor uzate de mulți ani.

Reacțiile pot apărea numai dacă există condiții chimice și fizice specifice (temperatură, umiditate, pH, timp de contact cu gazul etc.); cu toate acestea, ele pot fi controlate cu ușurință. Trebuie acordată atenție când amestecul metan/oxigen intră în domeniul exploziv (5÷15 % metan în aer). Debitul amestecului de gaze va asigura dimensionarea rezervoarelor care se caracterizează printr-o mare modularitate; de asemenea, costurile și activitățile de management sunt foarte limitate și includ: menținerea condițiilor chimice și fizice ale materialului vegetal, înlocuirea acestuia (de obicei durează ani) și controlul gazelor și emisiilor de intrare.

Prin urmare, printr-un sistem simplu și economic, este posibilă tratarea eficientă chiar și a unor volume mari de gaze de depozitare cu conținut scăzut de energie.

Când metanul este prezent în gazul de depozitare cu un procent mai mare de 25 %, cel mai adecvat tratament devine arderea: metanul și alte substanțe (de exemplu, H₂S) sunt oxidate, producând dioxid de carbon cu un impact redus (a se vedea punctul 1).

Arderea (fără recuperare de energie) are loc de obicei într-o torță în care metanul, prezent în gazul de depozit, acționează ca combustibil, iar oxigenul, prezent în aer, ca oxidant (în timp ce azotul inert rămâne neschimbat); principalele reacții sunt: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$



Dacă gazul de la depozitul de deșeuri conține compuși fluorurați, clorurați sau sulfurați, se produc în mod inevitabil acid fluorhidric (HF), acid clorhidric (HCl) și dioxid de sulf (SO₂).

Prezența azotului conduce, evident, și la producția extinsă de oxizi de azot (NO_x), mai ales dacă temperaturile de ardere sunt ridicate (> 1.200 °C).

Arderea la temperatură scăzută, „Timpul de rezidență scăzut al arderii cu flăcări” și amestecarea slabă a gazelor duc la dezvoltarea de compuși periculoși, cum ar fi dioxinele și furanii.

Monitorizarea condițiilor de ardere are o mare influență asupra reacțiilor chimice și determină calitatea gazelor de evacuare.

Pentru a garanta o ardere eficientă, sunt necesare următoarele elemente și acțiuni:

- o temperaturi de ardere între 850 și 1.100 °C;

- o un timp de retenție a gazului > 0,3 secunde;

- o amestecarea adecvată a gazelor;

- o evitați răcirea bruscă a flăcării.

Cele mai simple dispozitive sunt torțele statice sau cu flacără deschisă.

Acestea sunt de obicei alimentate direct de suprapresiunea gazului generată de fermentarea materiei organice din deșeuri; adesea ele constau dintr-una sau mai multe torțe poziționate direct pe elementele de colectare din interiorul deșeurilor în sine.

Aceasta reprezintă o soluție economică de recuperare a gazelor de depozit; trebuie totuși subliniate două aspecte negative principale și anume condițiile de inflamabilitate create de deșeuri și imposibilitatea acestora de a asigura arderea și controlul adecvat al gazelor de eșapament.

Lanternele de temperatură înaltă sunt mecanisme foarte performante, deoarece păstrează căldura flăcării în interior.

Prezența camerelor de ardere, a acoperirilor refractare și a altor dispozitive asigură condiții optime de ardere care respectă limitele de emisie de gaze din multe țări.

Este necesar să se facă referire la ratele maxime de producție ale gazului de depozit care urmează să fie tratat, atât în cazul în care recuperarea biogazului la depozitul de deșeuri este generată exclusiv prin ardere în torță, cât și dacă aceasta este utilizată numai atunci când dispozitivul consumator de energie (vezi mai jos) este în întreținere.

However, as mentioned in the previous paragraphs, the production of landfill gas varies greatly during the life time of the landfill; thus, it is also important to take into account the minimum level of landfill gas production, ensuring that the torch can handle lower flow rates. The size of the torch must consider the range of work in which it will operate.



Figure 4.10. High temperature torch.

Source: CONVECO Srl,2021. All rights reserved.

If a single device is not able to cover this range, it is useful to provide two elements- activated individually or in pairs- depending on the system capacities.

When the percentage of methane in landfill gas is further increased (at least 35%), its energy recovery can be considered; in this case there will be two environmental advantages: methane emissions reduction and no CO₂ emissions into the atmosphere that, otherwise, would have been generated by the use of fossil fuels to produce the same amount of energy. For this reason, the energy recovery of biogas from landfill can therefore be considered as a renewable source.

The potential chemical energy present in landfill gas can be easily transformed into **thermal energy** (yields up to 90%) while the yield for **electricity** can reach a maximum of 40%, but it needs an additional mechanical work (engines and alternators). However, in case of thermal energy user's lack near the plant (e.g. a greenhouse), the production of electricity, easily transportable and usable even from remote users, is the most appropriate mean for setting the problem. If thermal energy is recovered from electricity, then Cogeneration process took place (such as the sequential generation of two different forms of useful energy from a single primary energy source, typically mechanical energy and thermal energy). A solution for the production of electricity are the **gas micro turbines** which are characterized by a small size and modularity (that allow to bring into use more small machines) but also high initial investment cost.

