

# ZABORTEGI-GASEN ISURPENEN MURRIZKETARI BURUZKO GIDA-DOKUMENTUA

2015



Kutsaduraren prebentzio eta kontrola

**EUSKO JAURLARITZA**

INGURUMEN ETA LURRALDE  
POLITIKA SAILA



**GOBIERNO VASCO**

DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE  
Y POLÍTICA TERRITORIAL

# ZABORTEGI-GASEN ISURPENEN MURRIZKETARI BURUZKO GIDA- DOKUMENTUA

2015

Data	2015eko apirila
Egileak	Heijo Scharff – NV Afvalzorg Holding Richard Gronert – NV Afvalzorg Holding
Jabea	Eusko Jaurlaritza. Ingurumen eta Lurralde Politika Saila



<http://www.euskadi.eus/web01->

[s2ing/eu/contenidos/manual/guia\\_gas\\_vertederos/eu\\_def/guia\\_gas\\_vertederos.html](http://www.euskadi.eus/web01-s2ing/eu/contenidos/manual/guia_gas_vertederos/eu_def/guia_gas_vertederos.html)



<b>HITZAURREA .....</b>	<b>5</b>
<b>1 ALDEZ AURRETIKO GOGOETAK .....</b>	<b>11</b>
1.1 ZER DIRA ZABORTEGI-GASAK? .....	11
1.2 ZABORTEGI-GASEN OSAGAIK .....	14
1.2.1 <i>Metanoa</i> .....	14
1.2.2 <i>Karbono dioxidoa</i> .....	15
1.2.3 <i>Aztarna-osagaiak</i> .....	15
1.3 ZABORTEGIEN ETA ZABORTEGI-GASEN ARAZOAK.....	17
1.4 EBREN LEGERIA .....	18
1.5 EUSKAL AUTONOMIA ERKIDEGOKO ARAUDIA .....	20
<b>2 PLANGINTZA FASEA.....</b>	<b>22</b>
2.1 EKINTZAK.....	22
2.2 BEHARREZKO DATUAK .....	23
2.3 ZABORTEGI-GASEN SORKUNTZA .....	25
2.3.1 <i>Zabortege-gasen sorkuntza-potentziala</i> .....	25
2.3.2 <i>Zer erritmoarekin sortzen dira zabortege-gasak?</i> .....	27
2.3.3 <i>Zabortege-gasen bolumen-sorkuntza kalkulatzeko ereduak</i> .....	30
2.3.4 <i>Ereduen abantailak eta desabantailak</i> .....	33
2.3.5 <i>Ereduen zehaztasuna</i> .....	34
2.3.6 <i>Ezjakintasunaren kudeaketa</i> .....	35
2.4 METANO-SORKUNTZAREN AURREIKUSPENA ETA ISURIEN ESTIMAZIOA.....	36
2.5 BAIMENEN ESKAERA, EBALUAZIOA ETA EMAKIDA.....	40
<b>3 USTIAPEN FASEA .....</b>	<b>45</b>
3.1 EKINTZAK.....	45
3.2 ZABORTEGI-GASEN KONTROL-PLANA .....	46
3.2.1 <i>Zabortege-gasen kontrolaren printzipioak</i> .....	47
3.2.2 <i>Zenbait kontzeptu garrantzitsu</i> .....	51

3.2.3 Eskuragarri dagoen teknologia onenean oinarritutako «puntako» zabortegi-gasen kontrola .....	54
3.2.4 Zabortegi-gasen «puntako» berreskurapenaren aspektu teknikoak .....	56
3.2.5 Zabortegi-gasen kontrol-planaren ebaluazioa .....	60
3.3 ZABORTEGI-GASEN KONTROLERAKO AUKERAK .....	61
3.3.1 Gas-kontrol aktiboa eta pasiboa .....	61
3.3.2 Hobi-sistemak .....	62
3.3.3 Gasen berreskurapena ustiapenean zehar .....	64
3.3.4 Hobien kokapena .....	66
3.4 GAS-HOBIEN DISEINUA ETA ERAIKUNTZA .....	70
3.4.1 Hobi bertikalen eraikuntza .....	70
3.4.2 Hobi horizontalen eraikuntza .....	79
3.4.3 Kontrol-balbulen hautaketa .....	82
3.5 ZABORTEGI-GASAK BILTZEKO HODITERIA .....	88
3.5.1 Hoditeria; Hodiak .....	88
3.5.2 Aldi baterako konexioak .....	91
3.5.3 Kondentsatuaren biltodiak .....	92
3.6 SOPLANTEA ETA ZUZIA .....	94
3.6.1 Soplantea (konpresorea edo booster) .....	94
3.6.2 Zabortegi-gasetarako zuzia .....	97
3.6.3 Zabortegi-gasen isurpenen kontrola zuzian .....	99
3.6.4 Segurtasuna .....	101
3.7 ZABORTEGI-GASEN APROBETXAMENDUA .....	104
3.7.1 Zabortegi-gasen zuzeneko erabilera, erregai gisa .....	105
3.7.2 Elektrizitate-sorkuntza .....	106
3.7.3 Beroaren eta elektrizitatearen kogenerazioa .....	108
3.7.4 Zabortegi-gasen arazketa, gas naturalaren kalitatearen gasa lortzeko .....	108
3.7.5 Aukera ezberdinen artean hautatzeko irizpideak .....	109
3.8 METANOAREN OXIDAZIOA .....	110
3.8.1 Sarrera .....	110
3.8.2 Eskuragarri dauden teknologiak .....	112
3.8.3 Metanoaren oxidazio-sistemen geruzak .....	116
3.8.4 Material mineralen propietate fisikoei buruzko baldintzak .....	118
3.8.5 Material mineralen propietate kimikoei buruzko baldintzak .....	121

3.8.6	Material organikoak.....	122
3.8.7	Aplikagarritasuna klima hezeetan eta lehorretan .....	123
3.8.8	Metanoaren oxidazio-sistemen diseinua .....	123
3.9	ERAGIKETA ETA ZAINKETA.....	125
3.9.1	Ihesen egiaztapena martxan jarri aurretik.....	125
3.9.2	Abiarazte segurua .....	126
3.9.3	Kontrol-balbularen doikuntza .....	126
3.9.4	Kondentsatuaren kudeaketa .....	127
3.9.5	Ikuskapena eta mantentze-lanak.....	128
3.9.6	Metanoaren oxidazio-sistemen mantentze-lanak.....	129
3.10	ZAINTZA ETA JAKINARAZTEKO BETEBEHARRA .....	129
3.10.1	Berreskuratze-eraginkortasuna.....	129
3.10.2	Lurpeko migrazioaren kontrola .....	134
3.10.3	Isurpenen eta oxidazioaren kontrola .....	135
3.10.4	Gasen sorkuntzaren murrizketa .....	141
3.10.5	Ebaluazioa eta jakinarazteko betebeharra .....	143
3.10.6	Ebaluazioa, onarpena eta erabakiak hartzea .....	144
<b>4</b>	<b>ITXIERAREN ONDOKO MANTENTZE FASEA .....</b>	<b>146</b>
4.1	EKINTZAK.....	146
4.2	ITXIERAREN ONDOKO MANTENTZE-FASEA HASTEKO ESKAERA .....	147
4.3	ERAGIKETA ETA ZAINKETA .....	150
4.4	ZAINTZA ETA JAKINARAZTEKO BETEBEHARRA .....	150
4.5	ZABORTEGI-GASEN KONTROLAREN ZAINTZAREN AMAIERA .....	150
<b>5</b>	<b>METANO ISURPENAK MURRIZTEKO BESTE AUKERA BATZUK.....</b>	<b>154</b>
5.1	LIXIBIATUEN BIRZIRKULAZIOA .....	154
5.2	ZABORTEGI BIORREAKTOREAK .....	162
5.3	ZABORTEGI AEROBIKOAK.....	163
<b>6</b>	<b>KOSTU/ETEKIN ANALISIA.....</b>	<b>169</b>
6.1	METANO-ISURPENEN MURRIZKETAREN ERAGINKORTASUNA .....	169
6.2	KOSTUAK EDO ERRENTAGARRITASUNA .....	171
6.3	ZER KOSTU DIRA ONARGARRIAK? .....	172

6.4 KOSTUEN ETA ERRENTAGARRITASUNAREN KUANTIFIKAZIOA .....	173
6.5 KOSTUEN ETA ERRENTAGARRITASUNAREN ZENBAIT ADIBIDE.....	176
<b>7 ERANSKINAK .....</b>	<b>183</b>

## HITZAURREA

Zabortegetatik datozen metano-gasaren isurpenen murrizketari buruzko gida praktikoa hau IHOBE, Ingurumen Jarduketarako Sozietate Publikoarentzat prestatu da.

Dokumentu honek hiru helburu ditu:

- Zabortege-gasaren sorkuntzari eta horiek berreskuratzeko zein aprobetxatzeko eskuragarri dagoen teknologiarik buruzko ezagutza erakunde ustiatzaileei eta agintari eskudunei transferitzea, eta proiektuaren garapenerako orientazioa ematea;
- Zabortegetan metano-isurpenak txikiagotzeko metodo eta teknologia aurreratuenak definitzea eta azaltzea.
- Zabortegetatik datozen isurpenen murrizketari buruzko Euskadiko zein Europako jarraibideen/araudien betearazpena sustatzea.

Gida-dokumentu hau zabortegearen jardura eratzten duten fase ezberdinen arabera egituratu da:

- Plangintza-fasea;
- Ustiapen-fasea;
- Itxieraren ondoko mantentze-fasea.

### **Plangintza-fasea**

Zabortegearen kokapena hautatu ondoren, Ingurumen Inpaktuaren Adierazpenaren inguruko dokumentazioa prestatzerakoan edo zabortege jakin bat ustiatzeko baimena eskatzerakoan, erakunde ustiatzaileak planak eta informazio egoki guztia aurkeztu behar dizkio ingurumen-erakundeari. Aurkeztu behar den informazioaren artean, honako hauek aurkitzen dira, besteak beste: zabortegearen dimentsioei eta bolumenari buruzko datuak, hartu nahi dituen hondakin-motak, urtean onartzen den hondakin-kopurua eta zabortege zehatz horren edo zer ezaugarri espezifiko. Datu horiek denboran zehar sortuko diren zabortege-gasei buruzko estimazioa egiteko erabiltzen dira. Erakunde ustiatzaileak honako hauek sartu beharko ditu dokumentazioan: sortutako zabortege-gasaren estimazioa eta, isurpenak hasten diren unetik aurrera, kontrolatzeko neurriak ezarri behar direnaren edo ez direnaren inguruko ebaluazioa. Erakunde ustiatzaileak sortutako zabortege-gasak kontrolatzeko neurriak (oraindik) ez direla

ezarri behar erabakiz gero, ingurumen-erakundeari frogatu beharko dio, zabortegiaren baldintza espezifikoetan oinarrituta.

### **Ustiapen-fasea**

Baimenean hitzartutako baldintzen arabera, zabortegi-gasak kontrolatzeko neurriak ezartzea beharrezkotzat jotzen den kasuetan, erakunde ustiatzaileak gas horien kontrol-plana aurkeztu beharko du. Plan hori erakunde-organoak egiaztatu eta onartu behar du. Jarraian, eta onartutako zabortegi-gasen kontrolerako planaren arabera, erakunde ustiatzaileak dagozkion kontrol-neurriak jarriko ditu martxan. Neurri horiek praktikan jarriko dira, eta mantentze-lanak eta kontrola izango dituzte. Zabortegiaren ustiapen-fasean, hartutako kontrol-neurriak aldatzea egokitzat jo daiteke, hondakinen kopuruan eta konposizioan izandako ezusteko aldaketen, zabortegi-gasen sorkuntza-tasen eta gasaren kalitatearen ondorioz. Bere aldetik, ingurumen-organoak kontrol-sistema bat ezarriko du; horrek zabortegi-gasen ekoizpena kontrolatzea ahalbidetuko du zabortegi guztietan, bakoitzaren ezaugarri espezifikoak alde batera utzita. Erakunde ustiatzaileak aldizka jakinarazi behar dio ingurumen-erakundeari zabortegiari dagokion informazio guztia. Era berean, erakunde ustiatzaileak urtero ebaluatu behar du sortutako eta berreskuratutako zabortegi-gasaren kopurua, bai eta gas-isurpenetan lortutako murrizketa ere. Aldizka, erakunde ustiatzaileak aplikatutako kontrol-neurriak ebaluatu edo birpentsatu behar ditu eta, horrela, ingurumen-erakundeari jakinarazi, horrek onartu ditzan. Hondakin biodegradagarrietarako ezarritako helburuen gutxikako murrizketaren aurrean, zabortegi-gasen kontrol aktiboa amaitutzat ematearen aukera planteatu daiteke ustiapen-fasean.

### **Itxieraren ondoko mantentze-fasea**

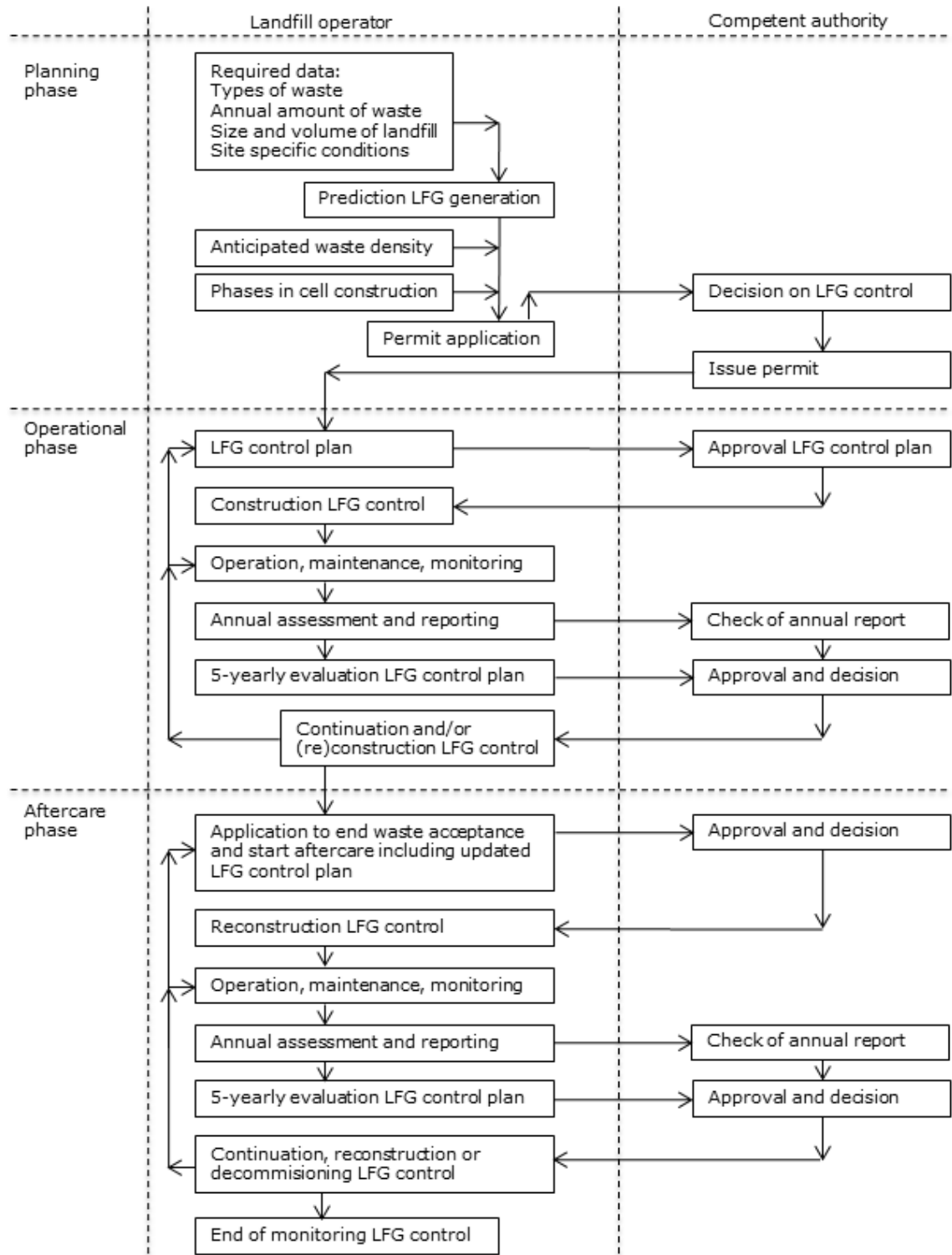
Une jakin batean, baimendutako isurpen-bolumena beteko da, eta zabortegiak ez du hondakin gehiago onartuko. Une horretan, itxiera ondoko mantentze-fasea hasten da. Fase horretan, ustiapen-faseko aspektu berak izan behar dira kontuan, nagusiki: eragiketa, mantentze-lanak, kontrola eta dagokion informazioaren aldizkako jakinarazpena. Hondakin biodegradagarrien kopuru esanguratsuak dituzten zabortegietan, probableena da gauzatutako ebaluazioak itxiera ondoko mantentze-fasean sortutako zabortegi-gasen kontrola amaitzea bideragarritzat ematea, ustiapen-fasean egin ordez.

Aurretik deskribatutako faseak hurrengo orrialdeko fluxu-diagraman sartu dira (1.1 grafikoa).



Azken belaunaldiko zabortege-gasen berreskuratze-teknikak hobien, konpresoreen eta suzien diseinuak eta funtzionamenduak zehazten dituzte, nagusiki. Zabortegei buruzko egungo legeriak eskatzen du, zabortege-gasen berreskuratze-prozesuak eragindako kostuak isurpen-tasak estaltzea. Beraz, gasaren berreskurapenaren kostuak ez du eraginik izan behar jasotako zabortege-gasak aprobetxatzeko erabakian. Aprobetxamendu-sistemaren errentagarritasuna faktore garrantzitsua da berreskuratutako gasen aprobetxamendu proiektuaren praktika bultzatzeko. Nolanahi ere, gasak berreskuratze eta isurpenak leuntzeko prozesuak du eragin handiena ingurumenean. Gasak erretzeak edo aprobetxatzeak eta horien aprobetxamendurako erabilitako teknika ingurumen-garrantzi txikiagoko faktoreak dira. Horregatik, gida-dokumentu honek arreta txikiagoa jartzen dio berreskuratutako gasen aprobetxamendu-faseari.

1.1. Grafikoa: Zaborte-gasen kontrolaren inguruko ekintzen eta erantzukizunen fluxu-diagrama



Gida-dokumentu honen helburua da zabortegietako erakunde ustiatzaileei eta agintari eskudunei orientazio praktikoa ematea, metano-isurpenak txikiagotuko dituzten zabortegi-gasen berreskurapen-proiektuen garapena errazteko. Dokumentu honek ez ditu, inola ere, kasu zehatz bakoitzari dagozkion diseinua, instalazioa eta eragiketa ordezkutzen. Halaber, ez da analisi zientifikoa. Horrek esan nahi du, dokumentu honetan, emandako informazioa sostengatzen duten txosten eta artikuluko gutxi edo batere ez direla aipatzen. Kasu batzuetan, erabilgarriak izan daitezkeen dokumentu-base jakin batzuk aipatzen dira. Hein handi batean, proiektu hau Erresuma Batuan, Estatu Batuetan eta Herbeheretan existitzen diren zabortegi-gasen berreskurapenari buruzko zuzentarauetan oinarritzen da. Informazio gehiena honako hauetatik dator:

- Estatu Batuak: Landfill Methane Outreach programaren esparruan, Estatu Batuetako Ingurumen Babeserako Agentziak prestatutako «Project Development Handbook» eskuliburua, hurrengo estekan eskuragai: <http://www.epa.gov/lmop/publications-tools/handbook.html><sup>1</sup>.
- Erresuma Batua: Erresuma Batuko Ingurumen Agentziak prestatutako «Guidance on the management of landfill gas» dokumentua, hemen eskuragai: <http://www.environment-agency.gov.uk/business/sectors/108918.aspx>
- Herbehereak: «Handleiding stortgaswinning» (nederlandera, zabortegi-gasen berreskurapenaren inguruko zuzentarauak), M. Scheepers eta B. van Zanten egileek prestatua, Adviescentrum Stortgas 1994 eta Handreiking Methaanreductie Stortplaatsen (nederlandera, zabortegietan metano-isurpenak murrizteko jarraibide gehigarriak, [http://www.senternovem.nl/robstortplaatsen/publicaties/handreiking\\_methaanreductie.asp](http://www.senternovem.nl/robstortplaatsen/publicaties/handreiking_methaanreductie.asp)) AgentschapNL-ek egin eta 2007an argitaratua.

Metanoaren oxidazioari buruzko kapituluak Austriako eta Alemaniako bi dokumentutan oinarritzen da, nagusiki:

---

<sup>1</sup> Estekak 2015eko apiriletik aurrera daude eskuragai. Baliteke esteka horiek eskuragai ez egotea, denboraldi jakin bat igaro ondoren. Horrela izanez gero, erabili bilaketa-motorra dokumentuak edo ereduak kokatzeko.

- Gebert, J., Streese-Kleeberg, J., Melchior, S. (2011): Methanoxidation zur passiven Restgasbehandlung. Müllhandbuch Kennzahl 4383, Lieferung 1/11, Erich Schmidt-Verlag Berlin, ISSN 0176-4969.
- Österreichischer Verein für Altlastenmanagement (2008): Technischer Leitfaden Methanoxidationsschichten, 37. S., Gelbdruck , Wien, Österreich, deskargatzeko hemen eskuragai:

[http://cms.altlastenmanagement.at/documents/ak\\_tl/Leitfaden\\_Methanox%20.doc](http://cms.altlastenmanagement.at/documents/ak_tl/Leitfaden_Methanox%20.doc)  
[x](#)

Lixibiatuen infiltrazioari eta zabortegi aerobikoei buruzko informazioaren oinarria zabortegien egonkortasuna hobetzeko bideragarritasun-ikerlan bat da; hori Royal Haskoning eta IFAS-Hamburg erakundeek gauzatu zuten Dutch Sustainable Landfill Foundation fundazioarentzat. Dokumentu hori hemen deskargatu daiteke:

[http://www.sustainablelandfilling.com/webfiles/DuurzaamStortenNL/files/R00001\\_Final\\_generic\\_report.pdf](http://www.sustainablelandfilling.com/webfiles/DuurzaamStortenNL/files/R00001_Final_generic_report.pdf)

Nabarmentzekoa da zabortegi bakoitza bakarra dela eta, ondorioz, baliteke deskribatutako diseinua edo prozesuak aplikagarriak ez izatea kasu guztietan. Era berean, ez da beharrezkoa izango dokumentu honetako elementu guztiak hartzea zabortegi guztietan, edo erakunde ustiatzaile guztien aldetik. Nolanahi ere, ikuspegi horiek edo kalitate bereko zein hobeko antzeko batzuk hartzea nahikoa izan beharko litzateke zabortegi-gasen kudeaketarako jardunbide egokiak ezartzeko.

#### **Garrantzitsua:**

Zabortegi-gasen berreskurapena prozesu konplexua eta potentzialki arriskutsua da. Zabortegi batean dauden pertsona guztiek eta horren inguruko erabakietan zerikusia dutenek inplikaturako jarduerak eta hartu beharreko erabakiak guztiz ulertu behar dituzte.