The most common method to ensure electricity production from landfill gas is the use of **endothermic engine** connected to a current generator. The conversion of landfill gas to electric power by a generator set is much more practical than any other methods.

Landfill gas is used as a fuel in engines that support the use of low-methane fuel (> 35 %) and the presence of inert gases (N₂ and CO₂). The sizes range from a minimum of 100 to a maximum of 1,500 kWe. These engines must be sized according to the amount of landfill gas to be treated and the methane content of the mixture. The efficiency varies, depending on the fuel and workload of the machine (in the range of 30 ÷40%).

The supply pressures are compatible with those generated by *turbo blower* used for landfill gas suction, therefore no additional compressors are needed. It is possible to modify and adapt the engine's carburation in order to control emissions, which must comply with limits, depending on specific national regulations; if this is not possible, it is necessary to combine a afterburner, which further oxidises carbon monoxide and unburnt hydrocarbons.

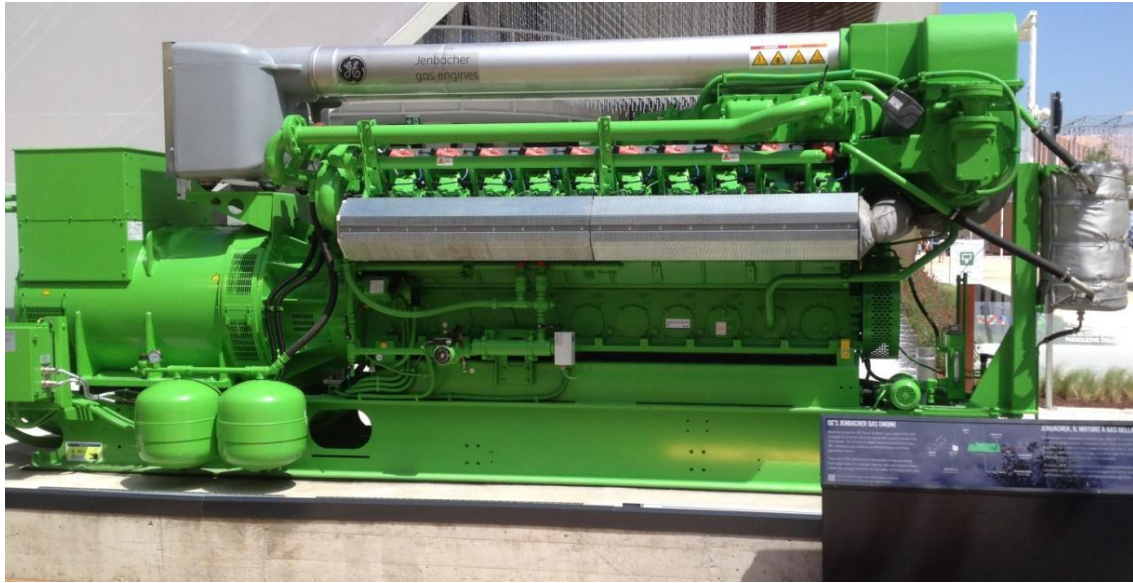


Figure 4.11. GE's Jenbacher gas engine, USA Pavilion, Expo 2015, Milan, Italy. Source: sbamueller, CC BY-SA 2.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0>>, via Wikimedia Commons.

Generally, it is necessary to foresee also some pre-treatment of the landfill gas before the entrance to the engine. The landfill gas arrives to the plant often saturated with water vapor, therefore it must be dehumidified; this process can also remove other substances (e.g. H_2S) that go into solution.

If the presence of other acids (hydrochloric, hydrofluoric) or siloxanes (organic compounds of silicon) is strong, it will be necessary to provide other forms of pre-treatment.

In general, however, for an initial investment, the use of endothermic engines (and related accessories) guarantees a long working life (even beyond 10 years or 100,000 h) and maintenance costs are gradually increasing but are offset by revenues from the sale of electricity; as mentioned, in fact, this production is considered a renewable source and is often sold at feed-in tariffs.

In this last Figure (4.12) is represented a system of collection, transport, treatment and production of electricity from landfill gas.

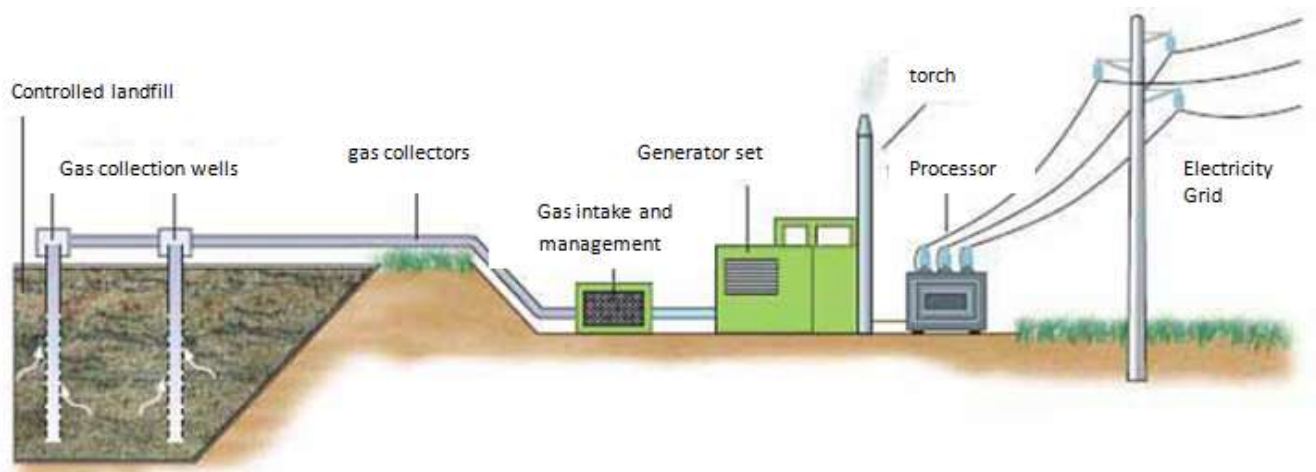


Figure 4.12. Framework of the Landfill gas Collection System and landfill gas Energy exploitation: Source: adapted from Il Gestore Servizi Energetici (Gse) incontra la Regione Emilia-Romagna, regione.emilia-romagna.it, 2011.

4.3 Managementul levigatului depozitului de deșeuri

4.3.1 Caracteristicile levigatului

Caracteristicile calitative și cantitative ale levigatului depozitului depind de factori multipli, dintre care unii sunt dificil de controlat, cum ar fi condițiile meteorologice, caracteristicile hidrologice, compoziția și vârsta deșeurilor etc.). Toate aceste elemente implică probleme critice de management care au condus la abordări sistemice diferite, atât la nivel european, cât și național.

Din punct de vedere cantitativ, producția de levigat este atribuită în mare măsură aporturilor externe (infiltrarea apei pluviale, atât superficiale, cât și subterane) și intrărilor interne precum nivelul de umiditate al deșeurilor și bilanțele de apă legate de reacțiile biochimice ale eliminării deșeurilor.

În special, intrările externe se referă la:

- Caracteristicile meteorologice și hidrogeologice ale amplasamentului, în special legate de precipitații, temperaturi, expunerea solară sau vântului, infiltrarea corpurilor de apă, atât superficiale, cât și subterane.

- Modelul de management al depozitului de deșuri: prezența canalizării, sistem de căptușeală primară sau secundară, extinderea zilnică și acoperirea rezervorului de deșuri, posibilă recirculare a levigatului.

- Caracteristicile deșeurilor: compoziția deșeurilor, nivelul conținutului de umiditate, posibile pretratări, dimensiunea, gradul de compactitate.

Compoziția și rezistența levigatului variază foarte mult de la depozit la depozit, chiar și într-un anumit depozit.

Trebuie remarcat faptul că, chiar și în absența aporturilor externe (de exemplu, un sistem de acoperire a depozitului de deșuri), descompunerea anaerobă a deșeurilor și producerea de levigat a acestora continuă chiar și după sfârșitul ciclului de viață al depozitului de deșuri. Aceasta înseamnă că administratorii depozitelor de deșuri trebuie să mențină în funcțiune stațiile de drenaj și tratare, asigurându-se în același timp că mediul înconjurător este protejat de contaminare, în conformitate cu legile naționale.

Din punct de vedere calitativ, este imposibil de descris o compoziție tipică a levigatului de depozit, fiind influențată de diferiți factori care afectează în mod specific procesul de biodegradare a deșeurilor, contribuind astfel la infiltrarea diferiților poluanți.

Principalii factori care afectează progresul biodegradării sunt:

- Nivelul de umiditate al deșeurilor eliminate
- Cantitatea și natura componentelor organice (mai ales dacă nămol de epurare, compost nespecificat)
- Nivelurile de metale și/sau substanțe toxice din baterii, medicamente, solvenți etc.

Nivelurile de colectare separată a deșeurilor din jurul depozitului de deșuri, care pot varia tipul de eliminare a deșeurilor.

Pre-tratarea deșeurilor și plasarea în groapa de gunoi sunt alți doi factori importanți care afectează capacitatea de absorbție a apei a masei de deșuri conducând la migrarea poluanților în levigat.

Studiile consolidate arată că concentrația de poluant în interiorul levigatului este mai mare în primul an de funcționare al depozitului, scăzând progresiv de-a lungul anilor. Această tendință afectează parametri organici (COD, BOD, COT) și principalele săruri anorganice (metale grele, sulfați etc.)

Acești parametri organici sunt: *BOD = biochemical oxygen demand*

COD = chemical oxygen demand

TOC = total content of organically bound carbon

The removal of organic material based on COD, BOD and ammonium from leachate is the usual prerequisite before discharging the leachates into natural waters.