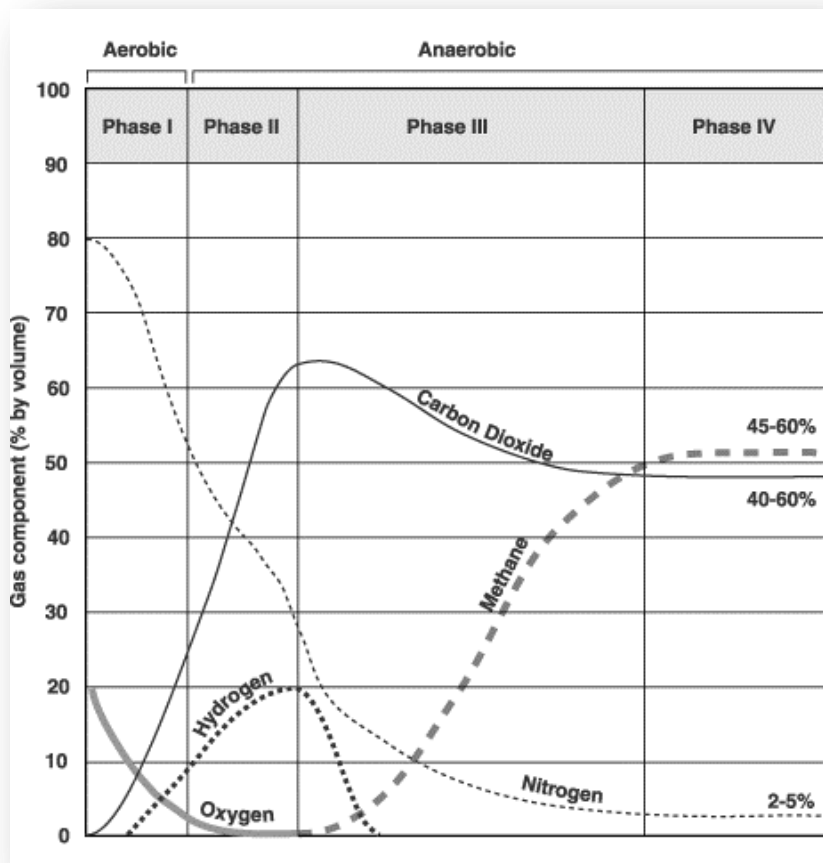
# 1

## ALDEZ AURRETIKO GOGOETAK

### 1.1 Zer dira zabortegi-gasak?

Zabortegi-gasak (LFG, ingelesezko sigletan) hondakinetan dagoen karbono organiko degradagarriaren bakterien deskonposizioaren azken produktua dira, eta metanoa ( $\text{CH}_4$ ) eta karbono-dioxidoa ( $\text{CO}_2$ ) dira osagai nagusiak. Metanoa berotegi-efektu indartsua duen gasa da, eta horren mundua berotzeko potentziala karbono-dioxidoarena ( $\text{CO}_2$ ) baino 21 - 25 aldiz handiagoa da.

Bakteriek zabortegietan utzitako hondakinetan dagoen karbono organiko degradagarria lau fasetan deskonposatzen dute. Ekoiztutako gasen konposizioa aldatu egiten da deskonposizioaren fase bakoitzean. Zabortegiek 20 eta 30 urte arteko aldian onartu ohi dituzte hondakinak; ondorioz, utzitako hondakinek deskonposizio-fase ezberdinak jasan ditzakete aldi berean. Horrek esan nahi du eremu jakin bateko hondakin zaharrenen deskonposizio-fasea beste eremu batean utzitako azken hondakinen desberdina izan daitekeela. 1.2 grafikoan, degradazio-prozesuaren etapa ezberdinak azaltzen dira.



1.2. GRAFIKOA: ZABORTEGI-GASEN EKOIZPEN-FASEAK DENBORAN ZEHAR

Prozesuaren **I. fasean**, hondakinetan dagoen oxigeno guztia kontsumitzen da, nagusiki, prozesu aerobiko mikrobianoaren bidez. Prozesu horren emaitza nagusia karbono-dioxidoaren, uraren eta beroaren sorkuntza da. Hondakinei airea emango dien eta etapa horretan kontsumitutako oxigenoa berrituko duen iturririk ez dagoen bitartean, oxigenoaren kontzentrazioa murriztu egingo da. Nitrogeno-mailak ere murriztu egiten dira; izan ere, sortutako gasek hondakinen masatik ateratzen dute.

Degradazio-prozesuaren **II. fasean**, hondakinen masan dauden baldintza aerobikoak anaerobiko bihurtzen dira; prozesu horrek honako hauen sorkuntza dakar: azido azetikoak, azetatoak, etanola, amoniakoa, karbono-dioxidoa, hidrogenoa, ura eta beroa. Prozesu

horretan sortutako hidrogenoak eta karbono-dioxidoak hondakinen masaren barneko atmosferan gelditzen den nitrogenoa garbitzen jarraitzen dute.

Degradazio-prozesuaren **III. fasean**, metanogenesi-prozesua hasten da, eta metanoa eta karbono-dioxidoa sortzen hasten da. Aldi horretan, hidrogenoak bere maila handienak lortzen ditu, bai eta oxigenoaren eskaera kimikoak eta lixibiatuen azido lurrunkorren kontzentrazio osoak ere.

**IV. fasean**, oreka-aldia lortzen da, degradazio-prozesuan. Hondakin-masan dauden baldintzek etapa eraginkorra eragiten dute; bertan, zabortegi-gasek % 45 eta % 60 arteko metanoa dute bolumenean, eta % 40 eta % 60 arteko karbono-dioxidoa. Aldi hori hainbat urtez luzatu daiteke, hondakinen masan eskuragarri dauden konposatu organiko degradagarriak gas bihurtu arte.

Hondakinetan dagoen hezetasun-edukiak zabortegi-gasen konposizioa aldatu dezake, sortu ondoren. Karbono-dioxidoa uretan metanoan baino hobe disolbatzen denez, zabortegian hezetasun-eduki handia izateak karbono-dioxidoaren disoluzioa biziagotu dezake eta, ondorioz, berreskuratutako zabortegi-gasetan kalkulaturako metano-edukia handitu. Zabortegi-gasen berreskurapen prozesuan, baliteke isurpen-masan airea sartzea (% 20 oxigenoa, eta % 80 nitrogenoa, gutxi gorabehera), berreskurapen-sisteman sortutako beheraldia-oren ondorioz. Oxigenoa deskonposizio bakteriano prozesu aerobikoetan kontsumitu eta karbono-dioxido bihurtu daiteke, nagusiki. Airearen gainontzeko karbono-dioxidoa eta nitrogenoa sortutako zabortegi-gasekin nahasten dira, gasen konposizioa aldatuz, horiek berreskurapen-sisteman neurtzen direnean.

Akats orokorra da pentsatzea elikagaietatik datozen hondakinek bakarrik sortzen dituztela zabortegi-gasak/metanoa. Merkataritzako hondakinek eta eraikuntzako eta eraispenerako hondakinen birziklapenetik datozen hondakinek paper lehorraren eta kartoiaren eduki handiak izan ditzakete. Papera zein kartoia biodegradagarriak dira zabortegian dauden baldintzetan Hondakin-mota horrek karbono biodegradagarriko kilogramo gehiago ditu hondakin-tona bakoitzeko, elikagaietatik datozen hondakinek baino; horiek hezetasun-eduki handia dute.

## 1.2 Zabortegei-gasen osagaiak

Zabortegei-gasen konposizioa aldatu egiten da zabortegeiaren balio-bizitzan zehar, degradazio-prozesuaren etapa ezberdinak igaro ahala (ikus 1.2 grafikoa: Zabortegei-gasen ekoizpen-faseak denboran zehar). Etapa ezberdinetan zabortegei-gasen konposizioari eragiten dioten faktoreak honako hauek izan ohi dira:

- Hondakinen konposizioa (zehazki, eskuragarri dagoen material organiko degradagarriaren edukia)
- Utzitako hondakinen antzintasuna
- Utzitako hondakinen dentsitatea
- Hezetasun-edukia eta horren banaketa hondakin-masan
- Azidotasuna/alkalinotasuna (pH)
- Nutrienteen eskuragarritasuna (mikrobioak elikatzeko)
- tenperatura
- Eragile toxikoen eta inhibitzaile kimikoen presentzia

Karbono organiko degradagarriaren osagai nagusia karbohidratoak dira. Karbohidratoen degradazioak antzeko metano- ( $\text{CH}_4$ ) eta karbono-dioxido ( $\text{CO}_2$ ) kopuruak sortzen ditu, gutxi gorabehera. Koipeen eta proteinen degradazioak karbono-dioxidoa baino metano gehiago sortzen du. Orokorrean, proteinen eta koipeen edukia hondakinetan baxua da. Horregatik, IPCCk % 50 metano eta % 50 karbono-dioxido ( $\text{CO}_2$ ) sortzea gomendatzen du. Zabortegei-gasek ere aztarna-osagaiak dituzte, hala nola azido organikoak eta esterrak,  $\text{H}_2\text{S}$  eta merkaptanoak (ikus 1.2.3 atala eta 1. eranskina).

### 1.2.1 Metanoa

Metanoa ( $\text{CH}_4$ ) gas usaingabea da, eta sukoia da tenperatua eta presio atmosferiko normaletan. Leherkorra da airean % 4,4 eta % 16,5 (bolumenean) arteko kontzentrazioetan, % 14,3ko oxigeno-minimoarekin 20 °C-tan, eta bar bateko presio atmosferikoarekin. Muga horiek metanoaren lehegarritasuneko behe-muga (LBM) eta lehegarritasuneko goi-muga (LGM) bezala ezagutzen dira. Nolanahi ere, kontzentrazio horiek jarraibide gisa bakarrik balio dute; izan ere, gaseko beste osagai batzuen presentziak lehegarritasun-maila aldatzen du (ikus 3.6.3 atala). Ondorioz, zabortegei-gasen sukoitasun-mugak ere aldatu egingo dira; beraz, horiek ez dira gutxietsi behar.



### 1.2.2 Karbono dioxidoa

Karbono-dioxidoa ( $\text{CO}_2$ ) gas usaingabea eta ez sukoia da; hori atmosferan aurkitzen da, % 0,04ko kontzentrazioarekin bolumenean. Halaber, giza metabolismoaren produktu normala da (adibidez), eta modu ezberdinetan jarduten du, giza funtzioetan. Kontzentrazio handietan, bihotzeko eta arnas-aparatuaren erritmoa handitzen ditu, eta organismoaren azidotasun-mailak aldatzen ditu. Mailak handiak direnean, organismoaren oxigenoa ordezkatzen du, eta asfixia eragiten du.

### 1.2.3 Aztarna-osagaiak

Zabortege-gasen osagai nagusia metanoaren eta karbono-dioxidoaren nahasketa badira ere, aztarna-osagai kopuru handia dute ere bai; horien izaera hondakin-motaren araberakoa da.

Aztarna-elementu horiek usain txarrak eragin ditzakete eta, era berean, kontuan izan behar dira, zabortege-gasak aprobetxatzearen aukera planteatzerakoan. Aztarna-osagaien kontzentrazioa modu esanguratsuan aldatzen da. Hori hondakinen konposizioaren menpe dago eta, orokorrean, murriztu egiten da, hondakinak zahartu ahala.

Zabortege-gasen osagai txikiak aldatu egingo dira, hondakinen konposizioaren, antzinatasunaren eta degradazio-mailaren arabera. Normalean, ez dute gas osoaren bolumenaren % 0,5 baino gehiago ordezkatzen. Nolanahi ere, osagai txikiak dira zabortege-gasen usain bereizgarriaren eta izaera korrosiboaren erantzuleak. Ezaugarri horiek aldatu egin dira zabortegetatik hondakin organikoen kopuru handiagoak desbideratu ahala; horrek hidrogeno-sulfuro ( $\text{H}_2\text{S}$ ) mailen gorakada dakar, adibidez, eta usainaren kontrola beharrezkoa bihurtzen da.

Azido sulfhidrikoa ere kaltegarria izan daiteke gisa osasunarentzat:

- 0,0005 ppm: usaimenaren atalasea;
- < 1,6 ppm: ez du eragin negatiborik aurkezten, 8 orduko eguneroko esposizioaren ondoren;
- < 7 ppm: ez du eragin negatiborik aurkezten, 15 minutuko eguneroko esposizioaren ondoren;
- 10–20 ppm: begien narritadura eragin dezakeen kontzentrazio-maila txikiena;
- 50–100 ppm: lesioak eragiten ditu begietan;

- 100–150 ppm: usainaren paralisia, jadanik ez da usaina hautematen;
- 320–530 ppm: biriketako enbolia eragiten du;
- 530–1000 ppm: nerbio-sistema zentralari eragiten dio, arnas-aparatuaren erritmoa handitzen du;
- 800 ppm: hilgarria populazioaren % 50entzat, 5 minutuko esposizioaren ondoren;
- 1000 ppm: konortea berehala galtzea eta arnas-gelditzea eragiten du, batzuetan, inhalazio gutxi batzuen ondoren.

Hobietan edo beste edozer eraikuntza itxian sartu aurretik, horien airea egiaztatu behar da, hidrokarburoen, hidrogeno-sulfuroaren, oxigenoaren, karbono-dioxidoaren (eta, agian, karbono-monoxidoaren) kontzentrazioak zehazteko. Hobietan eta beste eraikuntza itxietan sartzerakoan, zabortegiko langileek gasen kontzentrazio kaltegarriak jakinaraziko dizkieten monitoreak eraman behar dituzte eurekin.

Zaborte-gasek ere siloxanoak izan ditzakete. Siloxanoak ez dira toxikoak, baina arazoak sor ditzakete gasaren tratamenduan edo aprobetxamenduan. Siloxanoak gizakian sortutako konposatu organikoak dira, eta silizioa, oxigenoa eta metilo-taldeak dituzte; higie pertsonaleko produktuak, osasun-produktuak eta industria-produktuak sortzeko erabiltzen dira. Produktu horien erabilera zabaldua dela eta, siloxanoak zabortegietan utzitako hondakin solidoetan aurkitzen dira. Pisu molekular txikiko siloxanoak lurrundu egin daitezke, zaborte-gasak sortuta. Zaborte-gasak zuzitan edo aprobetxamendu-unitateetan erretzerakoan, siloxanoak silizio-dioxido ( $\text{SiO}_2$ ) bihurtzen dira; hori zuziaren barneko azalera edo, adibidez, bero-trukagailuetan zein ordeko motorretan jarri daiteke, ekipamenduetan kalte esanguratsuak eraginda.

Aztarna-osagai jakin batzuk osasun- zein segurtasun-gaietan izan ditzaketen ondorioak eta zaborte-gasek kalteak sortzeko potentzuala alde batera utzita, zenbait osagaik ere kontrol-ekipamenduetan interferitu dezakete (bereziki, analizatzaile eramangarrietan). Adibidez, normalean  $\text{H}_2\text{S}$  milioiko parteek (ppm) kontzentrazioan aurkitzen bada ere, askotan, zenbait ekipamendu eramangarrik gaizki detektatzen dute, karbono monoxido bezala. Garrantzitsua da interferentzia hori aitortzea, eta interpretatzen jakitea, emaitzak aztertzerakoan.

## 1.3 Zabortegeien eta zabortegi-gasen arazoak

Zabortegi-gasen kontrolik gabeko isurpenek hainbat arazo eragin ditzakete:

- Tokiko mailan, zabortegi-gasek usain txarrak eragin ditzakete, eta horiek lan-baldintza osasungaitzak eragin ditzakete zabortegeian, gertu bizi den populazioarekin arazoak sortuta.
- Egoera jakin batzuetan, zabortegi-gasek ere arazo larriagoak eragin ditzakete, adibidez, gasa gutxi haizatutako esparruetan pilatzerakoan, metanoaren eta karbono-dioxidoaren kontzentrazio handia eraginda. Metanoaren eta airearen nahasketek suteak eragin ditzakete, bai eta leherketak ere. Karbono-dioxidoaren kontzentrazio handiek asfixia eragiten dute. Istripu larrien adibide ugari daude zabortegeietan, zabortegi-gasen ondorioz.
- Batzuetan, gasaren kudeaketa ez eraginkorrek gas-poltsa handien sorkuntza eragiten du geomintzak dituzten estaldura-sistemetan. Gas-poltsa horiek leherketak edo ezpondak erortzea eragin ditzakete. Material geosintetikoaren erabilerak eta gasen kontrol ez oso eraginkorrek leherketak eragin ditzakete, geomintzetan txinparta-frogak egiterakoan, edo leunketa-tresnetan txinparta sortzen denean espontaneoki.
- Maila globalean, metano-isurpenek lurra berotzen laguntzen dute eta problematika horrek modu nabarmenean bultzatzen du, egun, isurpen horiek murrizteko neurriak hartzea. Kalkuluaren arabera, zabortegeietatik datorren urteko metano-isurpena  $\text{CH}_4$ ko 45 Tg-koa da, gutxi gorabehera; horrek  $\text{CO}_2$ ko baliokideetan adierazitako berotegi-efektuko gasen isurpen osoen % 3 adierazten du. Gainera, isurpenek gora egiten dute, nagusiki, munduko hainbat tokietako zabortegeietan utzitako hondakinen kopuruan behatutako gorakadaren ondorioz.
- Zabortegi-gasen sorkuntzak hondakinen bolumenaren murrizketa dakar; orokorrean, horrek, zabortegeiaren gutxikako finkapena eragiten du. Nolanahi ere, zabortegia behar bezala eraikitzen ez bada eta, adibidez, aldapetan kokatzen bada (ibarbidean eta mendi-hegalean kokatutako zabortegeiak), ezegonkorragoa izan daiteke. Kasu horretan, gas-leherketak edo hezetasun-edukiaren gorakada zehatz batek hondakin-elausoak eragin ditzakete (masako irristatzeak). Batzuetan, horiek ondorio katastrofikoak dituzte une horretan zabortegeian dauden edo horren azpiko eremu mugakidean bizi diren pertsonentzat. Hainbat kasu aipa daitezke nazioarteko mailan

eta, estatu-mailan, Coruñan kokatutako Bens-eko zabortegia da aipagarria. 1996an, horrek 200.000 m<sup>3</sup> hondakinen irristatzea jasan zuen.

- Lixibiatuen eraketa da zabortegiekin zerikusia duen beste arazo bat; izan ere, horrek zoruaren eta lurpeko uren kutsadura eragin dezake. Lixibiatuak zabortegiaren azpialdean askatzen diren likidoak dira, eta euriaren-ura hondakinen artean perkolatzen denean sortzen dira. Korrelazio argia dago prezipitazioen eta lixibiatuen ekoizpenaren artean; hala ere, horiek ere sortzen dira klima lehorretan, materia naturalean hasieran izandako hezetasuna askatzen duten hondakin organikoen deskonposizioaren ondorioz, adibidez. Lixibiatuak oso kutsatuta egon daitezke, osagai organikoekin (DBO, DQO), NKj-rekin, metal astunekin eta gatzekin, adibidez. Hainbat kutsatzailerren kontzentrazioak (gatzak izan ezik) zabortegi-gasen sorkuntzarekin erlazionatu daitezke. Gasen berreskurapen-prozesuak ez ditu aldatzen lixibiatuen kopurua eta kontzentrazioa. Nolanahi ere, garrantzitsua da gida-dokumentu honetan lixibiatuen ekoizpena nabarmentzea, zabortegi-gasen sorkuntza suspertzeko duen potentziala dela eta, lixibiatuen birzirkulazioaren ondorioz (ikus 5.1 atala).

## 1.4 EBren legeria

Zabortegi-gasen kontrolaren inguruko Europar Batasunaren lege-esparrua hondakinen isurpenari buruzko 1999ko apirilaren 26ko Kontseiluaren 1999/31/CE Zuzentarauan ezartzen da. Zuzentaru hori **ez da zuzenean loteslea** erakunde ustiatzaileentzat. Estatu kideei eta agintari eskudunei zuzendutako gida da eta, bertan, zabortegi baten baimenean sartu beharreko aspektuak jasotzen dira. (16) kontuan hartuzkoa interesgarria da, zabortegi-gasen kontrolari dagokionez: «Kontuan hartuz zabortegietako metano-gasaren ekoizpena murrizteko neurriak hartu beharko liratekeela, besteak beste, berotze globala murrizteko, hondakin biodegradagarrien isurpenaren mugaketaren eta zabortegi-gasen kontrolari buruzko baldintzen ezarpenaren bidez;».

1. artikulua 1999/31/CE Zuzentaruaren helburu nagusia argitzen du: «75/442/CEE Zuzentaruaren baldintzak eta, zehazki, 3. eta 4. artikuluen baldintzak betetzeko Zuzentaru honen helburua da, hondakinei eta isurketei buruzko betekizun tekniko eta operatibo zorrotzen bidez, hainbat neurri, prozedura eta jarraibide ezartzea, zabortegiaren bizi-ziklo osoan zehar hondakinak isurtzeak ingurumenean izan dezakeen eragin negatiboa ekiditeko

edo, ahal den neurrian, murrizteko, besteak beste, gainazaleko eta lurpeko uren, lurzoruaren, airearen eta ingurumenaren kutsadura, berotegi-efektua, eta gizakion osasuna arriskuan jar dezakeen egoera oro.»

7. (Baimenaren eskaera), 8. (Baimenaren baldintzak) eta 9. (Baimenaren edukia) artikuluek zabortegi baten baimenak ustiapen-, zaintza- eta kontrol-prozesuren inguruan sartu behar dituen datuak ezartzen dituzte, bai eta gasen kontrola ere (hori leundu beharreko ingurumen-efektuetako bat da).

Itxiera-prozedurari eta itxieraren ondoko mantentzeari buruzko 13. artikulua d) hizkiak honako hau eskatzen du: «Ingurumeneko organoak zabortegia ingurumenerako arriskua izan daitekeela uste duen bitartean, eta hondakinak dituenaren erantzukizun zibilaren inguruko erkidegoko zein estatuko legeria kaltetu gabe, erakunde ustiatzailea zabortegiko gasen eta lixibiatuen zaintzaren eta analisiaren arduraduna izango da, bai eta inguruko lurpeko uren erregimenarena ere, III. Eranskinean ezarritakoaren arabera.»

I. Eranskinaren 4. Sekzioak zabortegi-gasen kontrolerako baldintza espezifikoak ezartzen ditu. Gasen kontrola:

- 4.1. Zabortegi-gasen pilaketa eta isurpena kontrolatzeko neurri egokiak hartuko dira (III. Eranskina).
- 4.2. Hondakin biodegradagarriak jasotzen dituzten zabortegi guztietan, zabortegi-gasak jaso, tratatu eta erabili egingo dira. Jasotako gasa ezin bada energia sortzeko erabili, erre egin beharko da.
- 4.3. 4. Sekzioaren 2. atalaren arabera, zabortegi-gasen bilketa, tratamendua eta erabilera ingurumenarekiko kaltea edo narriadura eta giza osasunarekiko arriskua ahal bezain beste murrizteko moduan gauzatuko da.

1999/31/CE Zuzentarauaren III. Eranskinak zabortegi-gasen zaintza- eta kontrol-baldintzak jasotzen ditu (Kontrol- eta zaintza-prozedurak ustiapeneko eta itxieraren ondoko mantentze-faseetan).

Europako Batzordeak orientazio-dokumentu ez loteslea prestatu du, zabortegi-gasen kontrolerako

(<http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/guidance%20on%20landfill%20gas.pdf>).