Din punct de vedere microbiologic, proliferarea ciupercilor și bacteriilor este inhibată de condițiile comune de mediu (temperaturi și pH ridicate) în timpul procesului de biodegradare.

Începând cu anii '70-80, aplicarea modelelor matematice ajută la prezicerea caracteristicilor levigatului și a implicațiilor aferente în raport cu bilanțul hidric al depozitului de deșeuri. De fapt, masa de deșeuri acționează ca un element nesaturat în depozitul de gunoi care este conceput ca un „bioreactor”. Aceste modele și-au dovedit deja eficiența și pot fi utile în prima fază a procesului de proiectare a depozitului de deșeuri împreună cu analiza datelor locale.

4.3.2 Drenarea și colectarea levigatului

După cum sa menționat anterior, infiltrația și difuzia levigatului în afara depozitului de deșeuri este controlată de un strat protector împreună cu sistemul de colectare și îndepărtare a levigatului. Evident, în cazul reabilitării haldelor deschise, utilizarea barierelor de fund și de sol/perete pentru levigat este permisă doar acolo unde este posibilă exploatarea unor noi rezervoare de reținere a deșeurilor, construite la marginea amplasamentelor de valorificat.

Sistemul de barieră proiectat conține eficient deșeuri, iar compoziția sa cea mai comună este:

- Argilă
- Amestecuri nisip-bentonită
- Amestecuri nisip-ciment
- Membrane geosintetice

În aproximativ ultimii 20 de ani, utilizarea componentelor fabricate din materiale polimerice sintetice, numite geosintetice, a devenit obișnuită în ingineria geotehnică. Materialele geosintetice comune folosite în sistemele de izolare proiectate includ geomembrane, geotextile, georețele și căptușeli de argilă geosintetică. Progresele tehnologice recente au făcut ca produsele geosintetice să fie mai atractive pentru proiectanții de depozite de deșeuri, deoarece pot îndeplini diferite funcții în același timp (impermeabilitate, drenaj, stabilitate a pantei etc.).

Mai mult, aceste membrane prezintă anumite avantaje în ceea ce privește rentabilitatea cantităților corespunzătoare de material argilos necesar pentru a obține aceleași performanțe tehnice, pe lângă aceea de a nu reduce capacitatea de depozitare a rezervorului de evacuare a deșeurilor.

Principalele lor avantaje sunt:

- Flexibilitate
- Durabilitate, spre deosebire de bariera din materiale naturale
- Rezistență ridicată la tracțiune și atacuri chimice și biologice
- Economice: costă mai puțin decât omologii lor naturali

Utilizarea combinată a diferitelor tipuri de produse (naturale și sintetice) devine din ce în ce mai comună și scopul său principal este de a optimiza particularitățile materialului ales.

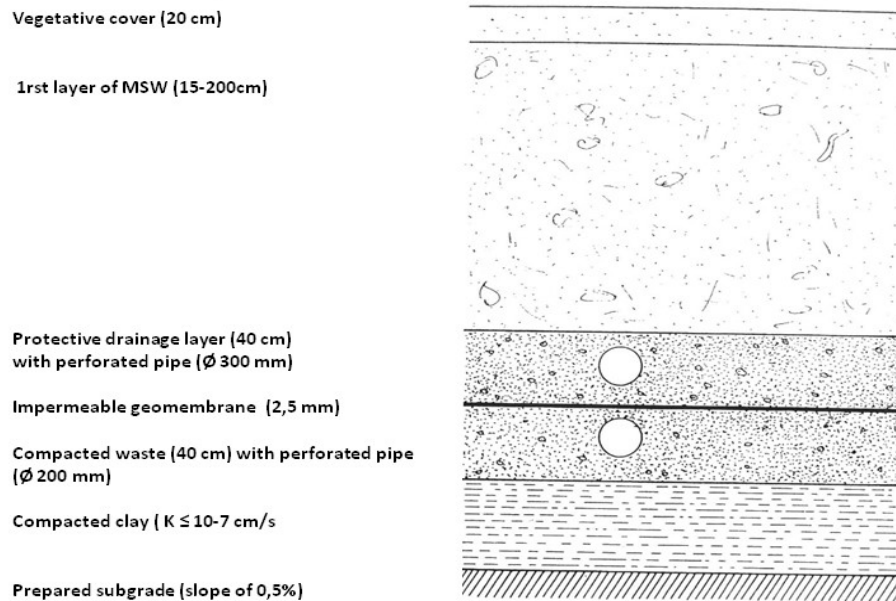


Figura 4.13. O secțiune transversală tradițională de design MSWL. Sursa: Gervasoni S., ed 2000, Depozitele controlate, HOEPLI

Figura 4.13 prezintă secțiunea transversală tradițională de proiectare a MSWL (Depozit Municipal de Deșeurii Solide) pentru amplasamentele caracterizate printr-un sol argilos natural ($K \leq 10^{-7}$ cm/s) sau printr-un subsol generic înainte de crearea barierei.