Horren helburuak honako hauek dira:

- Agintari eskudunei metanoaren bilketa hobetzen laguntzea, hondakinen isurpenari buruzko Zuzentarauaren baldintzen betearazpenaren bidez;
- Zabortegi-gasen kontrol-baldintzak argitzea, hondakinen isurpenari buruzko Zuzentarauaren baldintza teknikoen eta araudi-baldintzen esparruan;
- Zabortegi-gasen bilketa, tratamendu eta erabilera eraginkorra bermatuko dituzten irizpide nagusiak ezartzea.

Zabortegi-gasen kontrolari buruzko EBren orientazio-dokumentua Estatu kideekin kontsultatu da, eta onartu egin da, 2013ko abenduaren 17an egindako Egokitzapeneko Batzorde Teknikoaren bileraren ondoren.

## 1.5 Euskal Autonomia Erkidegoko araudia

Euskal Autonomia Erkidegoan egun indarrean dagoen araudiak, hau da, zabortegian uztearen eta betegarrien gauzapearen bidezko hondakinen deuseztapena arautzen duen otsailaren 24ko 49/2009 Dekretuak honako hau aipatzen du:

- Eranskina, 4. Sekzioa (Gasen kontrola): Erakunde ustiatzaileak zabortegi-gasen pilaketa eta isurpena kontrolatzeko neurri egokiak hartuko dituela adierazten duen aipamen laburra.
- IV. Eranskina (Kontrol- eta zaintza-prozedura, ustiapeneko eta itxiera ondoko mantentze-faseetan): Gas-isurpen parametroak (presio atmosferikoa, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>) hileru (ustiapen-fasea) eta sei hilean behin (itxiera ondoko mantentze-fasea) zaindu behar dira.

Nolanahi ere, 49/2009 Dekretuak ez du artikuluko xehaturik, zabortegi-gasen kontrolaren inguruan. Kontuan hartuz hondakinen isurpenaren inguruko 1999ko apirilaren 26ko Kontseiluaren 1999/31/CE Zuzentaruak; 1999/31/CE Zuzentarauaren 16. Artikuluaren eta II. Eranskinaren arabera, zabortegietan hondakinak onartzeko irizpideak eta prozedurak ezartzen dituen 2002ko abenduaren 19ko Kontseiluaren 2003/33/CE Erabakia, eta zabortegi-gasen kontrolari buruzko EBren orientazio-dokumentua, zabortegi-gasen kontrol- eta zaintza-neurriei buruzko baldintza generikoak honela deskribatu daitezke.

### Zabortegei-gasen kontrol-neurriak

- Ingurumen-organoak zenbait baldintza sartzen ditu baimenean; horiek honako hau inplikatzeko dute:
  - Sortutako zabortegei-gasak berreskuratze eta tratatzeko neurri egokien aplikazioa, isurpenen hasieratik.
  - Berreskuratzen diren zabortegei-gasen aprobetxamendua edo oxidazioa.
  - Gasen berreskurapen-prozesuaren eraginkortasunaren zein konposizioaren hileko kontrola, ingurumen-organoak kontrakoa esan ezean.
- Sortutako zabortegei-gasak oxidatzea hautatzen denean, erakunde ustiatzaileak ahal duen guztia egin beharko du, oxidazio-prozesuan ahalik eta eraginkortasun handiena lortzeko.
- Oxidazio-eraginkortasun maximoa ezin da aplikatu urtean 400 orduetik behera (edo denbora osoaren % 5, urtebeteko aldia planteatzen bada) eskusiboki erabiltzen diren zuzietan, mantentze-lanetan eta kontrol-neurrien hutsegitearen kasuan, lehen puntuan deskribatu bezala.
- Aurrekoa ez da aplikagarria, onartutako hondakin-motan oinarrituta, erakunde ustiatzaileak ingurumen-organoari frogatu badiezaioke, zabortegean, gas-kopuru kaskarrak soilik sortuko direla, eta aipatutako zabortegei-gasen kontrol-neurrien aplikaziotik ondorioztatutako ingurumen-onurak mugatuak direla.

### Zabortegei-gasen zaintza

- Ingurumen-organoak ziurtatu behar du, emandako baimenean, eskatutako zabortegei-gasen kontrol-neurriak argi zehazten direla, lehen puntuan ezarritakoaren arabera. Horiek honako hau hartzen dute barne:
  - Berreskuratze-sistemaren funtzionamendu-orduen neurketa.
  - Metanoaren, karbono-dioxidoaren eta oxigenoaren emari bolumetrikoren, tenperaturaren, presioaren eta kontzentrazioen neurketa, berreskuratze-sistemaren sarreran eta irteeran.
  - Metanoaren, karbono-dioxidoaren eta oxigenoaren presioaren zein kontzentrazioen neurketa, gas-hobi guztietan, banan-banan.
- Ingurumen-organoak erabaki dezake, lehen puntuan ezarritakoaren arabera eskatutako zabortegei-gasen kontrol-neurriak aldizkakotasun txikiagoarekin aplikatzea, kontrol-parametroen ebaluazioak adierazten badu tarte luzeagoetan aplikatzeak eraginkortasun bera duela.

- Zabortegei-gasen aprobetxamendua gauzatzea aurreikusiz gero, ingurumen-organoak sistema horren errendimendu optimoa bermatzeko beharrezko kontrol-metodo gehigarriak sartuko ditu baimenean.
- Aldiz, zabortegei-gasak zuzian errez gero, ingurumen-organoak baimenean sartuko du urtero ihes-gasen kontrola gauzatzeko beharra, zuziaren suntsipenaren eraginkortasuna egiaztatzeko helburuarekin.
- Ingurumen-organoak baimenean sartuko du urtero berreskuratze-sistemaren sarreran zabortegei-gasen laginak hartzeko baldintza, horiek aztertzeko eta konposatu kloratuen, fluoratuen eta sulfurikoen presentzia ikusteko.

## 2 PLANGINTZA FASEA

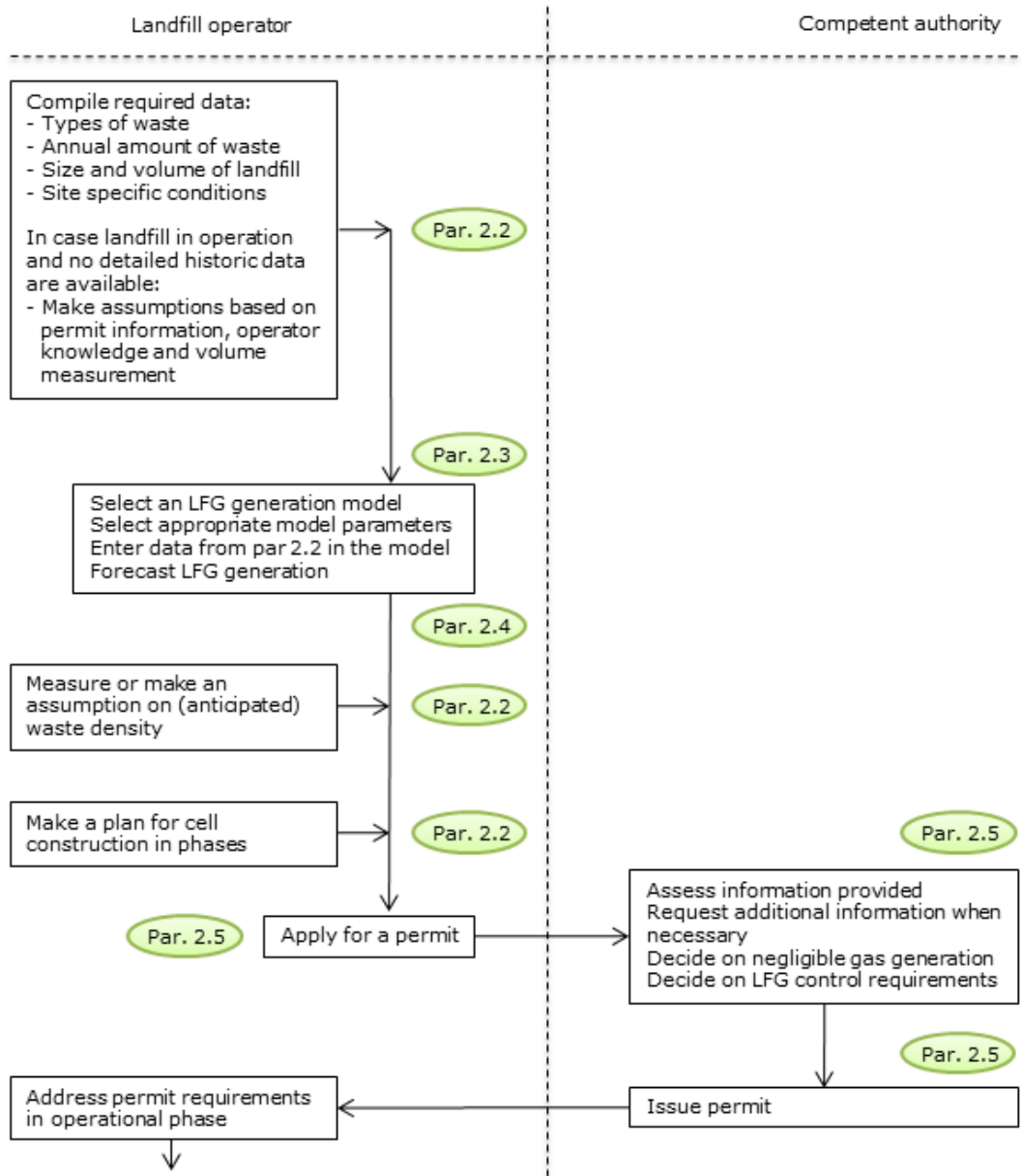
### 2.1 Ekintzak

- Erakunde ustiatzaileak hurrengo informazioa jasotzen du: utzi beharreko hondakin-motak, urteko hondakin-kopurua, zabortegeiaren dimentsioak eta bolumena eta baldintza espezifikoak (2.2. atala).
- Erakunde ustiatzaileak konpaktazioaren eta gelaren eraikuntza-fasearen aurreikuspenaren ondoren aurreikusitako hondakinen dentsitatea jakinarazten du (2.2. atala).
- Erakunde ustiatzaileak sortuko diren zabortegei-gasen estimazioa egiten du (2.3 eta 2.4 atalak).
- Erakunde ustiatzaileak baimena eskatzen du ( 2.5).
- Ingurumen-organoak erabakitzen du beharrezkoa den ala ez zabortegei-gasen kontrol-neurriak ezartzea (2.5 atala).
- Ingurumen-organoak ematen du baimena ( 2.5).

2.1. grafikoak fluxu-diagrama adierazten du; bertan, plangintza-faseko zabortegei-gasen kontrolari buruzko ekintzak eta ardurak deskribatzen dira.



2.1. Grafikoa: Plangintza-faseko zaborte-gasen kontrolari buruzko ekintzen eta arduren fluxu-diagrama



## 2.2 Beharrezko datuak

Hondakin biodegradagarriak onartzen dituzten zaborte-giek sortutako zaborte-gasak biltzeko betebeharra dute, erakunde ustiatzaileak ingurumen-organoari beharrezkoa ez dela frogatu ezean. Horretarako, zaborte-gian onartutako hondakinen tipologiak zaborte-gasen kopuru kaskarra ekoiztuko dituela edo kontrol-neurrien aplikazioa ez dela ekonomikoki bideragarria

izango frogatu behar da (6. kapitulua). Nabarmentzekoa da zabortegei guztiek jaso ditzaketela hondakin biodegradagarriak, industria-hondakin ez arriskutsuen zabortegeiak barne. Etxeko elikagai-hondakinak eta organikoak ez dira, beraz, hondakin biodegradagarri bakarrak. Merkataritzako hondakinetan edo eraikuntzako eta eraispenerako hondakinetan dauden papera eta kartoia ere zabortegei-gasak sortzeko iturri garrantzitsua izan daitezke.

Europar Kontseiluaren 2003/33/CE Erabakiak, 2002ko abenduaren 19koak, 1999/31/CEE Zuzentarauaren 16. artikuluari eta II. eranskinari jarraituz, zabortegeietan hondakinak onartzeko irizpide eta prozedurak ezartzen dituenak hondakinak sailkatzeko eta onartzeko prozedura uniforme batzuk ezartzen ditu.. Hondakinak Onartzeko Irizpideen arabera, onartutako hondakinetan ezarritako mugak direla eta, ez da espero hondakin geldoen zabortegeiek, hondakin arriskutsuen zabortegeiek eta errektiboak ez diren hondakin arriskutsu egonkorak hartzen dituzten zabortegeiek (edo gelek) metanoz eta karbono-dioxidoz osatutako zabortegei-gasen kopuru esanguratsuak sortzea. Zabortegei-mota horretan, onarpen mugabaloreak karbono organiko osoaren % 3 eta % 6 artean daude. Ondorioz, hondakin-mota horiek soilik onartzen dituzten zabortegeiek baimenean sartu nahi dituzten hondakinak-motak adierazi behar dituzte bakarrik plangintza-fasean eta, gida-dokumentu honen arabera, kasu horietan, ez dago zabortegei-gasen inolako kontrolik ezarri behar.

Metanoaren sorkuntza-tasa ez du hondakinen izaerak soilik erabakitzen, horien kopuruak ere erabakitzen du. Beraz, hondakinen urteko kopuruari buruzko informazioa, zabortegeiaren dimentsioak eta bolumena garrantzi bera duten faktoreak dira, sortuko den metanoari eta sortutako gasen kontrol-neurriak ezartzeko edo ez ezartzeko beharrari buruzko ebaluazioa egiterakoan.

Zabortegei-gasak biltzeko beharra oso argi geldituko da hondakin ez arriskutsuen zabortegei gehienetan, horiek onartzen dituzten hondakin biodegradagarrien motak eta kopuruak direla eta. Nolanahi ere, baliteke zenbait zabortegeitan, onartzen dituzten hondakinen izaera edo horien ezaugarri fisikoak direla eta (oso sakonak ez diren edo txikiegiak diren zabortegeiak), gas-kopuru handiagoak sortzen edo sortuko dituzten argi ez egotea. Aipatutako zabortegeiek ingurumen-organoari frogatu beharko diote ez dela beharrezkoa sortutako zabortegei-gasak biltzea. Horretarako, ezinbestekoa izango da sortuko diren gasen kopuruaren estimazioa edo modelizazioa egitea. Hurrengo ataletan, nola gauzatu zehazten da. Aipatutako estimazioak

barne har dezake isurpenak murrizteko neurrien bideragarritasun ekonomikoaren kalkulua ere. 6. kapituluaren kalkulua hori nola egin deskribatzen da.

Era berean, baliteke urtero utzitako hondakin-motari eta kopuruari buruzko datu historikoak ez dituzten zabortegeiak egotea, edo dituzten datuak oso eskasak edo ez fidagarriak izatea. Kasu horietan, baimenean edo baimenetan sartutako hondakin-motetan oinarritu behar da estimazioa, edota erakunde ustiatzailearen ezagutzan; askotan, horrek hondakin-kategoria bat edo gehiago hautatzea inplikatu du. Utzitako hondakin-kopurua egungo zabortegearen bolumenaren neurketaren bidez estimatu behar da; hau da, egungo altueraren eta perimetroaren eta hondakinen isurpena hasi aurreko altueraren eta perimetroaren arteko aldea. Jarraian, konpaktazioaren dentsitatea estimatu beharko da, hautatutako hondakin-kategoria ezberdinen arabera. Informazio hori ez badago, hondakinak urteko tasa egonkorra jarraituz utzi zirela, eta horiek konposizio bera zutela pentsatuko da.

Garrantzitsua da ingurumen-organismoari zabortegeia fasez fase nola eraikitzen den frogatzea. 3.2.1 atalean azalduko den bezala, zabortegeietako metano-isurpen globalak ahal bezain beste murrizteko, zabortegeiko gela bakoitzeko isurpen-eragiketak amaitu behar dira ahal bezain azkar, eta zabortege-gasen berreskurapena hasi berehala, ahal bezain laster. Zabortegeiko gelaren dimentsioak urtero onartutako hondakinen kopurura egokitu behar dira. Hondakin biodegradagarrien kasuan, hobe da gelek onartutako bolumena ez gainditzea, bi eta lau urte arteko aldian.

## 2.3 Zabortege-gasen sorkuntza

### 2.3.1 Zabortege-gasen sorkuntza-potentziala

Zabortegei batean dagoen material organikoa jatorriz berez sortzen diren hondakinetatik lortzen da; adibidez, etxeko hondakin organikoak, organiko industrialak, lorezaintzakoak eta inausketakoak, egurrarenak eta ehunezko materialenak. Beraz, korrelazioa dago sortutako zabortege-gasen kopuruaren eta hondakinetan dagoen material organikoaren kopuruaren artean. 2.1 taulak Europako hondakinetan dauden karbono organikoaren kopuruaren laburpena azaltzen du, berotegi-efektuko gasen inbentario nazionalerako 2006ko IPCCren Zuzendaruaren 3. kapituluaren arabera. Hondakin solidoen deuseztapena (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>)

**2.1. TAULA:** EUROPAKO HAINBAT ESKUALDETAKO HONDAKINETAN DAGOEN KARBONO ORGANIKOAREN EDUKIA (HONDAKIN HEZEAREN KG/KG-TAN. BALORE-TARTEA KORTXETEEN ARTEAN), IPCCREN ARABERA

	Iparraldeko Europa	Ekialdeko Europa	Hegoaldeko Europa	Mendebaldeko Europa
<b>Elikagaien hondakinak</b>	0,15 (0,08-0,20)	0,15 (0,08-0,20)	0,15 (0,08-0,20)	0,15 (0,08-0,20)
<b>Lorategia</b>	0,20 (0,18-0,22)	0,20 (0,18-0,22)	0,20 (0,18-0,22)	0,20 (0,18-0,22)
<b>Papera</b>	0,40 (0,36-0,45)	0,40 (0,36-0,45)	0,40 (0,36-0,45)	0,40 (0,36-0,45)
<b>Zura eta lastoa</b>	0,43 (0,39-0,46)	0,43 (0,39-0,46)	0,43 (0,39-0,46)	0,43 (0,39-0,46)
<b>Ehunak</b>	0,24 (0,20-0,40)	0,24 (0,20-0,40)	0,24 (0,20-0,40)	0,24 (0,20-0,40)
<b>Behin erabiltzeko pixoihalak</b>	0,24 (0,18-0,32)	0,24 (0,18-0,32)	0,24 (0,18-0,32)	0,24 (0,18-0,32)
<b>HHS</b>	0,21 (0,12-0,28)	0,18 (0,12-0,28)	0,17 (0,12-0,28)	0,19 (0,12-0,28)
<b>Arazketako lohiak</b>	0,05 (0,04-0,05)	0,05 (0,04-0,05)	0,05 (0,04-0,05)	0,05 (0,04-0,05)
<b>Hondakin industrialak</b>	0,15 (0-0,54)	0,15 (0-0,54)	0,15 (0-0,54)	0,15 (0-0,54)

Praktikan, material organiko guztia ez da zabortegi-gasa bihurtzen. Material organikoaren zati bat ez da baldintza anaerobikoetan degradatzen. Material organikoaren beste zati bat ez da degradatzen, hondakinen baldintza espezifikoek horren degradazioa saihesten dutelako, adibidez, hondakinak lehorregiak daudelako, edo bihurketa biologikoa inhibituta egiten delako, tokian dagoen gatzaren edo azidoen kontzentrazio handiaren ondorioz. Hondakinen zabortegi-gasen sorkuntza-potentzialaren kalkuluan (hondakin-tona bakoitzeko sortutako zabortegi-gasen kopurua), material biogenikoaren zer frakzio baldintza anaerobikoetan degradatzen den deskribatzen duen desasimilazio-faktorea sartzen da. Herrialde batetarako datu espezifikorik ez badago, IPCC ereduak 0,5eko faktorea iradokitzen du.

Zabortegi-gasen sorkuntzak baldintza anaerobiko zorrotzak behar ditu. Oxigeno-aztarnen presentziak zabortegi-gasen sorkuntza inhibitzen du dagoeneko. Oxigeno-kontzentrazioa handiagoa bada, material biogenikoa karbono-dioxido bihurtu daiteke zuzenean, konpostajearekin konparatu daitekeen prozesuaren bidez. Konpaktazio-prozesu sistematikoa garatu gabe eta gelen edo eremuen arabera aldi baterako estaldurak egin gabe ustiatzen den zabortegi horietan, baliteke zabortegiaren goialdean baldintza anaerobikoak ez lortzea. Hondakinen zabortegi-gasen sorkuntza-potentzialaren kalkuluan, metanoaren zuzenketa-faktoreak gasa sortzeko zer baldintza anaerobiko diren nahikoak definitzen du.

**2.2. TAULA:** ZABORTEGI-MOTA EZBERDINETARAKO METANOAREN ZUZENKETA-FAKTOREAK, IPCCREN ARABERA

Kontrolatua - anaerobikoa	1,0
Ez kontrolatua - sakona (> 5 m) edo geruza freatiko handia	0,8
Ez kontrolatua - ez oso sakona (< 5 m)	0,4
Kategorizatu gabea	0,6

Azken finean, zabortegi-gasen sorkuntza potentziala (hainbat urtetan sortutakoak) honako honetatik abiatuta kalkulatu daiteke:

$$\text{Zabortegi-gasak}_0 = 1,87 * \text{KOD} * \text{KODf} * \text{MZF}$$

Formula honetan:

- Zabortegi-gasak<sub>0</sub> zabortegi-gasak sortzeko potentziala da
- Ekuazio honen 1,87 faktorea karbono biogeniko biodegradatuaren kg bakoitzeko sortutako zabortegi-gasen kopurua da (m<sup>3</sup>-etan).
- KOD karbono biogenikoaren kopurua da kg-tan.
- KODf desasimilazio-faktorea da.
- MZF metanoaren zuzenketa-faktorea da.

### 2.3.2 Zer erritmoarekin sortzen dira zabortegi-gasak?

Material biogenikoak gas bihurtzeko abiadura eta magnitudea faktore jakin batzuen menpe daude. Faktore garrantzitsuenetako bi klima (giro-tenperatura eta prezipitazioa) eta hondakinen konposizioa dira.

- Orokorrean, hondakinen degradazioa azkarrago gertatzen da klima bero eta hezeenetan. Hotz samarrak diren klimetan, adibidez, Europako iparraldeko herrialdeetan, eta klima lehorretan (urteko lurrunketa-potentziala baino urteko prezipitazio baxuagoa duten eskualdeak), hondakinen degradazio-abiadura murrizten da.
- Era berean, elikagaien hondakinak zura edo ehunen hondakinak baino azkarrago degradatzen dira, normalean. Orokorrean, hondakinetan dauden material

biogenikoak hiru degradagarritasun-motatan banatzen dira, 2.3 taulan adierazi bezala.