De-a lungul timpului, s-a renunțat treptat la crearea straturilor de drenaj sub geomembrana impermeabilă, din cauza tendinței lor de a se satura ceea ce a dus la crearea unui cap hidraulic de levigat în contact direct cu bariera minerală, prevestitor al posibilelor dispersii în subsol. . Mai mult, detectarea scurgerilor prin conducte nu ar permite detectarea acestora odată ce depozitarea deșeurilor este în stadiul final de finalizare.

Astăzi, geosinteticele bentonite devin din ce în ce mai răspândite printre geomembrane. Proprietățile chimice ale bentonitei de sodiu îi permit să-și mărească volumul de până la zeci de ori atunci când este în contact cu levigatul. În acest fel, este capabil să protejeze sistemul de orice scurgeri (Fig. 4.14) și este compatibil cu bariera minerală subiacentă.

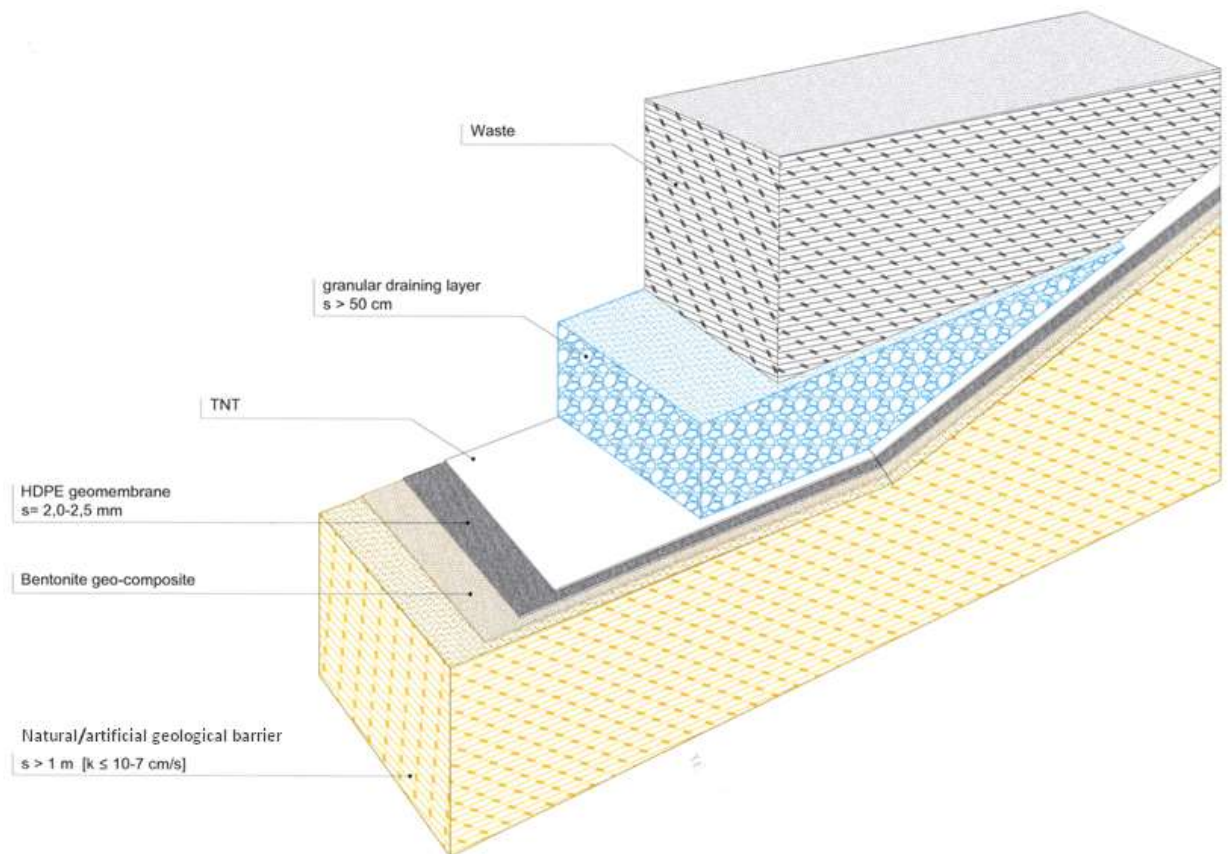
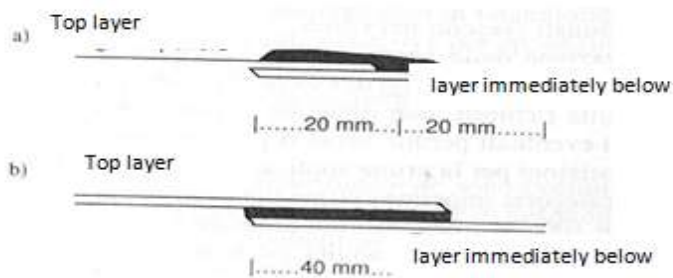


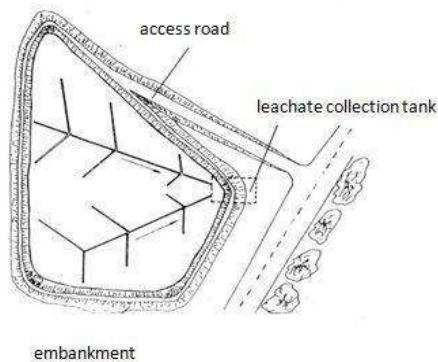
Figure 4.14. Example of different geomembranes associated with geotextiles. Source: ASET Spa, 2022.

Cel mai utilizat material în fabricarea căptușelilor sintetice este geomembrana HDPE cu o grosime de 2,0–2,5 mm. Geomembranele HDPE sunt furnizate sub formă de role de tablă, acum disponibile în diferite grosimi și, de asemenea, finisaje de suprafață, pentru a îmbunătăți capacitatea de aderență și a face mai dificilă alunecarea în mal.

Montarea foilor HDPE, de obicei furnizate în role mari (de exemplu 10x200 m) se realizează prin așezarea lor una lângă alta cu suprapunere adecvată (minim 200 mm) și sudarea termică a marginilor ale căror suprafețe trebuie în prealabil șlefuite sau încălzite. Acestea sunt acum instalate datorită unei mașini speciale de sudură automată, asigurând uniformitatea cusăturilor de sudură (Fig. 4.15). Cusăturile și marginile sunt puncte critice de desprindere a foilor și pot cauza discontinuitatea barierei impermeabile. Există două moduri de testare a integrității căptușelii geomembranei sisteme, și anume printr-o testare nedistructivă și una distructivă. Primul se



de conducte
stratul de drenaj plasat
impermeabile din partea
de colectare este
versanți capabili să
către un punct situat la
mai mică, astfel încât să



(Fig. 4.16). Apoi, acesta va fi pompat în bazine impermeabile de colectare/echivalare și, în final, tratat.

După cum sa menționat deja, în cazul reabilitării haldelor deschise fără posibilitatea transferului deșeurilor în bazine noi hidroizolate, colectarea levigatului poate fi încredințată puțurilor speciale forate în masa deja închisă. În acest scop, se pot adapta și puțurile verticale pentru colectarea biogazului deja ilustrate (vezi Fig. 4.3). Coloana de pietriș garantează drenarea levigatului care - colectat de sonda cu fante și coborând gravitațional până la fundul puțului - poate fi aspirat de pompe axiale specifice adecvate pentru instalare în conductă.

4.3.3 Minimizarea generării de levigat

Producția de levigat este atribuită în mare măsură intrărilor externe (infiltrarea apelor pluviale, de suprafață și/sau subterane), iar în fracțiunea reziduală aporturilor/consumului intern, cum ar fi conținutul de umiditate și bilanțele de apă legate de reacțiile biochimice din corpul de deșeuri. este extrem de important – în special pentru reabilitarea haldelor deschise – să planificați cu atenție toate acele intervenții care vizează reducerea la minimum a producției de levigat în timp. Ulterior, procesele adecvate de extracție, tratare și recirculare a levigatului oferă o contribuție substanțială la depozitarea durabilă, prin controlul proceselor de biodegradare și eliminarea contaminanților solubili pentru a obține, într-o singură generație, o stare de depozitare geologică a substanțelor anorganice și a deșeurilor organice nedegradabile pentru depozit. Modelele

realizează pe toată lungimea sudurilor de extrudare, în timp ce cealaltă se realizează prin tăierea probelor de cusături.

Colectarea levigatului este încredințată rețelei microfisurate situate în deasupra barierei inferioară; toată rețeaua caracterizată prin direcționeze levigatul altitudine geodezică curgă din gravitație

predictive pentru generarea levigatului sunt necesare pentru definirea, proiectarea și dimensionarea lucrărilor, care sunt legate de toate aspectele menționate mai sus.

Considerând depozitul ca un bazin de apă închis și definit planimetric, cantitatea de levigat este influențată de bilanțul de masă al debitelor de apă externe și interne din jurul depozitului, precum și de acumulări și producție/consum intern. Următoarea schemă (Fig 4.17) rezumă principalele componente ale bilanțului hidric al depozitului de deșuri:

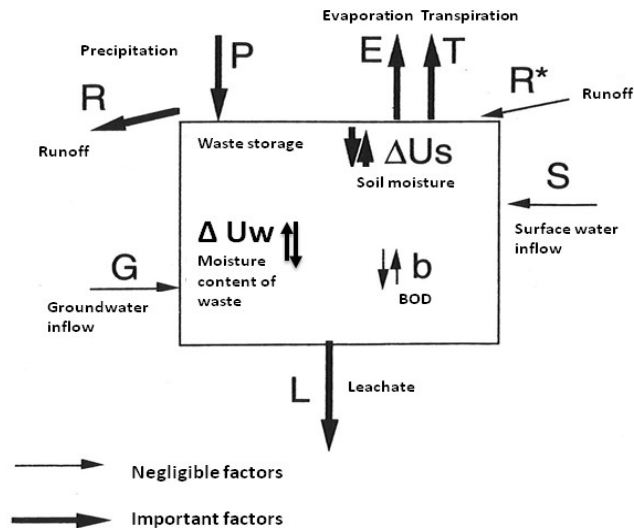


Figura 4.17. Diagrama simplificată a bilanțului apei din depozitele de gunoi RSU. Sursa: Collivignarelli C., ed.1996, Managementul levigatului din Depozitul de Deșuri Solide Urbane, C.I.P.A. Diagrama arată că: $L_c = L - L_i$