Askotan, zabortegi-gasen sorkuntza lehen ordenako prozesua bezala deskribatzen da, biodegradazioko batez besteko bizitza (urteetan) ezaugarri duela. Gas-sorkuntza bere maximora iristea espero da, 4 eta 12 hilabete arteko atzerapen-aldiarekin, hondakinen isurpenaren ondoren eta, jarraian, % 50era murriztea, batez besteko bizitza gainditu ondoren. Lehen ordenako deskonposizio-ereduan, hondakinen degradagarritasuna  $k$  bezala adierazten da matematikoki, biodegradagarritasunaren tasa egonkorra.  $K$  biodegradazioaren batez besteko bizitzarekin ( $t_{1/2}$ ) erlazionatzen da, ekuazio honen bidez:

$$k = \ln(2)/t_{1/2} = 0,7/t_{1/2}$$

Beraz,  $0,1 \text{ urteko}^{-1}$   $k$  baloreak 7 urteko batez besteko bizitza inplikatzeko du. 2.3 taulan, hondakin gordinetan,  $k$  baloreak adierazten dira, IPCCren gomendioen arabera, klima-eskualde ezberdinetarako.

Zabortegi-gasen zenbait sorkuntza-ereduk beste urrats bat ematen dute, eta batez besteko bizitza-denbora independenteak erabiltzen dituzte abiadura azkarrean, moderatuan edo mantsoan degradatzen diren hondakinetarako, 2.3 taulan adierazi bezala. Eredu-mota horiek etapa aniztuneko ereduak deitzen dira askotan. Etapa aniztuneko ereduak lehen ordenako deskonposizio-eredu sinpleek baino emaitza zehatzagoak ematen dituztela dirudi. Nolanahi ere, ez dago euren emaitza fidagarriagoa izango denaren arrazoi mekanizistik, ezta froga enpirikorik ere ez. IPCCren arabera, bi ikuspegiak baliokide bezala ikusi behar dira, batez ere, utzitako hondakinen kopuruari eta konposizioari buruzko informazioaren kalitatea mugatua denean.

**2.3. TAULA: HONDAKINEN DEGRADAGARRITASUNA (K-REN BALOREAN URTEETAN-1) KLIMA EZBERDINETAN, IPCCREN ARABERA**

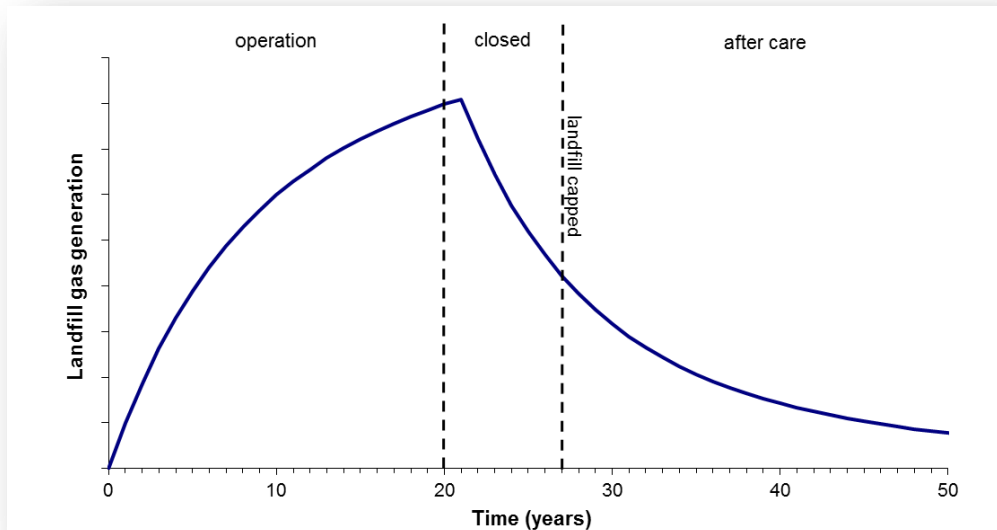
fasea	materialak	boreal lehorra eta epela	boreal hezea eta epela	tropikal lehorra	tropikal hezea
	Hondakin gordinak	0,05 (0,04-0,06)	0,09 (0,08-0,1)	0,065 (0,05-0,08)	0,17 (0,15-0,2)
azkarra	elikagaiak eta arazketa-lohiak	0,06 (0,05-0,08)	0,185 (0,1-0,2)	0,085 (0,07-0,1)	0,4 (0,17-0,7)
moderatua	Beste material ustelkor batzuk (elikagaiak ez direnak). Lorategietako eta parkeetako hondakinak	0,05 (0,04-0,06)	0,1 (0,06-0,1)	0,065 (0,05-0,08)	0,17 (0,15-0,2)
motela	papera, ehunak, zura eta lastoa	0,04 (0,03-0,05) 0,02 (0,01-0,03)	0,06 (0,05-0,07) 0,03 (0,02-0,04)	0,045 (0,04-0,06) (0,02-0,04)	0,07 (0,06-0,085) 0,025 (0,03-0,05)

2.3. taulako oharrak:

- «Boreal lehorra eta epela» adierazpenak esan nahi du urteko prezipitazioa ebapotranspirazioaren potentziala baino txikiagoa dela. «Boreal lehorra eta epela» adierazpenak esan nahi du urteko prezipitazioa ebapotranspirazioaren potentziala baino txikiagoa dela.
- «Tropikal lehorra» adierazpenak esan nahi du urteko prezipitazioa 1000 mm baino txikiagoa dela. «Tropikal lehorra» adierazpenak esan nahi du urteko prezipitazioa 1000 mm baino txikiagoa dela.
- Boreala eta epela adierazpenek esan nahi dute urteko tenperatura 20 °C baino gutxiagokoa dela. Tropikala adierazpenak esan nahi du urteko batez besteko tenperaturak 20 °C baino gutxiagokoa dela.

Hondakinen isurpenean, sortutako gas-kopurua handitu egiten da utzitako hondakinen kopuruarekin. Zabortegea ixten denean, ekoiztutako gas-kopurua gutxika murrizten da, denbora igaro ahala (ikus 2.2 grafikoa).

**2.2. Grafikoa:** Zabortegei-gasen sorkuntza denboran zehar (adibidearen kalkulua). Askotan, zabortegei-gasen sorkuntza denboran zehar 20 urteak gaintzen ditu. Itxieraren eta behin betiko zigilatzearen artean igarotzen den denbora aldatu egiten da zabortegei bakoitzean, eta kasu bakoitzaren baldintza espezifikoaren menpe dago.



### 2.3.3 Zabortegei-gasen bolumen-sorkuntza kalkulatzeko ereduak

Sortutako zabortegei-gasen kopurua orain arte aipatutako informazioa konbinatuz kalkulatu daiteke. Zabortegei-gasen sorkuntza-potentzialak denboran zehar ekoiztutako gas-kopuru osoa ematen du, eta lehen ordenako deskonposizioak aipatutako potentzialak garatzeko duen azkartasuna deskribatzen du. Egun existitzen diren zabortegeiek hainbat urtez utzitako hondakinak gordetzen dituzte; horiek gasen sorkuntza kalkulatzeko zailtzen dute. Ohiko ikuspegia hondakinek urtero sortutako zabortegei-gasaren kopurua kalkulatzeko da eta, ondoren, urte bakoitzeko ekarpena gehitzea, gasaren ekoizpen osoan. Horrela, adibidez, zabortegei bat 2000. urtetik egon bada martxan, eta 2015ean sortutako gas-kopurua kalkulatu nahi bada, 2015ean 2000. urtean utzitako hondakinek zabortegeian sortutako gas-kopurua kalkulatu da eta, jarraian, 2001ean utzitako hondakinek sortutako gas-kopurua kalkulatu da, etab. Azkenik, urte bakoitzeko ekarpena gehitzen da.

Kalkulu hori nahiko neketsua da eta, egun, zabortegei-gasen sorkuntzan aplikatutako eredu konputazionaleri esker da egingarria. Askotan, eredu horiek kalkulu-orri batean oinarritzen



dira, eta hondakinen kopurua eta konposizioa erabiltzen dituzte urteetan zehar, sarrera-parametro gisa. Ondorioz, urteak pasatu ahala sortuko den zabortegei-gasen edo metanoaren estimazioa lortzen da.

Zabortegei-gasen/metanoaren isurpenak kuantifikatzeko, eredu ezberdinak garatu dira. Metano-isurpenak zehazteko, honako formula hau erabiltzen da:

$$\text{metano-isurpenak} = (\text{sortutako metanoa} - \text{berreskuratutako metanoa}) \times (1 - \text{oxidazio-ehunekoa})$$

Formula horretan (ikus 3.8 atala), oxidazioa estaldura-geruza batean oxidatzen den metano-ehunekoa bezala adierazten da. Eredu guztiak sortuko diren zabortegei-gasen kalkulutik abiatzen dira.

Kutsatzaileen Isurpenen eta Transferentziaren Europako Erregistroaren ezarpenari buruzko gida-dokumentuak (<http://prtr.ec.europa.eu/pgDownloadGuidance.aspx>) proposatzen du existitzen diren sei eredueta bat erabiltzea, zabortegei-gasen isurpenak kalkulatzeko: TNO lehen ordenako eredu, AFVALZORGen etapa aniztuneko eredu zabortegei-gasen sorkuntza eta isurpenak estimatzeko, GasSim etapa aniztuneko eredu, GasSim eredu (LandGEM), Frantziako EPER eredu eta Estatu Batuetako Ingurumen Babeserako Agentziak garatutako LandGEM eredu. Jarraian, linean erraz eskura daitezkeen zenbait eredu aipatzen dira:

- **IPCC eredu** nazioarteko aditu-taldeak garatu du, eta berotegi-efektuko isurpenen informazio uniforme eta konparagarria eman nahi dio Klima Aldaketaren inguruko Nazio Batuen Esparru Hitzarmenari, agintari nazionaleri herrialde bateko zabortegei guztietatik datozen metano-isurpenak kuantifikatzeari buruzko orientazioa eskainita. Eredu hori askotan erabiltzen da banakako zabortegeietan; nolahi ere, IPCCk ez zuen horretarako sortu. Doako softwarea bezala dago eskuragarri, eta IPCCren webgunetik deskargatu daiteke. IPCC ereduak lau klima-eskualde ditu kontuan: boreal hezea edo epela; boreal lehorra edo epela; tropikal hezea eta tropikal lehorra. Hautatutako klima-baldintzek hautatutako k baloreari eragiten diote, baina ez

desasimilazioari. IPCC ereduak hemen aurkitu daitezke:

[http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5\\_Volume5/IPCC\\_Waste\\_Model.xls](http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/IPCC_Waste_Model.xls)

- **Zabortege-gasen sorkuntza eta isurpena kalkulatzeko AFVALZORG etapa aniztuneko ereduak** zabortegeien ustiatzaile den Holandako AFVALZORG enpresak garatu du. 70eko hamarkadatik, Afvalzorg enpresak hiri-hondakin solidoen oso kopuru txikia utzi du bere zabortegeetan. Nolanahi ere, orain arte eskuragarri izandako eredu guztiak hiri-hondakin solidoetan oinarrituta daude eta, ondorioz, Afvalzorg-en zabortegeetan ekoizten den metanoaren sorkuntza gehiegi estimatzen dute. Horregatik, Afvalzorg-ek HHSz gain beste hondakin-mota batzuk kontuan izango zituen ereduak garatzeko beharrak ikusi zuen. Eredu hori Afvalzorg-en hiru zabortegeetan balioetsi da. «Karbono organikoaren kopuru txikiak» dituzten zabortegeietarako bere egokitasuna dela eta, Herbehereek eta Danimarkak (herrialde horietan debekatuta dago hondakin biodegradagarriak uztea) zabortegeetan eredu hori erabiltzea gomendatu dute. Eredu hori doako softwarea bezala lor daitezke hemen: [http://afvalzorg.nl/EN/Landfill-sites/Emissions-management/Methane-emissions/Download\\_MLGGR\\_Model.aspx](http://afvalzorg.nl/EN/Landfill-sites/Emissions-management/Methane-emissions/Download_MLGGR_Model.aspx).
- **GasSim Lite**, GOLDER ASSOCIATES enpresak Ingalaterrako eta Galeseko Ingurumen Agentziarentzat garatutako ereduak. Oraingoz (2010eko martxoa), GasSim 2.1 da azken bertsioa, eta eskuragarri dago merkatuan. Nolanahi ere, 1.5 bertsio sinplifikatua eskuratu daitezke doan; hori erakunde ustiatzaileek kutsaduraren inguruko euren inbentarioa egiten laguntzeko dago diseinatuta. GasSim Erresuma Batuko hondakinei buruzko estatistiketan oinarritzen da. GasSim ereduak hemen deskargatu daitezke: <http://www.gassim.co.uk/download.htm>
- **LandGEM** Estatu Batuetako Ingurumen Babes Agentziak garatutako eta publikoaren zerbitzura jarritako ereduak da. Lehen ordenako deskonposizio-ereduak da, k-ren berezko balio ezberdinekin, eskualde lehorrenetarako eta hezeenetarako. Azken bertsioa 2005eko maiatzeko 3.02 da. Ereduak hemen lor daitezke: <http://www.epa.gov/ttn/catc/products.html#software> softwarean (exekutagarriak eta eskuliburuak).
- **Zabortege-gasen sorkuntza eta isurpenak kalkulatzeko AFVALZORGen eredu sinplea** lehen ordenako deskonposizio-eredu sinplea da, eta IPCCren berezko

baloreetan, parametroetan eta oinarri matematikoan oinarritzen da. Eredu hori jarduerari buruzko datu historiko zehatzak ez dituzten zabortegietan eta zabortegi-gelatan aplikatu daiteke (hondakin-masa eta karbono-edukia). Informazio gehiago lortu nahi izanez gero, kontsultatu ereduak barne hartzen duen eskuliburua. Eredu hori doako softwarea bezala lor daiteke hemen: <http://afvalzorg.nl/EN/Landfill-sites/Emissions-management/Methane-emissions.aspx>.

### 2.3.4 Ereduen abantailak eta desabantailak

Bost eruedetatik, IPCCren ereduak konbinatzen ditu ezagutza aurreratuenak eragiketa nahiko errazarekin. **IPCCren eredu**a hondakin solidoen deuseztapen-instalazioen isurpenei buruzko 2006ko IPCCren Zuzentarauekin batera prestatu da. Beraz, pentsa daiteke IPCCren eredu a eta horrek oinarri dituen parametroak sakonki aztertu direla eta babes handia dutela. IPCC ereduak ere hondakinen konposizioari buruzko berriazko datuak erabiltzeko aukera eskaintzen du, betiere, egokia bada. Eredu hori mundu osoan aplikatu daiteke; izan ere, klima-baldintzak hartzen ditu kontuan. Nolanahi ere, ez da eskualde lehorrenetarako, tropikalenetarako edo hotzenetarako balioztatu. IPCCren eredu a banan banako zabortegietan aplikatzerakoan sortzen den desabantaila bat da hori hondakinetan dauden karbono-frakzioei buruzko informazioaren menpe dagoela (adibidez, elikagaietan, paperean, kartoian, egurrean...) eta, normalean, zabortegiek ez dute informazio hori.

Afvalzorg ereduak IPCCren estandarrak eta kalkulu-metodoak erabiltzen dituzte, eta IPCC ereduak baino errazagoak dira aplikatzen banan banako zabortegietan. Zabortegi-gasen sorkuntza eta isurpenak estimatzeko Afvalzorg-en etapa aniztuneko eredu a klima epeletan eta hezeetan kokatutako etxeko zaborren kopuru txikiak dituzten zabortegi horietara hobe egokitzen direla dirudi. Horren aplikazioak utzitako hondakinen banaketa ahalbidetzen du, hondakinen 15 kategoriatan. Bestalde, zabortegi-gasen sorkuntza eta isurpenak kalkulatzeko Afvalzorg-en eredu sinplea oso erabilgarria da euren jarduerari buruzko datu zehatzak ez dituzten zabortegietarako edo zabortegi-geletarako.

**GasSim** ere eredu egokia da, baina gas-sorkuntzaren kopuru txixieagoak aurreikusten ditu. GasSim ereduaren desabantaila argi bat horren egitura konplexua da; izan ere, esperientzia-maila handiagoa behar du ereduarekin, estimazioak egin ahal izan aurretik.

**LandGEM**-ek ez dirudi hain aplikagarria. LandGEM ereduak ez du metano-sorkuntzaren potentziala hondakinen konposizioa egokitzeko aukera ematen. Gainera, eredu horren arabera, hondakinen batez besteko bizitza handia da; horrek zabortege-gasen estimazio nahiko txikia dakar, ustiapen-aldian eta horren ondoren.

### 2.3.5 Ereduen zehaztasuna

Eredu horien bidez lortutako emaitzak zehaztugabeak dira nolabait, faktore ezberdinen ondorioz.

- Zabortege-gasen sorkuntza berez aurretik jakin ezin daitekeen prozesua da. Gasaren sorkuntza metanoaren bihurtetarako tokiko baldintzen onuragarritasunetik ondorioztatutako hondakinen homogeneotasun-faltaren menpe dago, hein batean. Sortutako gas-kopurua eta gertatzen denaren abiadura kasualitatearen menpe dago, neurri batean.
- Zabortege zehatz batean zentratuz gero, ezjakintasunak hondakinen kopurua zein konposizioa zehazki ez ezagutzetik ondorioztatzen dira. Sortuko den gasaren estimazio egokia egin ahal izateko, hainbat hamarkadaz utzitako hondakinei buruzko informazioa izan behar da eta, askotan, zaila da datu historiko horiek berreskuratzea.
- Orokorrean, ereduak utzitako material biogenikoaren kopuruari buruzko estimazioetatik, zabortege-gas bihurtutako material biogenikoaren frakzioetik eta prozesuaren abiaduratik abiatuta eraikitzen dira. Orokorrean, ereduak ez dira ia balioztatu, ezta euren zehaztapena zehaztu ere, egoera praktikoetan. Nolanahi ere, zabortege-gasen diseinuari eta aprobetxamenduari buruzko nolabaiteko inbentarioa dago; horrek iradokitzen du ereduak nahiko zuzenak izan daitezkeela, batez ere, gasaren erakuntzaren lehenengo 5 - 20 urteetan.
- Nolanahi ere, esperientzia horren zati handi bat Europaren ipar-mendebaldeko eta Ipar Amerikako zabortegeien gaineko proiektuetan oinarritzen da, eta horiek etxeko zaborrak dituzte, nagusiki. Esperientzia gutxiago dago beste hondakin batzuetatik abiatuta sortutako gas-aurreikuspenean (adibidez, etxeko zabor gutxiago daudenean eta industria-hondakinak gailentzen direnean), edo munduko beste eskualde batzuetan (beroagoak, hotzak, lehorrak edo hezeak). Hondakinen

kudeaketa-praktiketan dauden aldeek ere (hondakinen konpaktazioa, eguneroko edo aldi baterako estalduren erabilera, zabortegiaren geometria) zabortegi-gasen sorkuntza-prozesuan eragiten dute ere bai.

IPCCk (2006) (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>) akatsen hedapenaren bidez metano-isurpenen zehaztapena kalkulatzeko gida ematen du. Era berean, metodo hori gainontzeko eruedetara aplikatu daiteke. IPCCren arabera, hondakin tona bakoitzeko zabortegi-gasen sorkuntza kalkulatzeko egiten den akatsa honetan datza:

- Hondakinetako karbono organikoaren kopuruan dagoen akatsa (% 20 IPCCren berezko baloreetan oinarritzen bada, % 10 laginketa batean eta analisi erregularren gauzapenean oinarritzen bada);
- Benetan deskonposatzen den karbono organikoaren frakzioa (% 20 IPCCren berezko baloreetan oinarritzen denean, eta % 10 aldi luzeagoetan jasotako benetako zabortegien datu esperimentaletan oinarritzen bada);
- Metanoaren zuzenketa-faktoreari lotutako akatsa (% 10 kontrolatutako zabortegietarako eta, agian, % 20 eta % 30 artean kontrolatu gabeko zabortegietan).

IPCCren arabera, hondakinen tona bakoitzeko metano-sorkuntzaren kalkuluan izandako akatsen kopuru osoa % 35 eta % 65 artekoa da, tokiko informazio eskuragarriaren arabera. Nolanahi ere, zenbait parametro elkarren menpe daude; beraz, akats osoa zehaztutakoa baino txikiagoa izan liteke. Horrela, adibidez, karbono organikoaren edukia zehaztaper mugatuarekin bakarrik ezagutzen da, eta gauza bera gertatzen da benetan deskonposatzen den karbono organikoaren frakzioarekin eta metanoaren korrelazio-faktorearekin. Hiru elementu horien produktuak hondakin-tona bakoitzeko ekoiztutako zabortegi-gasen kopurua ematen du, eta balore hori hiru faktoreen ezjakintasunaren batuketa baino zehatzago ezagutzen da. Horrela, hondakin-tona bakoitzeko ekoiztutako metano-kopuruaren benetako ezjakintasuna % 35 azpitik eta % 65ra artekoa izango da, eta % 20 eta % 50 artean egongo da.

### 2.3.6 Ezjakintasunaren kudeaketa

Aurreko ataletan deskribatutako ereduak bi helbururekin garatu dira, nagusiki: isurpenen inguruan informatzea (adibidez, Kutsatzaileen Isurpenen eta Transferentzien Europako Erregistroari zabortegien isurpenen inguruko informazioa emateko, bai eta Klima Aldaketari

buruzko Nazio Batuen Esparru Hitzarmenari herrialde ezberdinek sortutako isurpenak jakinarazteko), edo zabortegiek araudiaren baldintzak betetzen dituztela bermatzea (LandGEMen kasuan bezala, adibidez). Aurretik deskribatu bezala, zabortegi-gasen sorkuntzari buruzko estimazioek edo metano-isurpenek zehaztaper mugatua dute. Faktore hori kontuan izan behar da modelizaziotik lortutako emaitzak gasen berreskurapenerako eta aprobetxamendurako instalazioak diseinatzeko eta eraikitzeo oinarri gisa erabiltzerakoan. Aurreikusitako gasen berreskuratze-mailak lortu ez dituzten eta, azkenean, errentagarri izan ez diren hainbat proiektu-adibide daude. Aldiz, beste proiektu batzuk beherantz dimentsionatzen dira, eta horrek gasaren berreskurapen-prozesuaren eraginkortasuna mugatzen du.

Gomendagarria da gasen berreskurapen-proiektuak fase ezberdinetan egitea, eta prozesu horretan tokiko nolabaiteko esperientzia lortzea, aprobetxamendu-sistemak dimentsionatzen hasi aurretik. Gas-hobien diseinua, hobien arteko distantzia, konexio-hodien diseinua eta garraioaren diseinua berreskura daitezkeen gas-bolumenen ezjakintasunetatik nahiko independenteak diren faktoreak dira. Egonkortasuna bermatzeko eta kondentsatuak eragindako oztopoen sorkuntza prebenitzeko, hobien diseinuan eta bilketa-sisteman segurtasun-marjina batzuk aplikatzea gomendatzen da (gehiegi dimentsionatua). Askotan, soplanteek zein zuziek nolabaiteko malgutasuna dute euren gaitasunean. Horrela, ikuspegi ekonomikotik, nahiko segurua da lehenengo bilketa-sistema eraikitzea, eta hainbat hilabetez zabortegi-gasak ateratzea eta erretzea, aprobetxamendu-gaitasunari buruzko erabakia hartu aurretik.

## 2.4 Metano-sorkuntzaren aurreikuspena eta isurien estimazioa

Atal honek gas metanoaren sorkuntza eta horren isurpenak kuantifikatzeari buruzko zenbait gomendio ematen ditu. Egia esan, informazio eskuragarriaren maila ezberdinak dituzten zabortegi-mota ezberdinak daude. Gainera, zabortegi jakin batean, informazioaren kalitatea aldatu egiten da ere bai, eta baliteke, denbora pasatu ahala, informazio zehatzagoa izatea. Informazio eskuragarriaren maila ezberdinak jasateko eta etorkizuneko garapenetarako prest egoteko, gida-dokumentu honek metano-sorkuntza eta isurpenak kalkulatzeko ikuspegi mailakatur proposatzen du. Aurreko kontsiderazioetan oinarrituta, IPCCren parametroak eta oinarri matematikoa erabiltzea proposatzen dugu (ikus 2.3 kapitulua), aldi berean, baldintza

klimatologiko ezberdinak kontuan izatea ahalbidetzen duen ikuspegi bateratu egokiena bezala.

### **1. maila: Lehen ordenako deskonposizio-eredua**

Euren jarduerari buruzko datu historiko zehatzak (hondakin-masa eta karbono-edukia) ez dituzten zabortegetan eta zabortege-geletan, hobe da lehen ordenako deskonposizio-eredu sinplea aplikatzea. Hurrengo estekan, lehen ordenako deskonposizio-ereduaren adibide baten doako softwarea deskargatu daiteke; hori IPCCk gomendatutako berezko parametroetan eta oinarri matematikoan oinarritzen da: [http://afvalzorg.nl/EN/Landfill-sites/Emissions-management/Methane-emissions/Download\\_SPGGR\\_Model.aspx](http://afvalzorg.nl/EN/Landfill-sites/Emissions-management/Methane-emissions/Download_SPGGR_Model.aspx).

Eredu hori (edo eredu sinpleak, orokorrean) aplikatzerakoan, jarraitu beharreko lehen urratsa hondakin-masa osoaren eta isurpena hasi eta amaitutako urteen estimazioa egitea da. Datu horiek izan ezean, ustiapen-aldian hondakin-masa osoa modu uniformearen banatu zela pentsatu behar da. Hondakin-masa hondakinen bolumenaren neurketatik abiatuta kalkulatu daiteke, lortutako balorea dentsitate egokiarengatik biderkatuta (800 eta 1000 kg/m<sup>3</sup> artean). Informazio zehatzik ez badago, hondakin guztiak udal hondakin solidotzat jotzen dira.

Jarraian, zabortegearen geometrian, eragiketan eta klima-baldintzetan oinarritutako parametro ezberdinak, hautatu behar dira. Orduan, ereduak metano-ekoizpenaren estimazioa ematen du urteko kg-etan, edo zabortege-gasen ekoizpenarena, orduko m<sup>3</sup>-tan.

Gasen bilketa-sistemak berreskuratutako metanoa kendu ondoren, ereduak metano-isurpenen estimazioa egiten du. Iraganean bildutako metano-kopurua zehazteko jardunbide egokiek neurketak gauzatzeko emari-neurgailua erabiltzen dute. Gasaren emaria zuzendu egiten da, tenperaturari eta presioari dagokionez, neurketa-puntuan, eta urteko kg-etan adierazten da. Gasaren etorkizuneko berreskurapena lortzeko, berreskurapen eraginkortasunean oinarritutako estimazioa egin behar da. Emari-neurgailurik gabeko gasen bilketa-sistema erabiltzen den kasuetan, IPCCk berezko balorea erabiltze gomendatzen du (ekoiztutako gasaren) % 20ko gasen berreskurapenerako. Balore hori inbentario nazionalaren txostenak (horiek herrialde baten zabortege guztiak hartzen dituzte barne) egiterakoan erabil daitekeen batez besteko balorea da. Nolanahi ere, ez da balore egokia zabortege baten balio-bizitza osoan zabortege-gasen berreskurapenean sortzen diren aldeak deskribatzeko. Eredu

honek gasen berreskurapen-baloreak iradokitzen ditu, ustiapen-aldian eta estaldura-ezaugarrietan oinarrituta.

## 2. maila: Lehen ordenako etapa aniztuneko deskonposizio-eredua

Zabortegei aktiboek hondakinen jarduerari buruzko datuak erregistratzeko betebeharra dute, hondakinen masa eta Hondakinen Europako Katalogoaren (HEK) kodea barne. Hondakinen urteko masari buruzko informazioa horien kategoriaren arabera ematen denez, sortutako metanoaren estimazio zehatzagoa lor daiteke. Karbono-edukia ez da zabortegean onartzen diren hondakin-sorta guztietan aztertzen. Urteko karbono-edukia HEKren hondakin-kategoria ezberdinen batez besteko karbono-edukiaren bidez zehaztu daiteke (Finlandian eta Herbeheretan egiten den bezala). IPCCren berezko parametroetan eta oinarri matematikoan oinarritutako etapa aniztuneko lehen ordenako deskonposizio-eredua jarraitzea gomendatzen da, hala nola Afvalzorg-en etapa aniztuneko eredua, zabortegei-gasen sorkuntza eta isurpenak kalkulatzeko ([http://afvalzorg.nl/EN/Landfill-sites/Emissions-management/Methane-emissions/Download\\_MLGGR\\_Model.aspx](http://afvalzorg.nl/EN/Landfill-sites/Emissions-management/Methane-emissions/Download_MLGGR_Model.aspx)).

Hurrengo urratsak gauzatu behar dira:

- Urteko karbono organiko biodegradagarriaren ekarpena zehaztea zabortegean, hondakinen masaren eta kategoriaren arabera ezarritako karbono-edukitik abiatuta (adibidez, HEKren arabera).
- Metano-ekoizpena kalkulatzeko, urteko kg-etan, klimaren eta IPCCren oinarri matematikoaren arabera alda daitezkeen berezko parametroetan oinarritutako ereduarekin.
- Metano-isurpenaren potentziala kalkulatzeko, gasen bilketa-sistemak jasotako metanoa kenduta. Jasotako metano-kopurua emari-neurgailuaren bidez zehazten da. Gasaren emaria zuzendu egiten da, tenperaturari eta presioari dagokionez, neurketa-puntuan, eta urteko kg-etan adierazten da. Gasaren etorkizuneko berreskurapenari dagokionez, berreskurapen-eraginkortasuna kalkulatzeko, eragiketa-aldian eta estalduraren ezaugarrietan oinarrituta.
- Metano-isurpenak kalkulatzeko, zabortegearen estalduran dagoen metano oxidatua kenduta. IPCCk metanoaren oxidazioa gauzatzeko material egokia duten estalitako



eremuetarako ezarritako 0,1eko berezko balorea aplikatzea, bai eta IPCCk metanoaren oxidaziorako material egokiarekin estali gabeko eremuetarako ezarritako 0,0ko finkatutako berezko balorea ere.

### **3. maila: Zabortegi espezifikoaren neurketetan oinarritutako lehen ordenako deskonposizio-eredua**

Zabortegi baterako informazio hobea edo datu zehatzak badaude, erakunde ustiatzaileak 2. mailako ereduaren urratsak aplika ditzake, zabortegi zehatzerako aldatutako parametroekin, betiere, analisisien edo neurketen emaitzak ingurumen-erakundeari jakinarazten zaizkionean, isurpenei buruzko dagokien txostenarekin. Eskualdeko klimari eta zabortegian erabilitako estaldura-materialei buruzko datuak izanez gero, erakunde ustiatzaileak Agentschap NL-ren laguntzarekin («Negutegi-efektuko beste gas batzuen murrizketa» programaren barnean) Hanburgoko Unibertsitatearen Zoru Zientzien Institutuak eta Hanburgo-Harburg Unibertsitateak NV Afvalzorg Holding-en MiMethox proiektuaren esparruan garatutako Metanoaren Oxidazio Tresna ere erabili dezake (<http://www.afvalzorg.nl/EN/Landfill-sites/Emissions-management/Methane-oxidation.aspx>)

### **4. maila: Neurketetan oinarritutako isurpenen estimazioa**

Ustiapen-fasean dagoen zabortegian, 1-3 mailetako ereduak zabortegi-gasen isurpenen estimazio zuzena ezin dutenean eskaini, bertan ematen diren baldintza espezifikoaren ondorioz, erakunde ustiatzaileak baimena du isurpenak zabortegiaren isurpen globalen neurketa egokien kopuru nahikoan oinarrituta kuantifikatzeko. Argi gelditzen da ez dela posible isurpenak neurtzea, plangintza-fasean. Hainbat teknika proposatu dira isurpenak neurtzeko, hala nola fluxu-ganberetan egindako neurketak, neurketa mikrometeorologikoak, masen oreka-metodoak eta mototsen neurketak. Nolanahi ere, orain arte, neurketa-metodo horiek ez daude orokorrean onartuta aldi berean nahikoa zehatza eta errentagarria den metodo bezala. Neurketa-metodo baten egokitasuna metano-isurpenen denbora- eta espazio-bariazioa kontuan izateko gaitasunaren menpe dago. Horrela, adibidez, zoruaren hezetetasunak eta tenperaturak (hileko bariazioa), prezipitazioek (asteko bariazioak eta presio atmosferikoaren aldaketek (eguneko bariazioa, orduko) emaitzetan eragiten dute; izan ere, horietako hainbat aspektu zoruaren porositateari eragiten diote eta, aldi berean, horrek gas-fluxuaren baldintzak aldatzen ditu. Denbora-bariazioei dagokienez, metodo horiek baldintza meteorologiko guztietan eta, ondorioz, urtaro guztietan aplika daitezkeen argitu behar da. Era

berean, urte batean egin beharreko neurketen kopurua zehaztu behar da, bai eta horien iraupena ere, metano-isurpenen batez besteko urteko tasa fidagarria lortu ahal izateko. Isurpen-fokuen eta lehentasunezko bideen presentziak espazio-gorabeherak ekartzen ditu berekin, neurtutako baloreetan. Denbora- eta espazio-bariazioa kontuan hartzen bada, hobe da neurketa globaleko metodoak urteko une ezberdinetan erabiltzea, horrela, urtaro-eragin guztiak barne sartzeko. Hainbat metodotan, ezjakintasanak sortzen dira, neurtutako parametroa azalera isurtzailearekin erlazionatzerakoan. Azaleraren ebaluazioa edo fluxu-ganberetako neurketak ez dira metodo egokia metano-isurpenen batez besteko urteko tasa fidagarria lortzeko. Nolanahi ere, tresna erabilgarria dira beste aplikazio batzuetarako, hala nola isurpen-fokuen kokapena edo ezjakintasanaren murrizpena, hondakinen konposizioari buruzko informazio mugatua bakarrik dagoenean edo modelizazioaren emaitzak desegokia dirudienean.

## 2.5 Baimenen eskaera, ebaluazioa eta emakida

Hondakin biodegradagarriak onartzen dituzten zabortegeiek sortutako zabortegei-gasak biltzeko betebeharra dute, erakunde ustiatzaileak ingurumen-organoari beharrezkoa ez dela frogatu ezean. Zabortegei-gasak berreskuratzeko beharra oso argi geldituko da zabortegei gehienetan, horiek onartzen dituzten hondakin biodegradagarrien motak eta kopuruak direla eta. Erakunde ustiatzaileak hondakin biodegradagarrien onarpena barne hartuz gero, aipatutako eskaerak sortuko den zabortegei-gasaren aurreikuspena sartu beharko du beti. Horri esker, erakunde ustiatzaileak eta ingurumen-erakundeak kasu bakoitzean egokienak diren zabortegei-gasen kontrolerako neurriak ebaluatu ahal izango dituzte. Baimen-eskaera jaso ondoren, ingurumen-erakundeak zabortegeiaren erakunde ustiatzaileak baimen-eskaeran edo horrekin sartutako informazioa ebaluatuko du. Ingurumen-organoak informazio gehigarria eskatu diezaioke erakunde ustiatzaileari, beharrezkotzat joz gero.

Erakunde ustiatzaileak baimen-eskaeran emandako informazioa ebaluatzeko, ingurumen-erakundeak honako elementuak izan ditzake kontuan:

- Gasen sorkuntzari dagokionez, hondakinei buruzko datuak (hondakin-motak, karbono organiko biodegradagarria, urteko hondakin kopuruak, zabortegeiaren dimentsioak eta bolumena) koherenteak al dira eta bat al datoz egungo baimenarekin edo baimenaren eskaerarekin?

- Zaborteziaren kategoriak edo hondakinen onarpen-irizpideek zabortezi-gasen sorkuntza kaskarra aurreikusten al dute? Baietz bada, ez da inolako neurririk ezarri behar zabortezi-gasak leuntzeko, baldintza horiek zaborteziaren ustiapen-fasean zehar mantentzen direla aldizka egiaztatzeaz gain.
- Karbono biodegradagarriaren zenbait kopuruen presentzia baztertu ahal izan ezean, erakunde ustiatazileak sortuko den gasaren estimazioa aurrezte behar du. Erakunde ustiatazileak (edo horren aholkulariak) egin al du hondakin-kopuruen banaketa koherentea, karbono organikoaren eduki ezberdinak dituzten hondakin-kategoria ezberdinetan? Erakunde ustiatazileak (edo horren aholkulariak) erabili al du, oinarri matematikoari eta parametroei dagokienez, IPPCk onartutako edo horren gomendioetan oinarritutako eredu ezaguna? Baietz bada, eredia onargarritzat jo daiteke.
- Zer gradutan konpara daiteke gas-sorkuntzaren aurreikuspena EBko gainontzeko estatu kideetan onartutako «muga-baloreekin»? Hainbat kasutan, argi egongo da beharrezkoa dela sortutako zabortezi-gasen berreskurapen aktiboa gauzatzea. Kasu horietan, ingurumen-organoak sortutako gasaren berreskurapen aktiboa gauzatzeko neurriak ezartzeko beharra sar dezake baimenean (ustiapen-fasearen hasieran, zabortezi-gasen kontrol-planaren aurrezte sartuta). Hain argiak ez diren kasuetan, ingurumen-organoak gasen berreskurapenerako eta tratamendurako neurri aktiboen edo pasiboen ezarpena hautatzearen erabakia atzeratu dezake, eta ustiapen-fasearen hasieran zabortezi-gasen kontrol-plana aurrezte eskatu dezake; horrek gasen kontrol-sistema aktiboaren errentagarritasunaren ebaluazioa hartuko du barne, kontrol pasiboarekin konparatuta.

EBko hainbat estatu kideetan, neurri aktiboak (berreskurapena, errekontza edo aprobetxamendua) edo neurri pasiboak aplikatzea noiz den beharrezkoa zehazteko irizpideak ezartzea proposatu da. Finlandiak soilik sartu ditu irizpide horiek zaborteziari buruzko araudietan. 2.4. taulan zenbait adibide erakusten dira.

**2.4. TAULA:** ZABORTEGI-GASEN KONTROL-NEURRIAK HARTZEKO EZARRITAKO IRIZPIDEAK

Herrialdea	Austria	Finlandia	Alemania
Berreskurapen aktiboa		$> 5 \text{ m}^3 \text{CH}_4 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	$> 25 \text{ m}^3 \text{CH}_4/\text{h}$ y $> 5 \text{ m}^3 \text{CH}_4 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$
Ustiapena		$> 25 \text{ m}^3 \text{CH}_4 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	$> 40 \% \text{ CH}_4$
Zuzia		$E < 0,5 \text{ MW}$	$> 25 \% \text{ CH}_4$
Berotze-ahalmen txikiko gasetarako zuziak			$> 25 \% \text{ CH}_4$
Berreskurapen pasiboa eta tratamendua	$> 5 \text{ m}^3 \text{CH}_4 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	$> 5 \text{ m}^3 \text{CH}_4 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	$< 25 \text{ m}^3 \text{CH}_4/\text{h}$ y $< 5 \text{ m}^3 \text{CH}_4/\text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$

Oharra:  $\text{m}^3$  guztiak metano  $\text{m}^3$  dira, tenperatura (273,15 K) eta presio (101,325 kPa) estandar batean.

Baliteke, zabortegi oso handietan eta oso altu daudenetan, 2.4 taulako baloreak gainditzea. Horrek neurri zehatzak aplikatzeko beharra ekar dezake berekin. Nolanahi ere, baliteke ere deuseztatutako hondakinen tona bakoitzeko metano-sorkuntza oso txikia izatea eta, ondorioz, horretatik ondorioztatutako errentagarritasuna ( $\text{CO}_2$  baliokide murriztuko tona bakoitzeko gastuak) onartezina izatea. Beraz, gomendagarria da 2.4 taulako baloreak lehen erreferentzia bezala erabiltzea soilik. Zabortegi-gasen kontrol-planean plangintza-fasea amaitu ondoren (ikus 3.2 atala), ikuspegi ezberdinak konparatu eta errentagarritasunean oinarritutako proposamena konparatu daiteke. 6. kapituluan, zabortegi-gasen kontrol-neurrien errentagarritasuna nola zehaztu deskribatzen da.

Era berean, baliteke, onartzen dituzten hondakinen izaera edo euren ezaugarri fisikoak direla eta, zenbait zabortegitan gas-kopuru kaskarrak sortzea edo sortu ahal izatea. Zabortegi horiek ingurumen-organoari frogatu beharko diote ez dela beharrezkoa sortutako zabortegi-gasak biltzea. Aurkeztutako frogek erakutsi beharko dute zabortegian onartutako hondakin-motak gas-kopuru kaskarrak soilik ekoiztuko dituela. Kaskartzat jotako zabortegi-gasen kopurua metano-edukiaren eta hondakin-masatik modu iraunkorrean atera daitekeen zabortegi-gasaren bolumenaren menpe egongo da. Desgasifikazio iraunkorraren eta, horrekin, gas-kopuru kaskarren presentziaren froga errentagarria eta teknikoki bideragarria den

metanoaren tratamendu-metodo aktiboaren tokiko erabileran datza. Onartutako hondakin-motek edo zabortegiaren ezaugarri fisikoek zabortegi-gasen oso kopuru txikiak sortuko direla soilik zehazten duten zabortegietan, erakunde ustiatzaileak frogatu beharko du ez dela ekonomikoki iraunkorra gasen bilketa, erauzketa eta tratamendu aktiboak, bio-oxidazioko tekniken edo berotze-ahalmen txikiko gasetarako zuzien bidez. Ingurumen-organoak zabortegi-gasak jasotzea ez dela beharrezkoa, baina gas-maila txikiak sortzen direla pentsatzen duen kasuetan, metanoa oxidatzeko sistema pasiboen ezarpena proposatu beharko da.

Nolanahi ere, edozer zabortegi-motarako kostu/etekin analisia eta iraunkortasun ekonomikoaren azterketa honako hauek barne hartzen dituen analisi tekniko zorrotzean oinarritu beharko dira: hondakinen sarrera historikoetan oinarritutako gas-sorkuntzaren potentzialaren modelizazioa, sortutako gasaren tokiko neurketak bilketa pasiboko tekniken bidez, tratamendu-aukera ezberdinen bideragarritasun teknikoaren azterketa eta aipatutako aukeren finantza-analisia.

Berreskurapenaren eta tratamendu aktiboaren zein pasiboaren arteko balore kuantitatiboa proposatu den EBko estatu kideetan, «muga-balorea» hau da beti:  $5 \text{ m}^3\text{CH}_4\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ . Balore horrek 20 urte inguru ditu. Ordudanik, metanoaren oxidazioaren inguruan gauzatutako ikerkuntzak erakutsi du, ondo diseinatutako metanoa oxidatzeko sistema biologikoek % 80tik gorako urteko oxidazio-tasak lor ditzaketela,  $40 \text{ m}^3 \text{ de CH}_4\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ -ra arteko kargekin.

$5 \text{ m}^3 \text{ CH}_4\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  azpiko gas-sorkuntza-tasarekin ere, baliteke dimentsio handiko zabortegietan gas-kopuru esanguratsuak sortzea. Horregatik, Alemanian,  $25 \text{ m}^3\text{CH}_4\cdot\text{h}^{-1}$ -ko bigarren «muga-balorea» proposatu da, zabortegi osorako. Balore hori merkatuan eskuragarri dauden tenperatura handiko zuzien gutxieneko gaitasunarekin erlazionatuta dagoela uste da. Egun, merkatuan, % 15 inguruko metanoaren kontzentrazio minimora dauden  $1 \text{ m}^3\text{CH}_4\cdot\text{h}^{-1}$ -ko gutxieneko gaitasuna duten tenperatura handiko zuziak aurkitzen dira.

Beraz, ondorioztatu daiteke, zabortegietan zuziaren errekuntzaren eta metanoaren oxidazio biologikoaren arteko teilakatze tekniko nabarmena dagoela. 2.4 taulako baloreak zorrotasun handiz aplikatuz gero, zabortegiko metano-isurpenak leuntzearen kostua onartezina izan liteke. Kasu horretan, gomendagarria da, zabortegiaren ustiapen-fasean, erakunde ustiatzaileak zabortegi-gasen kontrol-plana prestatzea, eta gasaren kontrol-neurri aktiboen errentagarritasuna zehaztea, kontrol pasiboko sistemekin konparatuta.

Ingurumen-organoak zabortege-gasak biltzea beharrezkoa ez dela onartuz gero, etengabeko berrikuspen-prozesua ezarri behar da, gasa kopuru kaskarretan soilik ekoizten dela bermatzeko. Berrikuspen-prozesu hori lortutako frogekin babestu daiteke, adibidez, zabortegearen kontrol-neurrietatik abiatuta.

Sortuko diren zabortege-gasen kalkuluaren ebaluazioaren eta dagozkion kontrol-neurriak ezartzeko beharraren edo behar-ezaren arabera, ingurumen-organoak dagozkion artikulua sartuko ditu baimenean.