Unde L_c (cantitatea de levigat colectat) este egală cu totalul produs (L) minus porțiunea potențial pierdută din cauza infiltrației (L_i) la limită (sperăm că egală cu 0)

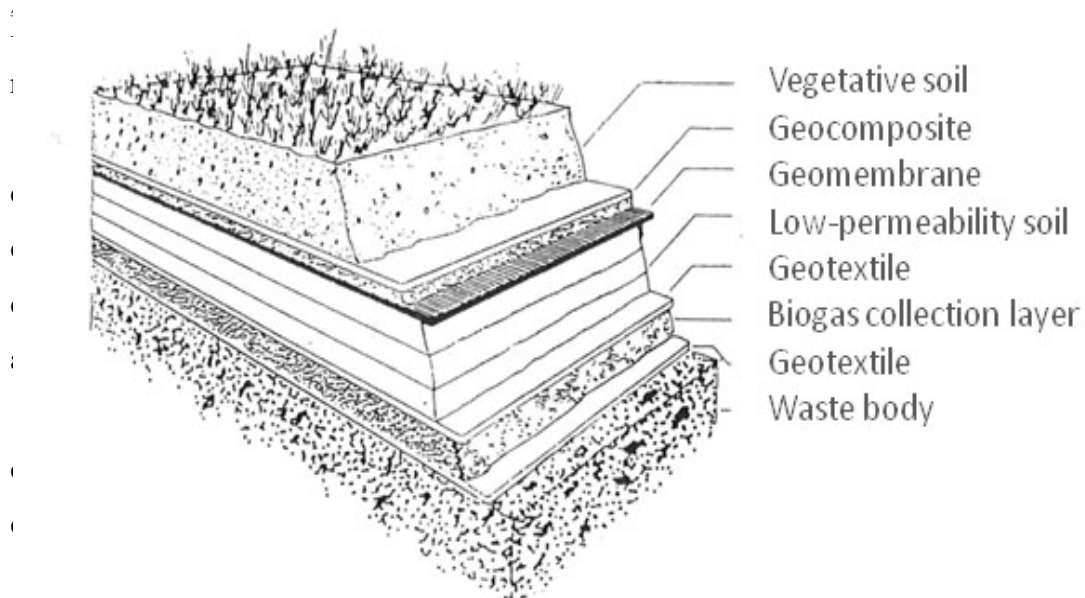
Nu toate elementele au aceeași relevanță în ecuație. Factorii predominanți sunt precipitațiile (P), în timp ce factorul BOD (b) este neglijabil. În consecință și în special în cazul reabilitării haldelor deschise, minimizarea generării de levigat trebuie să se concentreze asupra factorilor care au o influență majoră asupra acestui proces.

Elementele care pot fi eliminate prin operațiuni de drenare și îndepărtare sunt:

- Scurgere superficială
- Infiltrarea în corpuri de apă superficiale
- Infiltrarea acviferelor subterane

Alte elemente pot fi controlate doar cu operațiuni tehnice eficiente:

- Material de acoperire
- panta suprafeței de acoperire
- nivelul de compactitate
- metode de management al apei
- posibila recirculare a levigatului.



privește factorii controlabili pentru minimizarea generării de levigat, sistemul de acoperire a depozitului de deșeuri necesită o atenție specială. Capsul este o tehnologie de izolare care formează o barieră între masa deșeurilor contaminate și suprafață, ferind astfel oamenii și mediul de efectele nocive ale conținutului său, limitând migrarea acestora. Un capac trebuie să limiteze infiltrarea apei de suprafață în subsolul contaminat pentru a reduce potențialul de scurgere a contaminanților din amplasament. Această operațiune are atât o valoare ecologică, cât și o valoare economică datorită costurilor ridicate de tratare și eliminare a levigatului. Figure 4.18. Example of landfill capping system. Source: Leachate management from Urban Solid Waste Landfill, Collivignarelli C., C.I.P.A.