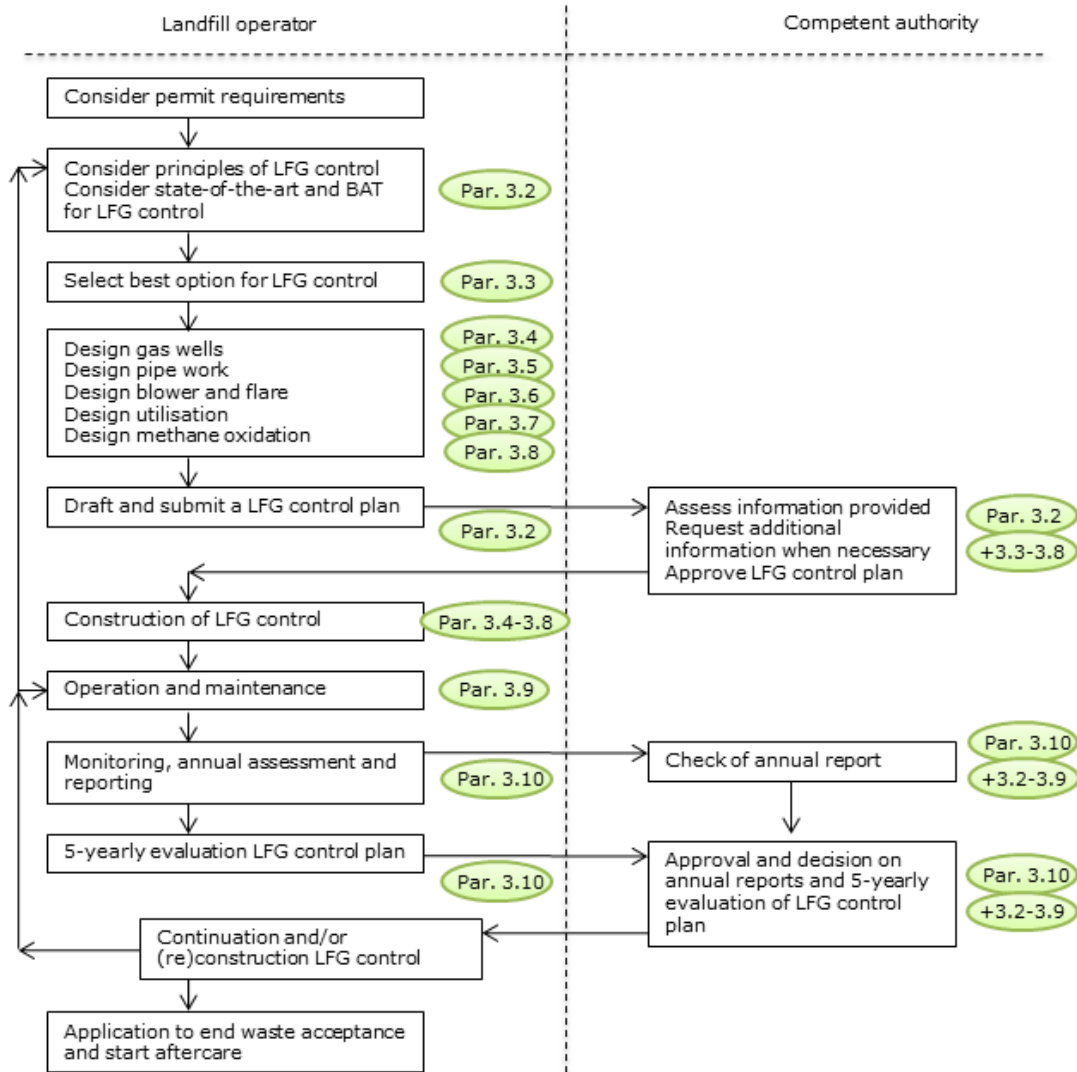
## 3 USTIAPEN FASEA

### 3.1 Ekintzak

- Erakunde ustiatzaileak zabortegi-gasen kontrol-sistema diseinatzen du, eta kontrol-plana aurkezten dio ingurumen-organoari.
- Ingurumen-organoak zabortegi-gasen kontrol-plana ebaluatzen eta onartzen du.
- Erakunde ustiatzaileak zabortegi-gasen kontrol-neurriak ezartzen ditu.
- Erakunde ustiatzaileak dagozkion zabortegi-gasen kontrol-neurrien eragiketa, mantentzea eta zaintza gauzatzen ditu.
- Erakunde ustiatzaileak sortutako zabortegi-gasei (eredua), horien berreskurapenari (neurketa) eta isurpenen estimazioari buruzko txostenen ebaluazioa eta aurkezpena egiten ditu urtero.
- 5 urtean behin, erakunde ustiatzaileak zabortegi-gasen kontrol-planaren ebaluazio/birrebaluazioa aurkezten du.
- Ingurumen-organoak zabortegi-gasen kontrol-planaren ebaluazioa/birrebaluazioa ebaluatzen eta onartzen du, eta aipatutako gasen kontrol-metodologian aldaketan sartzea beharrezkoa den erabakitzen du.
- Erakunde ustiatzaileak kontrol-neurrien ebaluazioa edo (berr)ezarpena gauzatzen jarraitzen du, behar izanez gero.

3.1. grafikoak fluxu-diagrama adierazten du; bertan, ustiapen-faseko zabortegi-gasen kontrolari buruzko ekintzak eta ardurak deskribatzen dira.

**3.1. Grafikoa: Ustiapen-faseko zabortegi-gasen kontrolari buruzko ekintzen eta arduren fluxu-diagrama**



### 3.2 Zabortegi-gasen kontrol-plana

Zabortegi-gasen kontrol-neurriak diseinatu ondoren, jadanik idatzi daiteke zabortegi-gasen kontrol-plana, eta ingurumen-organoaren aurrean aurkeztu. Lehenik eta behin, zabortegi-gasen kontrol-planak zabortegi-gasen sorkuntzari buruzko informazioa hartzen du barne, sortuko diren gasen estimaziotik lortuta. Kontrol-sistemaren banan banako osagaien diseinua ahalbidetzeaz gain, sortuko diren zabortegi-gasen estimazioak horren faseen arabera ezarpena gauzatzea eta osagaien kopurua handitzea edo murriztea ahalbidetzen du, behar ahala. Zabortegi-gasen kontrol-planak erakunde ustiatzailearen ustez egokienak diren kontrol-



neurrien deskribapena eta eskema hartzen ditu barne, eta horren helburua ingurumen-  
organoaren baimena lortzea da.

Zabortegei-gasen kontrol-neurrien diseinua dela eta, beharrezkoa da zehazki ulertzea gasen  
berreskurapenari buruzko zenbait printzipio, gasak hondakinetan eta hodietan garraiatzeko  
moduaren eta zabortegei-gasen kontrolean izandako azken aurrerapenen inguruan. 3.2.1 eta  
3.2.2 ataletan, zenbait printzipio eta esperientzia nabarmen deskribatzen dira. 3.2.3 atalean,  
zabortegei-gasen kontrolerako azken aurrerapenak eta eskuragarri dagoen teknologia onena  
deskribatzen dira. **3.2.2. eta 3.2.4 ataletan azaldu bezala, zabortegei-gasen kontrolean  
izandako azken aurrerapenak isurpenak kontrolatzeko edo murrizteko neurrien  
ezarpena/aplikazioa eta erabilera hartzen dituzte barne, ahal bezain laster, hondakinen  
isurpena hasi ondoren.**

Diseinu zehatza egiten hasi aurretik, existitzen diren zabortegei-gasen kontrol-aukeretako bat  
hautatu behar da, zabortegei bakoitzaren berezitasunen arabera. Eskuragarri dauden aukerak  
3.3 atalean deskribatzen dira. Diseinuari buruzko aspektuak 3.4 eta 3.8 atalen artean jasotzen  
dira. Eragiketa eta mantentze-lana 3.9 atalean deskribatzen dira. Zaintza eta jakinarazteko  
betebeharra 3.10 atalean deskribatzen dira.

Erakunde ustiatzaileak zabortegei-gasen kontrol-plana aurkezten dio ingurumen-organoari.  
Ingurumen-organoak ebaluatu eta onartu ondoren, erakunde ustiatzaileak dagozkion  
zabortegei-gasen kontrol-neurrien ezarpena eta aplikazioa hasten ditu.

### **3.2.1 Zabortegei-gasen kontrolaren printzipioak**

Frogatu da zabortegei-gasen kontrola gas hori sortzen duten zabortegeien metano-isurpenak  
murrizteko modu errentagarria dela. 70eko hamarkadako lehen proiektu aurrendarien  
ondoren, teknologia aurrerapen izugarria izan zuen 80eko hamarkadan. 90eko hamarkadan,  
teknologia eskala handian ezarri zen Europako ipar-ekialdean eta Estatu Batuetan. Munduko  
beste eskualde batzuetan, aurrerapena ez da hain azkarra izan; hala ere, proiektu ezberdinak  
deskribatu dira Asiako ekialdean, Ekialde Ertainean, Mediterraneoaren eremuan, eta Hego  
Amerikan.

Desgasifikazio-proiektuetan, gasa hondakinen artean kokatutako bilketa-hobien bidez berreskuratzen da. Ia kasu guztietan, gasa modu aktiboan berreskuratzen da, soplanteak erabilia, hobietan xurgapen-presioa sortzeko. Gasa bildu eta instalazio batera garraiatzen da; bertan, aprobetxatu edo zuzian erretzen da. Gasa aprobetxatzen duten zabortegietan, hori saldu daitekeen energia bihurtzen da (proiektu gehienetan, elektrizitatea sortzeko erabiltzen da; hala ere, kasu batzuetan, beroa sortzeko edo gas naturalaren ordeko bezala erabiltzen da). Azken urteetan, arreta berezia jarri zaie metanoaren berreskurapen pasiboko sistemei eta aipatutako gasaren oxidazio-sistemei.

### ***Berreskurapenaren eraginkortasuna***

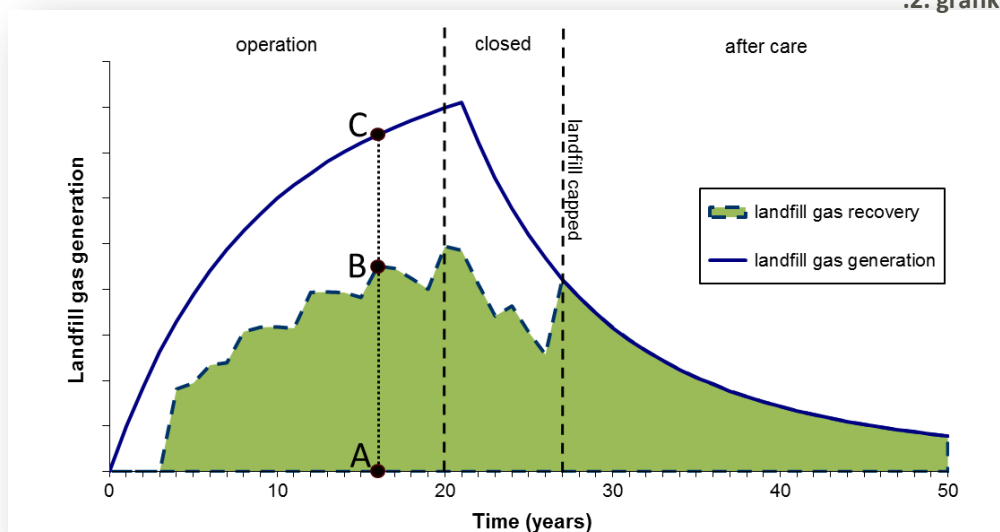
Zabortege-gasen berreskurapen-eraginkortasuna berreskuratutako eta sortutako gas-kopuruen arteko ratioa bezala definitzen da. Gasaren berreskurapen-eraginkortasuna aztertzeko bi modu daude:

- Eraginkortasuna une jakin batean (ordua, eguna, urteak) eta
- Eraginkortasun osoa, zabortegeiaren ustiapen-aldian.

Bien arteko aldea 3.2 grafikoan argitzen da; horrek hondakin-isurpenaren hasieraren ondoren, gasen kontrola ahal bezain laster hasten duen zabortegei tradizionalan (edo zabortegei-gelan) igarotako denboran zehar sortutako eta berreskuratutako zabortegei-gasaren kopurua irudikatzen du. Bat-bateko eraginkortasuna une jakin batean berreskuratutako eta sortutako gas-kopuruen arteko ratioa da (adibidez, Abren iraupena, zati AC). Zabortegeiaren balio-bizitzan izandako eraginkortasun integrala bi kurben azpian aurkitzen diren azaleren arteko ratioa bezala definitzen da.

### 3.2. Grafikoa: Zabortege-gasen sorkuntza eta berreskurapena denbora pasatu ahala, zabortegei tradizionalean

.2. grafikoa:



### *Eraginkortasun ezaren arrazoiak*

Zabortege-gasen berreskurapen-sistema horren eraginkortasun integralaren arabera ebaluatu behar da. Zabortegeiaren balio-bizitzan sortutako isurpenetatik berreskuratutako metano-kopurua.

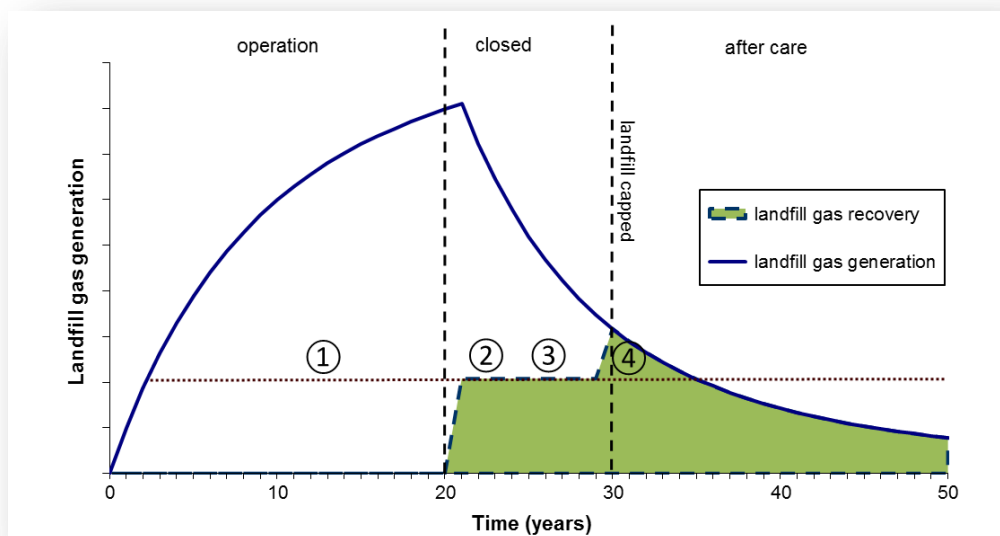
Eraginkortasun integralaren definizioak eta bistaratzeak ere eraginkortasun ezaren arrazoiak identifikatzea ahalbidetzen du; hau da, zabortege-gasen berreskurapen-eraginkortasuna murriztea eragiten duten arrazoiak. 3.3 grafikoa 4 kausa identifikatzen ditu. Zabortege-gasen berreskurapenean izandako eraginkortasun ezaren arrazoiak honako hauek dira:

- 1) Eraginkortasun ezaren zati handi bat ustiapen-fasean sortutako metanoaren ondorioz da. Ustiapen-fasean, ekoiztutako gasa berreskuratzen ez bada, isurpenak sortzen dira, eta prozesuaren eraginkortasun integrala modu esanguratsuan murrizten da. Adibidez, antzeko hondakin-kopuruak uzten badira 10 urtez, eta 7 urteko batez besteko biodegradazio-bizitza onartzen bada, ikus daiteke aldi horretan metanoaren % 50 inguru sortzen dela.
- 2) Gas-erazketaren lehen urteetan izandako eraginkortasun ezaren beste arrazoi bat zabortege-gasen aprobetxamenduaren magnitudearekin erlazionatuta dago. Adibidez, gas-motorrak elektrizitatea ekoizteko duen gaitasuna epe luzera estimatutako

zabortegi-gasaren kopuruan oinarritzen da, nagusiki. Erabaki hori ekonomikoa da. Zabortegi-gasaren proiektuaren errentagarritasuna murriztu egiten da, motorrak bere gaitasun handiena erabili ezin duenean. Aprobetxamendu-gaitasun hori hautatu ondoren, ez dago zabortegi-gasaren berreskurapena ezarritako gaitasunaren gainetik maximizatzeko inolako pizgarri-motarik; horrek aprobetxatu ezin den gasaren errekuntza dakar, adibidez. Zabortegi batek orduko zabortegi-gasaren  $1000 \text{ m}^3$  inguru sortzen dituela suposatzen bada, pentsatu dezakegu gehienez orduko  $650 \text{ m}^3$  direla teknikoki berreskuragarriak. Epe luzera, kopuru horiek murriztu egingo direnez, orduko  $400 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  gaitasuna soilik ezarri daiteke, arrazoi ekonomikoetan oinarrituta. Gasaren sorkuntza murrizten den heinean,  $400 \text{ m}^3$  horiek 5 eta 10 urte arteko aldiaren berreskuratu daitekeen zabortegi-gasaren kopurua izatea espero da. Aprobetxamendu-gaitasun hori ezarri ondoren, ez dago inolako pizgarririk gasaren berreskurapena maximizatzeko,  $400 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ -ren gainetik. Zabortegi-gasaren gehiegizkoa erretzea behar duten baimenetan hitzartutako arauak edo xedapenek pizgarri hori eman dezakete.

- 3) Zabortegi-gasaren sorkuntza murrizten denean, eta aprobetxamendurako gas-kopuru nahikoa berreskuratzeko gero eta ahalegin handiagoa egin behar denean, berreskuratze-prozesuaren eraginkortasuna handiagoa izango da, eta sistemaren muga teknikoek zehaztuko dute hori. Zabortegi-gasaren berreskurapen-eraginkortasuna hobi-sistemaren menpe dago (eraikuntza, ha bakoitzeko hobi-kopurua, hobien presentzia ezpondetan, mantentzea), baina baita hondakinen konposizioaren eta dentsitatearen, zabortegiaren geometriaren eta zabortegiaren estaldura-motaren menpe ere.
- 4) Zabortegi-gasaren berreskurapena maximizatu daiteke, zabortegiak inpermeabilizatuta badaude, estaldura-sistemaren edo estaldura iragazgaitzeko bestelako materialaren bidez. Nolanahi ere, ura sartzea saihesterakoan, metanoaren sorkuntza inhibitzen da eta, ondorioz, hori ereductan aurreikusitakoa baino azkarrago murriztea espero da. Estaldura-sistema iragazgaitzaren aplikazioa edo estaldura erdiiragazkorraren erabilera atzeratzeak zabortegi-gasaren berreskurapen-eraginkortasunean eragiten du. Kasu gehienetan, berreskurapen integraleko eraginkortasunean izandako inpaktua mugatua da; izan ere, zabortegi-gasaren sorkuntza-potentzialaren zati handi bat zabortegia zigilatu aurretik sortu da.

3.3. grafikoa: Zabortege-gasen berreskurapenean izandako eraginkortasun ezaren arrazoiak: (1) ez dira zabortege-gasak berreskuratzen ustiapenean; (2) aprobetxamendugaitasunak berreskurapen-eraginkortasuna mugatzen du; (3) zabortege-gasak berreskuratzeke muga teknikoak daude eta (4) zabortegearen impermeabilizazioa edo zigilatzea berandu gauzatzen da.



### 3.2.2 Zenbait kontzeptu garrantzitsu

#### *Iragazkortasun horizontalak iragazkortasun bertikala gainditzen du*

Hondakinen isurpenak eta konpaktazioak geruzatuta gelditzea eragiten du; horregatik, iragazkortasun horizontalak bertikala gainditzen du. Utzitako etxeko zaborren iragazkortasun horizontalaren eta bertikalaren arteko proportzioa edo ratioa 7:1 eta 10:1 artekoa dela kalkulatu da. Beraz, zabortege-gasen migrazioa horizontala bertikala baino askoz azkarragoa da. Fenomeno hori gabe, zabortege-gasen berreskurapena askoz konplexuagoa izango litzateke.

#### *Eragin-eremua*

Zabortege-gasen berreskurapen-sistema baten diseinuan funtsezkoa den gai bat hobien aurreikusitako eragin-eremua da. Kontzeptu hori hobi-mota guztietarako baliagarria da (bertikalak eta horizontalak, zangak; ikus aurrerago); nolana ere, hobi bertikalak azalduko dira zehatzago, gehien erabiltzen direnak direlako.



Aurretik esan bezala, garrantzitsua da hobien xurgapen-presioaren mantentze zuzena izatea. Normalean, hobi bakoitzeko xurgapen-presioa hobiaren kanpaian kokatutako balbulen bidez kontrolatzen da. Hobi bateko xurgapen-presioa nulua edo oso txikia denean, hondakinen barne presioak ahalbidetzen du metanoan nahiko aberatsak diren sortutako gasak erauztea, oso emari murriztuarekin bada ere.

Xurgapen-presioaren gorakadak hobian emaria handitzen du. Nolanahi ere, xurgapen-presioa mugatua da; izan ere, presio-alde handiekin, airea sisteman sartzen da, goialdeko geruzan dauden arrailen eta pitzaduren bidez. Beraz, xurgapen-presioaren gorakadak hobiaren eragin-eremuaren handiagotzea eta bildutako gas-kopuruaren gorakada ekartzen ditu, horien metano-kopuruaren kalterako bada ere. Gainera, atmosferako airearen sarrerak baldintza leherkorrak eragin ditzake, bilketa-hodian. Horregatik, oxigeno-kontzentrazioa kontrolatu behar da gas-hobietan eta hodietan. Finkapenek eta prezipitazioek etengabeko aldaketak eragiten dituzte gaineko geruzaren iragazkortasunean. Horrela, gasen bilketa-eraginkortasun handiak mantendu behar direnean, bereziki zabortegia itxi ondoko lehen urteetan, etengabeko arreta jarri behar zaie xurgapen-presioari eta hobi bakoitzeko gasaren kalitateari.

### ***Hondakinen konposizioaren eta eragiketa-praktiken eraginak zabortegian***

Aurretik deskribatu bezala, iragazkortasun horizontalaren eta bertikalaren arteko ratioa zabortegi-gasen berreskurapen-sistemaren diseinurako oinarria da. Beraz, funtsezkoa da 7:1 eta 10:1 arteko ratioa. Baliteke hondakinak edo zabortegiaren eragiketa-praktikak aldatzeak ratio horretan eta berreskurapen-aukeretan eragitea.

- Hondakinek ere euren inpaktua eragiten dute. Iragazkortasun-ratioa murriztu egin daiteke objektuen erabilera edo isurpena xafla-forma duten materialekin murrizten denean, plastikozko-poltsen, egunkarien edo aldizkarien kasuan bezala. Etxeko zaborren kopuru txikiak uzten direnean eta bestelako zaborren ekarpena handitzen denean, zailagoa da ratioa aurreikustea.
- Zabortegiaren kudeaketak (konpaktazio hobea, adibidez) iragazkortasun-ratioa handitzen du. Konpaktazioak eta tarteko estaldurek iragazkortasun horizontalaren eta bertikalaren arteko ratioan eragiten dute. Hondakinen iragazkortasuna hobea izan daiteke kontrolik gabeko zabortegietan. Hobien eragin-eremua txikiagoa izan

daiteke kontrolatu gabeko zabortegietan, kontrolatutakoetan baino. Kontrolik gabeko zabortegietan, airea sartzeko arriskua dago, hobietan xurgapen-presio txikia dagoenean ere.

- Eguneroko estalduretarako erabilitako materialek ere iragazkortasun-ratioan eragin dezakete. Aldi baterako edo behin betiko estalduraren kalitateak ere berreskurapen-eraginkortasunean eragiten du. Estaldura zenbat eta iragazgaitzagoa izan, orduan eta hobeia izango da berreskurapen-eraginkortasuna.

### **Gas-ponpaketa frogak**

Batzuetan, gas-ponpaketa frogak edo ponpaketa-saiakerak egin daitezke, gas-hobien ustezko errendimendua eta euren eragin-eremua zehazteko. Froga horietarako, hobi bat edo bi egiten dira, eta berreskuratu nahi den gas-kopurua egiaztatzen da. Gainera, depresioak neurtzen dira hondakin-masan. Ponpaketa-froga horiek bilketa-sistemaren diseinuaren eta behin betiko gauzapenaren aurretik gauzatu ohi dira.

Nolanahi ere, esperientzia praktikoak adierazten du hobi batekin edo birekin egindako ponpaketa-frogek balio mugatua dutela. Gehienetan, ez dute eragin-eremua zehazten uzten, eta hobitik berreskuratutako kopuruak ez dira azalera handiagoetan berreskuratu daitezkeen adierazgarri izaten.