Pe lângă minimizarea generării de levigat, sistemul de acoperire izolează și previne răspândirea contaminării în mai multe moduri prin:

- *Prevenirea vântului de a sufla material contaminat în afara amplasamentului*
- *Controlul emisiilor de gaze din deșeurile care conțin sau produc substanțe chimice „volatile”.*

- *Prevenirea oamenilor și a animalelor sălbatice să intre în contact cu materialele periculoase și eliminarea contaminanților în afara amplasamentului.*

- *Creșterea vegetației*

În acest sens, barierele cu permeabilitate scăzută (LPB) - care urmăresc limitarea infiltrației apei meteorice în interiorul masei deșeurilor - sunt la fel de important ca sistemul de fund liner și, prin urmare, merită o atenție specifică de proiectare pentru proiectanții și administratorii depozitelor de deșuri. Astăzi, cea mai comună soluție pentru LPB este amestecarea barierelor naturale și sintetice, și anume foile HDPE și pământul argilos compactat. În special, barierele capilare sunt un tip eficient de sistem de etanșare care poate fi folosit ca acoperire finală pentru depozitele de gunoi și locurile de remediere. Acest sistem constă din două straturi înclinate în care nisipul cu granulație fină este utilizat în stratul capilar, care se suprapune unui strat cu granulație grosieră (blocul capilar). Acesta exploatează faptul că un strat de nisip fin devine foarte saturat cu apă de sus, împiedicând-o să se scurgă în blocul capilar. În schimb, apa este ținută chiar deasupra interfeței dintre cele două straturi și curge lateral într-un șanț care conține o scurgere la poalele pantei. Abordarea inginerescă este fundamentală și în această fază deoarece, deși reprezintă sfârșitul ciclului de viață al depozitului de deșuri, este esențială asigurarea eficienței capacului în ceea ce privește minimizarea infiltrațiilor în timp.

Alți factori controlabili care vizează reducerea la minimum a generării de levigat sunt legați de activitățile obișnuite de gestionare a depozitului de deșuri, care sunt:

- Limitarea extinderii rezervorului de deșuri; poate reduce riscul de infiltrare a apei meteorice
- Materialul folosit pentru acoperire trebuie să aibă o capacitate de absorbție mai degrabă decât să fie complet nepermeabil. Biodegradarea este asigurată de prezența apei care menține un anumit nivel de umiditate în deșuri. De exemplu, în afara specificațiilor sau alte foi semipermeabile care ajută, de asemenea, la emisiile de mirosuri
- Recircularea levigatului în corpul deșeurilor prin sisteme de difuzie adecvate poate reduce semnificativ cantitățile de levigat, în special acolo unde caracteristicile depozitului permit niveluri mai ridicate de evapotranspirație (adică condiții meteorologice particulare și sol vegetativ).

4.3.4 Tratarea levigatului

Datorită diferențelor de cantitate și calitate a levigatului, este imposibil să se ofere o schemă generală de tratare valabilă pentru toate tipurile de depozite. De fapt, există diferite abordări ale epurării levigatului, variind de la tratamente chimico-fizice până la tratamente biologice, atât aerobe, cât și anaerobe. În funcție de reglementările în vigoare, administratorii depozitului de deșuri pot alege să implementeze fie unul, fie o combinație dintre tipurile de tratare menționate anterior, în funcție de oportunitățile disponibile la fața locului.

- Eliminarea în corpurile de apă de suprafață
- Stații municipale de tratare a levigatului

Una dintre cele mai comune, dar nu soluție, este colectarea, acumularea și tratarea levigatului prin rezervoare, deoarece este considerat un „deșeu lichid”. Acest lucru se datorează interpretărilor juridice diferite ale autorităților competente de pe teritoriul național italian.

În mod similar, cadrul legal care reglementează recircularea levigatului pe corpul deșeurilor depinde de contextul teritorial. De exemplu, nu poate fi efectuată acolo unde levigatul de la depozitul de deșuri este considerat un tip special de deșeu, diferit de corpul de deșuri care l-a generat. Acest lucru previne realocarea acestuia în depozitul de gunoi de unde a fost extras.

References

Arecco F., ed. 2012, *Biogas Energy*. Edizioni Ambiente Publisher (Energia da biogas)

ASWM Srl, <http://www.aswmsrl.com/>

Collivignarelli C., ed.1996, *Leachate management from Urban Solid Waste Landfill*, C.I.P.A. Publisher (*Il trattamento del percolato da discarica RSU*)

CONVECO Srl, <https://www.conveco.com/en/home.html>

Cossu, R., Grossule, V., Lavagnolo, M.C., 2020. *Sustainable Landfill: Role in the Circular Economy and Regulatory Proposals*. CISA publisher (*La Discarica Sostenibile*)

Damiani L., Gandolla M., 1992, *Biogas management in controlled landfills*, Istituto per l'Ambiente Publisher (*Gestione del biogas da discariche controllate*)

Gervasoni S., ed 2000, *The controlled landfills*, HOEPLI Publisher (*Le discariche controllare*)

Il Gestore Servizi Energetici (Gse) incontra la Regione Emilia-Romagna (2011,November,8th), regione.emilia-romagna.it. Retrieved 11:57, March 28th,2022 from https://energia.regione.emilia-romagna.it/leggi-atti-bandi-1/documenti-e-pubblicazioni/eventi/2010/il-gestore-servizi-energetici-gse-incontra-la-regione-emilia-romagna/CREMONA_GSE.pdf.

Magnano E., ed. 2010, *Landfill Biogas*, EPC Publisher (*Biogas da Discarica*)

Vismara R., Malpei F., Centemero M., ed. 2008, *Biogas from Urban Solid Waste*, Dario Flaccovio Publisher (*Biogas da rifiuti solidi urbani*)