Hobien arteko distantzietan buruzko zalantza larriak daudenean, praktikoagoa izango da eskala handiagoko ponpaketa-froga egitea. Horrek hainbat gauza egitea ahalbidetuko du. Adibidez:

- 1) Hobi ezberdinak sekzio bakar batean diseinatzea, eraikitzea eta konektatzea, ahalik eta irizpide onena aplikatuta;
- 2) Hainbat hilabeteko eragiketa-esperientzia eskuratzea sistemarekin, eta horren eraginkortasuna baloratzea (adibidez, gasen kopuruaren eta kalitatearen aldaketak, hobietako xurgapen-presio ezberdinekin, kontzeptu teorikoen eta errealitatearen arteko konparazioak eta metano-isurpenen neurketa kualitatiboa; ikus 8.5 kapitulua);
- 3) Ondorioak kokapenaren gainontzeko zatian zabortegi-gasen berreskurapen-sistema sortzeko eta eraikitzeko erabiltzea.

### **3.2.3 Eskuragarri dagoen teknologia onenean oinarritutako «puntako» zabortegi-gasen kontrola**

Dokumentu honek zabortegi-gasen «puntako» kontrola sustatzea du helburu. «Puntako» kontrol horrek teknologia eta eskuragarri dauden ustiapen-praktika onenen aplikazioa dakar,



kostu «onargarriekin». Dokumentu honetan deskribatutako teknologia guztiak arrakastatsuak izan dira praktikan, eta 2015ean eskuragarri dauden teknologia onenak direla esan daiteke. Ikus 6. kapituluan «kostu onargarrien» kuantifikazioa eta adibide gisa emandako kalkulu adierazleak.

### ***Metano-isurpenak murrizteko arrazoiak***

Hainbat dira zabortegei-gasak berreskuratu edo metano-isurpenak murriztu nahi izateko arrazoiak. Osasunarekin eta segurtasunarekin erlazionatutako gaiak alde batera utzita (usain gogaikarrien murrizketa eta segurtasunaren hobekuntza, zabortegietan eta horien inguruan), bi arrazoi nagusiak honako hauek dira:

- Metano-isurpenak arintzea. Metanoa berotegi-efektuko gasa da; metano kg 1en isurpena CO<sub>2</sub><sup>2</sup>ko 21-25 kg-ren isurpenaren baliokidea da. Hainbat herrialde (horien artean, Europar Batasuneko kideak) berotegi-efektuko gasen isurpena gehiago murrizteko konpromisoa hartzeko prozesuan daude. Murrizketa berriak lortzeak kostu esanguratsuak ekartzen ditu berekin. Zabortegietan metano-isurpenak murrizteak beste neurri garestiago batzuk saihestea ahalbidetzen du; horregatik, metano-isurpenen murrizketak balore jakin bat adierazten du.
- Energia-ekoizpena. Zabortegei-gasen aprobetxamenduari esker, elektrizitatea edo beroa sortzen da, edo gas naturalaren ordezkoa lortzen da. Proiektuaren antolakuntzaren arabera, zabortegei-gasak enpresei saltzen zaizkie, euren aprobetxamendurako, edo kontsumitzaileei zein banaketa elektrikoko enpresei saltzen zaien elektrizitatea sortzen da. Gasekin energia sortzerakoan, erregai fosilak erabiltzea saihesten da; horrek aprobetxatutako zabortegei-gasen m<sup>3</sup> bakoitzeko CO<sub>2</sub> kg 1eko karbono-dioxido isurpenen murrizketa dakar<sup>3</sup>.

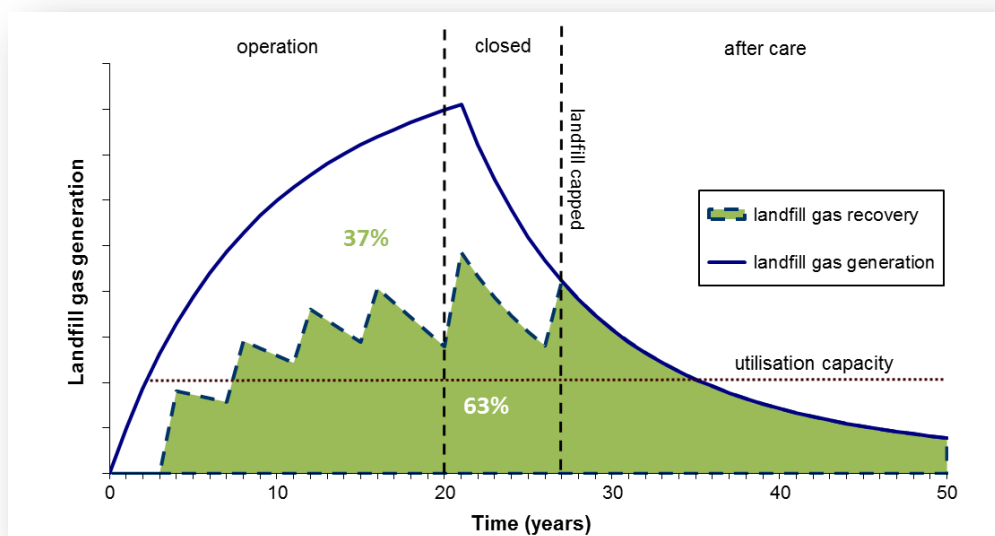
<sup>2</sup> Bihurketa-faktorea metanoaren mundu-berotzearen potentzialean (MBP) oinarritzen da, horren efektuak 100 urtez integratzen direnean, eta zeharkako efektuak ere sartzen dira. 25eko MBPa IPCCk ematen du 2007ko bere Laugarren Ebaluazio Txostenean, eta onartuta dago, orokorrean, metano-isurpenetarako bihurketa-faktore bezala. 21eko indizea egungo ezagutza zientifikoekin bateratuta ez dagoen aurreko baloreari dagokio. Nolanahi ere, erabiltzen jarraitzen da, karbono-isurpenen merkataritzaren kalkuluetarako, adibidez.

<sup>3</sup> Kopuru zehatza hautatutako aukeraren (elektrizitatearen sorkuntza motorrekin edo turbinekin, beroaren aprobetxamendurekin edo gabe, gasen zuzeneko erabilera, gas naturalaren kalitaterako arazketa) eta

### 3.2.4 Zabortegi-gasen «puntako» berreskurapenaren aspektu teknikoak

3.3 grafikoan eta ondoko testuan islatu bezala, zabortegi-gasen berreskurapen ekimenek ez dute automatikoki eraginkortasun integral handiko sistema ekartzen (ikus 3.5 grafikoa). Eraginkortasun integral handia lortzeko, funtsezkoa da gasen kontrol-neurriak ezartzea hondakinen isurpena hasi eta berehala, eta horiek ahal bezain azkar martxan jartzea, aipatutako isurpenaren ondoren. Hainbat proiektutan lortutako eraginkortasuna mugatu egiten da, hainbat arrazoi direla eta: ustiapenean zehar gasak erauzten ez direlako, aprobeixamendu-gaitasunak berreskurapena maximizatzen zuzendutako ahaleginak zehazten dituelako, eta zabortegi-gasen berreskurapenak diseinu tekniko desegokia duelako.

### 3.5. grafikoa: Zabortegi-gasen «puntako» berreskurapena



3.3 grafikoak erakutsi bezala, eraginkortasuna gainditzen duen zabortegi-gasen berreskurapenaren hobekuntzak hainbat elementu konbinatu behar ditu: erakunde ustiatzaileen eta legegintzako agintarien sentsibilizazioa eta ezagutzak, ahalegina egiteko eta aprobeixatu daitekeen kopurua sortutako gasen berreskurapenaren gainetik optimizatzen ahalmena eta, hein batean, inbertsio gehigarrien mobilizazioa. Gida-dokumentu honek

«puntako» berreskurapenaren ezarpena sustatu nahi du; horren aspektu garrantzitsu guztiak aurreko kapituluetan deskribatzen dira.

Puntako berreskurapen hori neurri-multzoa bezala ulertu daiteke, eta horien bideragarritasun teknologikoa eta errentagarritasunak jadanik frogatu dira hainbat egoeratan. Funtsean, eta benetako egoera optimoetan, kalkulatu daiteke eraginkortasun integrala % 40 eta % 65 artean dagoela. Adibidez, 3.5 grafikoan erakutsitako egoerak % 63ko berreskurapeneko eraginkortasun integrala adierazten du.

Desgasifikazio-proiektu normalaren aspektu garrantzitsuak honela laburtu daitezke:

#### 1) **Berreskurapena ustiapenean zehar** (ikus 3.3.3. atala):

- Hondakinen isurpenaren eta gela batek bere azken kota lortzen duen unearen arteko denboraren minimizazioa; aldi baterako estaldura aplikatzen da, eta gasak modu eraginkorrean berreskuratzen dira. Teknikoki, denbora hori urte gutxi batzuetara mugatu daiteke, betiere, gelak handiegiak ez direnean, utzi beharreko masarekin konparatuta.
- Gasen berreskurapena ustiapenean zehar, hondakinen isurpenean jarritako hobi horizontalen edo bertikalen sistema erabiliz. Hobiak martxan dauden bilketa-sistemara konektatuta mantendu beharko dira, ahal bezainbeste.
- Aldi baterako hobiak, ustiapenean zehar gasen berreskurapena maximizatzerazuzendutako behin-behineko egiturak. Horien eraginkortasuna eta errentagarritasuna ez daude frogatuta oraindik eta, horregatik, ez dira metano-isurpenak murrizteko «puntako» neurritzat jotzen. Nolanahi ere, baldintza hori aldatu egin daiteke etorkizunean. Egoera delikatuetan (adibidez, usain txarren kasuan), aldi baterako hobiak irtenbidea izan daitezke.
- Hondakinen isurpen-eremu aktiboaren murrizketa, gasen bilketa oztopatuko duten gertaeren eta istripuen arriskua minimizatzeke.
- Ustiapeneko berreskurapen-prozesuak hondakinen isurpenaren eta zabortegi-gasen berreskurapenaren zein bilketaren arteko koordinazio perfektua eskatzen du. Hori lortzeko modurik onena da erakunde bakar batek (kasu honetan, erakunde ustiatzailea) bi jarduerak bere gain hartzea. Gasen berreskurapena energia-aprobetxamenduko enpresa batera, adibidez, kanporatzeak ustiapeneko berreskurapena zailtzen du (ikus 3.9.5 atala ere bai).

## 2) Berreskurapenaren optimizazioa, aprobetxatu daitekeen kopuruaren ginetik:

- Bilketa-sistemaren gaitasunaren, soplantearen eta zuziaren diseinua eta hautaketa, sorkuntza handieneko unean berreskuratu daitezkeen zabortegi-gasen aurreikusitako kopurua kontuan izanda, ustiapen-aldia amaitu eta berehala.
- Gasen berreskurapenaren optimizazioari dagokion arreta jartzea, aprobetxamenduaren gehieneko gaitasunera iritsi bada ere. Horrek gasen kalitatearen maizko zaintza (astean bitan) eta xurgapen-presioaren erregulazioa ekartzen ditu banan banako bilketa-hobi bakoitzean, bolumenean, gasaren % 50 gehienez metanoa izan dadin (ikus 3.10.3 atala ere bai).
- Isurpen iheslarien kontrola ikuskapen bisualaren bidez eta, agian, baita isurpen-fokuen identifikazioa ere, neurketa kualitatiboko teknologiak erabiliz (ikus 3.11.3 atala ere bai).
- Gasen berreskurapena aprobetxamendu-gaitasunaren ginetik optimizatzeak erakunde ustiatzaileak isurpenak minimizatzeke konpromisoa izatea dakar, bai eta zabortegi-gasetatik abiatutako energia-sorkuntzako proiektu errentagarria eragitera ez mugatzea ere. Nekez lortu ahal izango da puntu hori energia-aprobetxamenduko enpresak zabortegi-gasen berreskurapena badu eta ustiatzen badu. Oso gomendagarria da zabortegiaren jabeak gasen berreskurapena ustiatzea eta horren eraginkortasunaren erantzule sentitzea, gutxienez, berreskuratu daitekeen kopuruak aprobetxamendu-gaitasuna gaintitzen duen bitartean (ikus 3.9.5 atala ere bai).
- Gainera, horrek agintari eskudunek eta gainontzeko alderdi interesdunek gehiegizko gasak zuzian erretzea planteatzea ekarriko luke, arazo baten irtenbide gisa, eta ez arazo edo galdutako aukera bezala. Frogatu daiteke BEGen murrizketaren % 90 zabortegiko gasen berreskurapenaren eta metano-isurpenen mugapenaren ondorioz dela. Jatorri fosila ez duen iturritik energia sortzearen garrantzia mugatua da.
- Zabortegi-gasen berreskuratutako kopuruak aprobetxamendu-gaitasuna gaintutako duela aurreikusten denean, aipatutako gaitasuna aldi baterako handitzea hautatu daiteke. Adibidez, gas bidez elikatutako motorrek modularitate handia aurkezten dute, eta erraz sartu daitezke tamaina txikiago bateko motorrean. Nolanahi ere, hori energia-aprobetxamendua gauzatuko duen enpresari edo erakundeari

dagokion erabaki ekonomikoa da, eta horren emaitzak ez lioke eragin behar zabortegei-gasen berreskurapena maximizatzeko nahiari.

- Nolanahi ere, energia berreskuratzeko aldi baterako moduluak gehitzearen aukera ezin da jo metano-isurpenen murrizketa-faktoretzat. Erakunde ustiatzaileek eta legegintzako agintariek ezin dira faktore ekonomiko horren menpe egon, zabortegei-gasen berreskurapena optimizatzeko. Sekuentzia zuzen aurretik deskribatutakoa da: gasen berreskurapena optimizatzea eta, ondoren, aprobetxamenduaren zabalkuntza modularra baloratzea. Aprobetxamendu-gaitasunaren aldi baterako handiagotzea lortu ezin denean, hobe da berreskuratutako gehiegizko gasak zuzian erretzea, berreskurapen-bolumenak murriztea baino. Ondorioz, gehiegizko zabortegei-gasak zuzian erre behar dira.

### 3) **Teknikoki solidoa den berreskurapen-sistema:**

- Gasak berreskuratzeko sistema horizontalak eta bertikalak puntakotzat jo daitezke.
- Hobi bertikalen arteko batez besteko distantzia 40-70 m dira: zabortegei handien eta sakonen kasuan, distantzia handiagoak erabili daitezke goialdean, betiere, ezponden inguruan distantzia txikiagoekin konpentsatzen badira. 30 m-tik gorako kotak dituzten zabortegei dagokienez, hobi bertikalen sareak erabiltzea gomendatzen da, iragazkiak jarrita sakonera ezberdinetan. Azkenaldian, iragazki sakoneko gasaren erauzketa-hobiak hobien arteko distantzia handitzeko bakarrik erabili dira, eraginkortasunik galdu gabe.
- Hobi horizontalak 30-50 m-ko tartean kokatu behar dira horizontalean eta, gehienez, 5 m-ra bertikalean, tarteko geruzak jartzen direnean.
- Arreta berezia jarri behar zaio zabortegei-gasen berreskurapenari ezpondetan, batez ere, hondakinen zati handi bat horietan kokatzen bada, adibidez, zabortegeiaren geometria edo aurkako dimentsioak direla eta.

«Puntako» aspektu horiei buruzko azalpen handiagoak eskaintzen dira gida-dokumentu honen gainontzeko testuan.

### 3.2.5 Zabortegi-gasen kontrol-planaren ebaluazioa

Zabortegi-gasen kontrol-plana ebaluatzeko, ingurumen-organoak hurrengo galderak har ditzake kontuan:

- Gasak kontrolatzeko bere (hainbat) planteamenduen garapenean, zabortegi-gasen kontrol-planak jasotzen al ditu gida-dokumentu honetan deskribatzen diren «puntako» kontrol-aspektuak?
- Gasen kontrol-planteamenduetan, kontuan hartzen al da gida-dokumentu honetan deskribatutako eskuragarri dagoen teknologia onena?
- Oharra: Ez dagokio ingurumen-organoari sistemen dimentsionamendu egokia egiaztatzea. Hori erakunde ustiatzailearen ardura izango da beti. Nolanahi ere, ingurumen-organoak dimentsioen zeharkako kontrola du, erakunde ustiatzailea gasen kontrol-sistemaren eraginkortasuna zaintzen eta komunikatzen hasten denean (ikus 3.11.8 atala).
- Zabortegi-gasen kontrol-planak gastuaren eraginkortasun-kalkuluak barne hartuz gero, aplikatu al dira unitate-kostu onargarriak, sistemaren elementuei dagokienez?
- CO<sub>2</sub> baliokideko tona bakoitzeko eurotan adierazitako metano-isurpenak murriztearen kostua «onargarritzat» edo «gehiegizkotzat» jotzen al da? Karbono-isurpenen merkataritzari buruzko arestiko informazioa kontuan izanda, erakunde ustiatzaileek eta agintari eskudunek kostu-eraginkortasun harreman txikiagoko neurriak «onargarritzat» jotzearen aukera hautatu dezakete (adibidez, 5 € CO<sub>2</sub> baliokideko tona bakoitzeko), eta «gehiegizkotzat» jotzea, harreman horrek CO<sub>2</sub> baliokideko tona bakoitzeko 15 €ak gainditzen dituenean. Horrek CO<sub>2</sub> baliokideko tona bakoitzeko 5 € eta 15 € arteko kostua duten neurrietara murriztuko ditu aztertutako neurriak. 6.3 atalak gai horri buruzko informazio gehiago ematen du.

## 3.3 Zabortegei-gasen kontrolerako aukerak

### 3.3.1 Gas-kontrol aktiboa eta pasiboa

Gasen kontrolak gasen berreskurapena eta lurpeko migrazioen prebentzioa hartzen ditu barne. Berotze globala laguntzeaz gain, zabortegei-gasek leherketa edo asfixia arriskuak aurkezten dituzte ere bai. Erakunde ustiatzaileek gasak zabortegeiaren lur azpitik ihes egiteko edo instalazioaren kanpoaldean pilatzeko eta lehergarria izan daitekeen edo asfixia eragin dezakeen nahasketa sortzeko arrisku esanguratsurik ez dagoela zaindu behar dute.

Hondakinen isurpenari buruzko Europako Zuzentarauaren I. Eranskinaren 3. Sekzioak gasen kontrol pasiborako neurriak jasotzen ditu. Horiek honako hauek hartzen dituzte barne:

- Zabortegeiaren oinarriaren eta aldean estaldura, gasak lur-azpira jariatzea saihestuko duen iragazkortasun txikiko barrera sortzeko.
- Gasak drainatzeko geruzak.
- Azaleko inpermeabilizazioa, geruza mineral iragazgaitzak barne hartuta.

Gasen migrazioa kontrolatzeko erabil daitekeen eta hondakinen isurpenaren inguruko Zuzentarauan agertzen ez diren neurri tekniko gehigarriak daude. Teknika horien artean gas-drainatzeak sartzen dira, hondakinen mugetan (nolanahi ere, kontu handia izan behar da, eta airea sartzeko edo isurpenak atmosferara isurtzeko iturri bihurtzen ez direla ziurtatu behar da). I. Eranskineko 3. Sekzioaren xedapenek nolabaiteko malgutasuna jasotzen dute neurrien aplikazioan, ingurumenerako arriskua kontuan hartuta. Metanoa oxidatzeko sistema erabiltzea proposatuz gero, ez da beti egokia edo ekonomikoki eraginkorra izango azalerako inpermeabilizazioarekin konbinatzea.

Zabortegei-gasen sorkuntzak hondakinetan presioa handiagotzea eragiten du. Presioaren gradientea dela eta, zabortegei-gasak atmosferara irtetera behartuta daude. Zabortegei-gasen berreskurapen pasiboak presioaren gorakada natural hori erabiltzen du, gasen sarrera behartzeko hobietan. Nolanahi ere, gehienetan, hobi pasiboak purgadore batera daude konektatuta, eta ez bilketa-hodi batera. Sistema horietan, zabortegei-gasak ez dira atmosferara husten.

Praktika horrek ez ditu usainak edo berotegi-efektuko gasen isurpena murrizten eta, ondorioz, ez da gomendatzen.

Berreskurapen pasiboko sistemek zuzi bereziak edo metanoa oxidatzeko sistema eraginkorra izan behar dituzte, gutxienez. Hobi pasiboak instalatzerakoan, helburu nagusiak zabortegi-gasen migrazioa saihestea eta presioaren handiagotzea zein metano-poltsen eraketa prebenitzea dira. Gasen berreskurapen pasiboa presioaren handiagotzea saihestera zuzendutako goialdeko estaldura-sistemaren osagaia izan daiteke, inpermeabilizazio-estalduraren azpian. Helburu nagusia gasen aprobetxamendua bada, gas-hobi pasiboak desegokiak dira. Kasu horietan, gasak modu aktiboan berreskuratu behar dira. Helburu nagusia zabortegi-gasen isurpenak prebenitzea bada, hobi pasiboak desegokiak dira ere bai, gasen sorkuntza nabarmen murriztu eta ondoriozko isurpenak kaskarrak izan arte.

Zabortegi-gasen berreskurapena horien kontrola bermatzeko neurri egokia da. Zabortegi barneko gasen erauzketa aktiboa beharrezkoa izan daiteke horien tokiko presioaren handiagotzea saihesteko, inguruko lur-azpira arte utzitako hondakinetatik migrazioa eraginda. Gasen berreskurapen-sistema aktiboek soplantea erabiltzen dute hobietan depresioa sortzeko, inguruko hondakinen gasak hobien barnera xurgatzeko eta, ondoren, bilketa-hodien bidez, aprobetxamendu-unitatera, zuzira edo metanoa oxidatzeko sistemara garraiatzeko.

### 3.3.2 Hobi-sistemak

Zabortegi-gasak biltzeko hainbat hobi-mota daude:

#### *Hobi bertikalak*

Munduko zabortegi-gasen berreskurapen-sistema gehienek hobi bertikalak erabiltzen dituzte. Hobi bertikalak hondakinetan zulatzen edo hondeatzen dira isurpenaren ondoren (ikus 3.4.1 atala, «Zulatutako edo hondeatutako hobi bertikalak»), edo hondakinen isurpenean zehar instalatzen dira (ikus «Hobi bertikal altuak» 3.4.1 atalean).

Hobi bertikal guztiek hondakinen sakontasun minimo bat behar dute. Oro har, ez dira, adibidez, 10 metrotik beherako sakonera (eta lur-estaldura bakarra) duten hobiak erabiltzen; izan ere, ez dira hain eraginkorrak (airea sartzeko arriskua). Hobi bertikalak 10 m-tik beherako hondakinen sakonerekin instalatu daitezke, iragazkiak azalera azpitik 4 m-ra kokatzen badira, gutxienez, eta diseinuak eragin-radio txikiagoa ahalbidetzen badu; hau da, hektarea bakoitzeko hobi-kopuruaren gorakada, horrek behar dituen inbertsioen gehikuntzarekin.



### ***Hobi horizontalak***

Hobi horizontalak ere gasak berreskuratzeko erabil daitezke. Hobi horizontalak material lodiko geruzan (adibidez, legarra, obra-hondakinak, egur-ezpalak) zulatutako eta zangatan jarritako hodiak dira; horiek hondakinetan hondeatzen dira, isurpen-eragiketetan. Hobiak maila ezberdinetan hondeatzen dira, zaborteziaren kotaren arabera. Hobi horizontalek gasak berreskuratzea ahalbidetzen dute, zaborteziaren ustiapenean zehar. Sistemaren gaineko 3 metro inguruko hondakin-geruza behar da, gasen berreskurapen eraginkorrerako.

Hobien gasak biltzeko sistema isurpen-eremutik kanpo kokatu daiteke; horrek esan nahi du interferentzia eskasa edo nulua duela zaborteziaren ohiko jardueran. Hobi horizontalak bertikalak baino garestiagoak dira, material gehiago behar dutelako.

### ***Azalerako berreskurapena***

Zabortezi bat azalerako inpermeabilizazio-sistemarekin estalita dagoenean, estaldura iragazgaitzaren azpian existitzen diren gasen berreskurapena sistemaren osagaia izan behar da. Sistemaren helburu nagusia gasen pilaketa saihestea da, azalerako inpermeabilizazioaren azpian. Aipatutako gasen pilaketak inpermeabilizazioa kaltetu dezake. Normalean, berreskurapen-sistema horrek zulatutako drainatze horizontalak ditu, hondar edo legar drainatzaileko geruza batean. Beste aukera bat drainatze-esteren erabilera da.

Gasak hainbat puntutan jasotzen dira, eta estaldura-sistemaren bidez transferitzen dira, bereziki prestatutako elementuetan.

Azalerako inpermeabilizazioaren azpian kokatutako gasen berreskurapena zaborteziaren azken estaldurarekin dago erlaxionatuta, eta metano-isurpenen bizi-zikloaren azken etapan bakarrik gauzatzen da (ikus 3.2 eta 3.3 grafikoak). Metano-isurpenak murrizteko, oso garrantzitsua da zaborteziaren balio-bizitzaren lehen etapetan zentratzea. Horregatik ez da gai hori xehetasun gehiagorekin lantzen.

Eraginkortasun integralari dagokionez, nabarmena den azalerako berreskurapen-aukera posible bakarra biorreaktoreetan dago; horietan, hondakinak urtebeteko epean zigilatzen dira, horien lagatzearen hasieraren ondoren. Jarraian, gas-sorkuntza sustatzen da, lixibiatuen birzirkulazioaren bidez (ikus 5.1 atala ere bai)

### **Beste sistema batzuk**

Hobi bertikalez eta horizontalez gain, beste sistema ezberdin batzuk ere erabiltzen dira batzuetan. Gehienak esperimentala dira, erabilera gutxikoak edo, adibidez, hondakin-materialen erabileran oinarritutakoak. Adibide bezala, desgasifikazio-zanga horizontalak daude; horiek 50-100 cm inguruko zabalera eta sakonera tipikoak dituzte, hondakinetan hondeatzen dira, eta egurraren, pneumatikoen eta bestelakoen «pelletekin» betetzen dira. Zabortege-gasen bilketa zanga horietan hobi bertikalen bidez gauzatu daiteke.

### **3.3.3 Gasen berreskurapena ustiapenean zehar**

3.3 grafikoak adierazi bezala, zabortege-gasen zati handi bat ustiapenean zehar sortzen da. Ezinezkoa da sistemaren eraginkortasun integral handia lortzea, zabortege-gasak berreskuratzeko neurririk hartzen ez bada.

Zabortege-gasen berreskurapen eraginkorra are erronka handiagoa da ustiapenean zehar, kokapena itxi eta azken estaldura aplikatu ondoren baino. Hori hainbat arrazoiren ondorioz gertatzen da:

- Zabortege-gasen bilketak eta berreskurapenak zabortegeiaren ohiko jarduerak oztopatu ditzakete, hala nola hondakinen isurpena, zabalera, konpaktazioa eta eguneroko estaldura. Isurpenaz arduratzen diren langileek ezin dute bistatik galdu berreskurapen-azpiegitura, makineria astuna gidatzerakoan. Gertaerek eta istripuek (adibidez, bilketa-hodia kaltetzen duen ibilgailu konpaktatzailea) berehalako eragina dute zabortege-gasen berreskurapenean.
- Berreskurapenak zailtasun teknikoak ekartzen ditu berekin. Zabortege-gasen bilketa-hobiek hondakin-kopuru jakin bat behar dute xurgapen-presioa aplikatzen den puntuan, airea sartzea saihesteko. Hobi bertikalen kasuan, hori hobiaren goialdean zirrikiturik ez duen hodia instalatuz lortzen da (ikus 3.4.1 atala). Hobien ustiapenean zehar, antzeko neurriak hartu behar dira; hondakinen 3 eta 5 metro artean behar dira, hobiaren iragazkiaren gainean (bertikala edo horizontala; ikus 3.4.1 eta 3.4.2 atalak).
- Hobien gas-bilketa ere erronka teknikoa da. Nolanahi ere, eta aurrerago deskribatu bezala, aukera ezberdinak existitzen dira.

- Airea sartzeko aukera handiagoa da ustiapen-eremuetan, zabortegiaren itxitako sekzioetan baino. Hondakinak konpaktatuta badaude ere, horien finkapena hastear dago oraindik. Hori dela eta, utzi berri diren hondakinek hondakin zaharrek baino porositate handiagoa aurkezten dute. Euren aldetik, material porotsuen eta lodiera txikiko materialen eguneroko estaldurek ere ez dute gasen berreskurapenean laguntzen. Ondorioz, xurgapen-presio mugatua eragin daiteke soilik ustiatzen ari den zabortegiaren sekzioen hobietan; ondorioz, eragin-eremuak ere mugatuak dira.

Azaldutako erronkak alde batera utzita, hainbat aukera daude gasen berreskurapena maximizatzeke, ustiapenean zehar. Horietako zenbait batera ezarri daitezke, fase horretan berreskurapen-eraginkortasuna maximizatzea ahalbidetuta; hori funtsezkoa da metano-isurpenak murrizteko:

- Zabortegi-sekzioak ahalik eta txikienak izan behar dira, euren azken altuera ahal bezain laster lortu dezaten. Jarraian, eta ahalik eta azkarren ere, zabortegi-gasak ahal bezain laster berreskuratzea ahalbidetuko duen aldi baterako estaldura gauzatu behar da.
- Horren zailtasun teknikoak itxitako sekzioaren gasen berreskurapenak eragindakoak baino handiagoak badira ere, isurpen fasean aurkitzen den zabortegiaren sekzio bateko zenbait gas berreskuratu daiteke. Oinarrian bilketa duten edo goialdean aldi baterako bilketa-sistema duten hobi bertikal altuak existitzen diren zenbait aukera dira. Hobi horizontalak egokiagoak dira ustiapenean gasak berreskuratzeke, baina garestiagoak dira. Ikus 3.4.2 atala, informazio gehiago eskuratzeke.
- Ohiko ustiapen-jardueren (isurpena, konpaktazioa, etab.) eta gasen berreskurapenaren arteko elkarrekintzak sortzen dituen arazoak minimizatu egin daitezke, isurpenaren eremu aktiboa ahal bezainbeste murriztuta. Kasu horretan, dagozkien bilketa-hobiak aldi baterako deskonektatu eta bilketa-sistema birkokatu daitezke, lursail seguruagoetan.
- Era berean, aldi baterako hobiak erabil daitezke ustiatzen ari diren sekzioetan, adibidez, hobien dentsitatea handitzeko, eraikitzen ari diren hobiak eragin-eremu mugatua dutenean edo, ustiapenean zehar, zabortegi-gasak berreskuratzea

ezinezkoa bada. Aldi baterako hobiak horizontalak, bertikalak edo «pikak» izan daitezke, eta aldi mugatuan aktibo egoteko eraikitzen dira. Aldi baterako hobeekin dokumentatutako esperientzia nahiko eskasa da. Horren arabera, seguruenik, hobi horizontalek bertikalek baino emaitza hobeak eskaintzen dituzte. Eragin eremua eta, ondorioz, «piken» eraginkortasuna zalantzazkoak dira. Gainera, aldi baterako hobi horien errentagarritasuna eztabaidagarria da, metano-isurpenen murrizketari dagokionez. Baldintza hori aldatu egin daiteke, landa-saiakeretan lortutako neurketa-datu egokiak daudenean. Aldi baterako hobeek euren erabilgarritasuna izan dezakete, adibidez, isurpen-eragiketek usain-arazo larriak eragiten dituztenean eta horiek arestiko hondakinek sortutako gasetan dutenean euren jatorria.

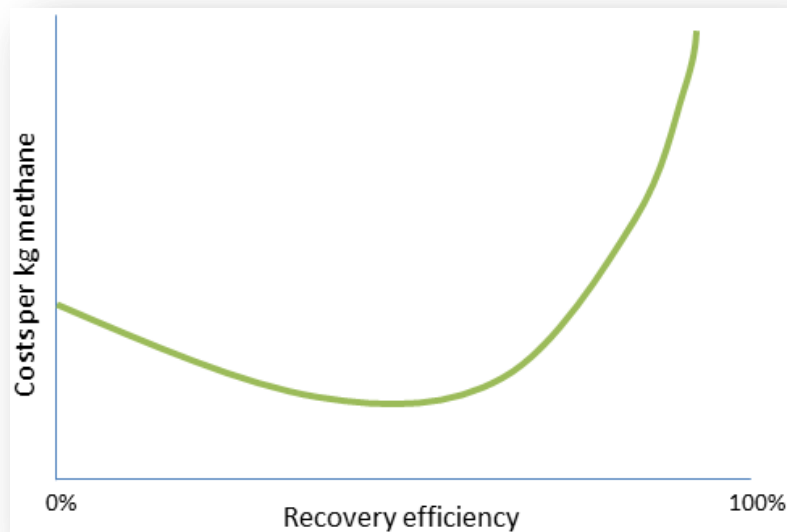
- Kalitate txikieneko zabortegei-gasak berreskuratzeko bereizitako bilketa-sistemaren erabilera arestiko hondakinen iragazkortasun handiari eta horren ondoriozko bilketa-hobien eragin-eremu txikiari aurre egiteko aukera da. Nolanahi ere, kasu askotan, bigarren bilketa-sistema hori ez da errentagarria. Sistema-mota horren eraikuntzan eta erabilpenean dagoen esperientzia mugatua dago. Egoera zehatzetan, adibidez, usain txarrak sortzen badira, aldi baterako bilketa-sistema irtenbidearen zati bat izan daiteke.

### 3.3.4 Hobien kokapena

Bilketa-hobeek zabortegean duten kokapena funtsezkoa da, teknikoki erauzi daitekeen gas-kopuruari dagokionez, berreskurapen-sistema martxan jartzen denean. Hobien arteko distantzia ez da zabortegei-gasen berreskurapen-eraginkortasuna zehazten duen faktore bakarra. Hondakinen konposizioa, zabortegearen geometria eta estaldura ere garrantzitsuak dira. Eraginkortasunak handitu egiten dira, adibidez, zabortegei sakonenen kasuan, gasen aldeko migrazioa saihestuta (adibidez, depresio batean kokatuta dagoenean eta bere aldeak estalita daudenean), edo hain iragazkorrak ez diren aldi baterako estaldurak erabilia. Teknikoki berreskuratu daitekeen kopurua azkenean praktikan bildu ahal izatea, erakunde ustiatzaileak berreskurapen-ekipamenduen kontrolean egindako ahaleginen menpe dago. Besteak beste, aprobetxamendu-ekipamenduak euren gaitasunaren % 100ean erabiltzeko nahikoa gas sortzen direnaren edota erakunde ustiatzaileak zabortegei-gasen berreskurapena aprobetxamendu-gaitasunaren erabilera osoaren gainetik optimizatzeko beste pizgarri batzuk izatearen menpe dago.

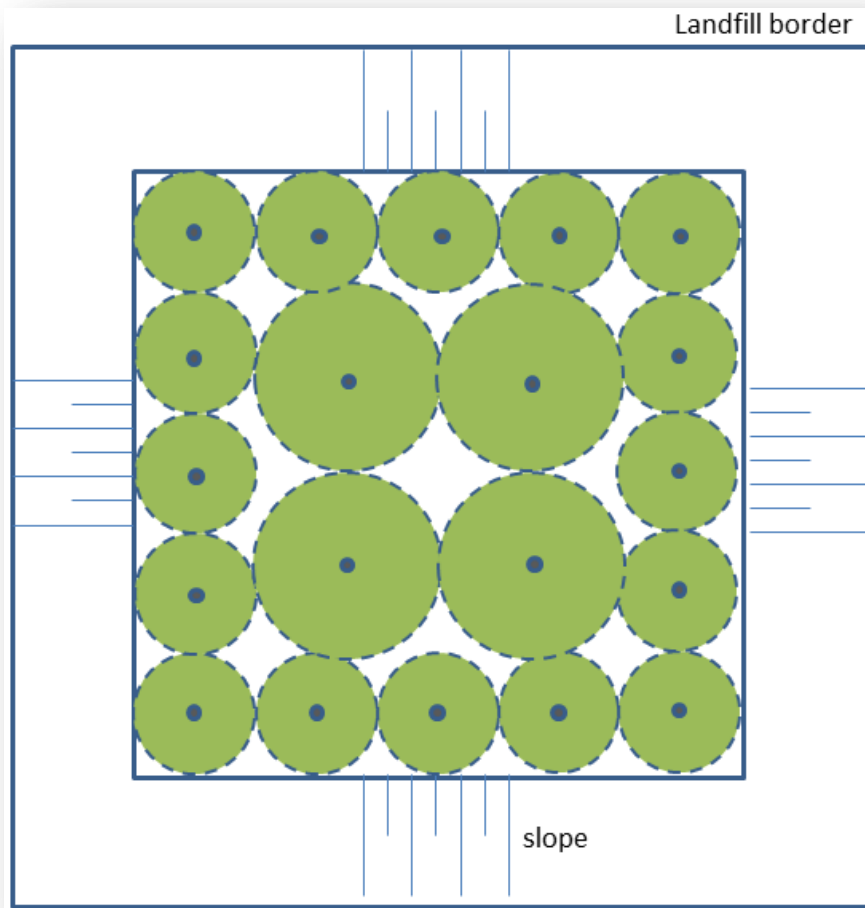
Ezagutza kuantitatibo gutxi daude hobien distantziaren eraginen inguruan, berreskurapen-eraginkortasunean. Ikuspegi kualitatiboagotik, berreskurapen-eraginkortasun handiagoa espero daiteke, hobien dentsitatea edo kopurua handitzen denean. Hobiaren dentsitatearen gehikuntzak dakarren hobien eta bilketa-sistemaren kostuen gorakada dela eta, korrelazioa ezarri daiteke berreskuratutako metano-tonaren kostuaren eta hobi-sarearen eraginkortasunaren artean, 3.6 grafikoan adierazi bezala. Nolanahi ere, zaila da isurpenak murrizteko hartutako kostuak «onargarriak» izateko beharrezkoa den hobien dentsitateari buruzko jarraibideak ematea. Zabortegei-gasen berreskurapen-esperientziek adierazten dute hobien arteko gehieneko distantziak 70 m-koak izan behar direla; nolanahi ere, oso iragazkorak ez diren hondakinak uzten direnean, baliteke dentsitate handiagoak behar izatea (40 m-ko tarteak).

3.6. Grafikoa: Metano-isurpenen murrizketaren kostu-eraginkortasun harremana, berreskurapen-eraginkortasunaren aurrean



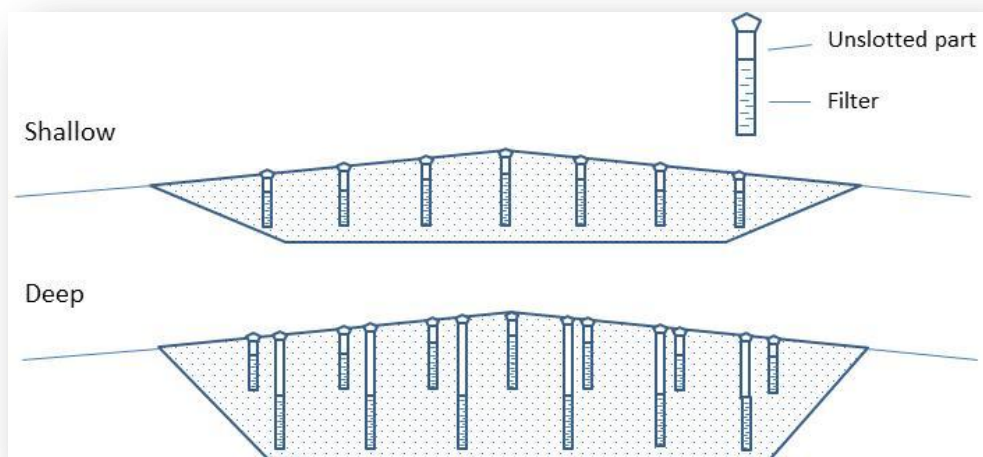
Aurretik aipatutako distantzia (40 eta 70 metro artean) zabortegei baterako batez besteko baloretzat jo daiteke. Adibidez, zabortegeiaren goialdeko isurpenak ezpondetako isurpenak baino askoz txikiagoak dira askotan. Beraz, eraginkorragoa izan daiteke hobien dentsitatea handitzea, zabortegei ezpondetatik gertu, eta distantzia handixeagoak uztea goialdean (ikus 3.7 irudia).

3.7. Grafikoa: Aurreikusitako eragin eremua-duten hobien (goialdeko bista) adibidearen antolamendua



Hondakinen sakonerak ere eragina izan dezake hobien arteko distantzian. 25 m-ko sakoneratik gorako zabortegetan, sakonera ezberdinetan jarritako iragazkiak dituzten hobi-multzoak erabil daitezke. Horrela, xurgapen-presio handiagoak lortzen dira hondakinen eremu sakonenetan; horietan, porositatea txikiagoa izan daiteke eta, bestela, zabortegearen hondoko metano-migrazioaren kontrola problematikoa izango litzateke.

3.8. grafikoa: Hobien antolamenduen adibidea, sakonera handiagoko edo txikiagoko zabortegietan



### **Isurpenen murrizketa ezpondetan**

Esan bezala, zabortegietako ezpondak isurpen-guneak izan daitezke. Isurpen gehienak ezpondetatik datozela esatea ahalbidetzen duten adierazleak honako hauek dira:

- Hesi iragazgaitzaren falta ezpondetan, buztinezko estalduraren edo estaldura sintetikoaren falta, nahiko iragazkorrek diren materialekin eraikitako ezpondekin batera (adibidez, hondar-lurra). Gainera, ezpondetatik gertu dauden hobien xurgapen-presioa mugatu behar denean, airea sartzea saihesteko, horiek metano-kopuru esanguratsuak isuri ditzakete.
- Kalteak ezponden landaretzan, usain txarrak ezponden inguruan, zabortegi-gasen kondentsatutako motots ikusgarriak ezpondetatik ateratzen, goiz hotzetan, adibidez.
- Tamaina txikiko baina nahiko altu dauden zabortegiak, edo geometria konplexuko kokapenak, ezpondatzat jo daitekeen eremu nahiko handia eragiten dutenak. Muturreko egoeretan, hondakinen % 30 ezpondetan kokatuta egon daiteke, ohiko berreskurapen-sistemaren irismenetik kanpo.
- Ezpondetan metano-isurpen esanguratsuak adierazten dituzten neurketak.

Egoera horretan, arreta berezia jarri beharko zaio ezpondetatik datozen gasen berreskurapenari. Hori nahiko konplexua da; izan ere, distantzia horizontal nahiko laburra dago, ingurumeneko aireari dagokionez, eta horrek airea sartzearen arriskua handitzen du. Nolanahi ere, erabil daitezkeen aukerak daude:

- Hobi bertikal gehigarriak, ezpondetatik gertu (ikus 3.7 irudia). Hobien arteko distantzia murriztu behar da, eragin-eremu txikia konpentsatzeko.
- Oso sakonak ez diren hobi bertikalak ezpondetan, hobien arteko distantzia txikiagoekin, edo hobi horizontalak ezpondaren eremuan.
- Ezponden estaldura hain iragazkorak ez diren materialekin (adibidez, buztinarekin edo estaldura sintetikoko materialarekin), airea sartzea saihesteko eta xurgapen-presio handiagoak errazteko, ezpondetatik gertuago dauden hobietan.

Berreskurapenak problematikoak izaten jarraituz gero, ezpondetako metano-isurpenak mugatzeko irtenbide bat gasaren oxidazioa handitzea izan daiteke, horretarako espezifikoki diseinatutako estaldura-materialak erabilia (ikus 3.8 atala)

## 3.4 Gas-hobien diseinua eta eraikuntza

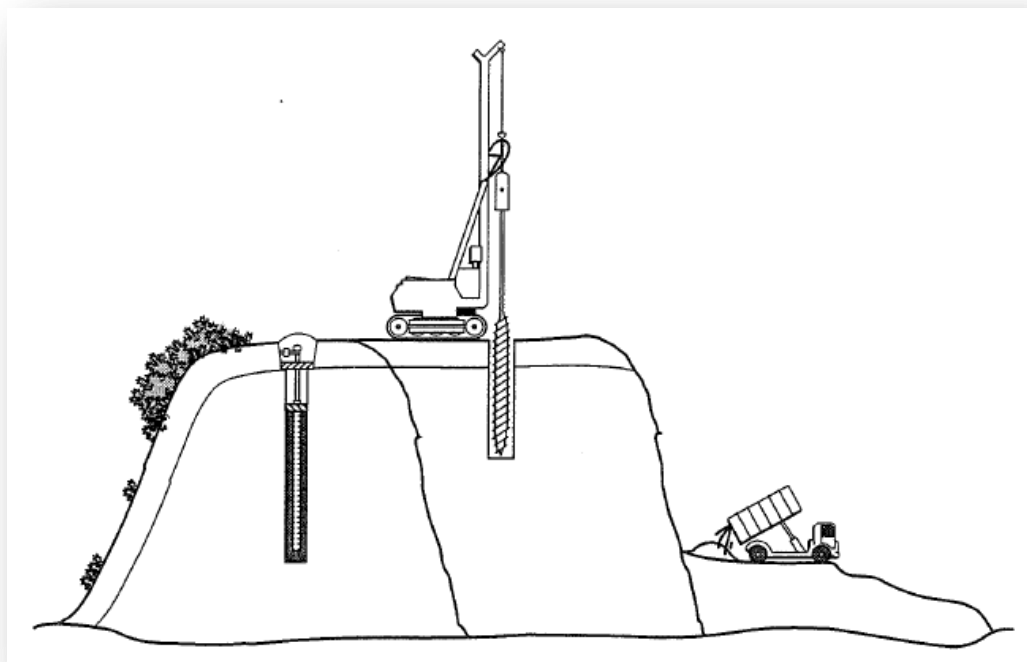
### 3.4.1 Hobi bertikalen eraikuntza

#### *Zulaturako edo hondeaturako hobi bertikalak*

Hobi-mota horretarako zuloa irekitzen da (hondeatuta edo zulatuta) eta, ondoren, HDPE hodia jartzen da bertan, material lodiko geruza batean. Hobiaren goialdeko kanpaiak bilketa-sistemarekiko konexioak eta beste elementu batzuk sartzen ditu, hala nola hobian xurgapen-presioa kontrolatzeko balbula, gasaren kalitatea aztertzeke laginketa-puntuak edo kondentsaturako ura hobiaren barnera edo, zuzenean, hondakinetara birbideratzeko sifoiak. 3.4 atalean, hobi bertikalaren deskribapen xehatua eskaintzen da. Hondeaketarako, espezializatutako makineria behar da. Horren abantaila da hobien hormak zulaturako hobienak baino iragazkorragoak direla. Laztabinaren biraketak buztinezko edo xafla-materialak bota ditzake gelaren hormaren aurka, eta iragazkortasuna murriztu.



### 3.9. Grafikoa: Zulatutako hobi bertikalak

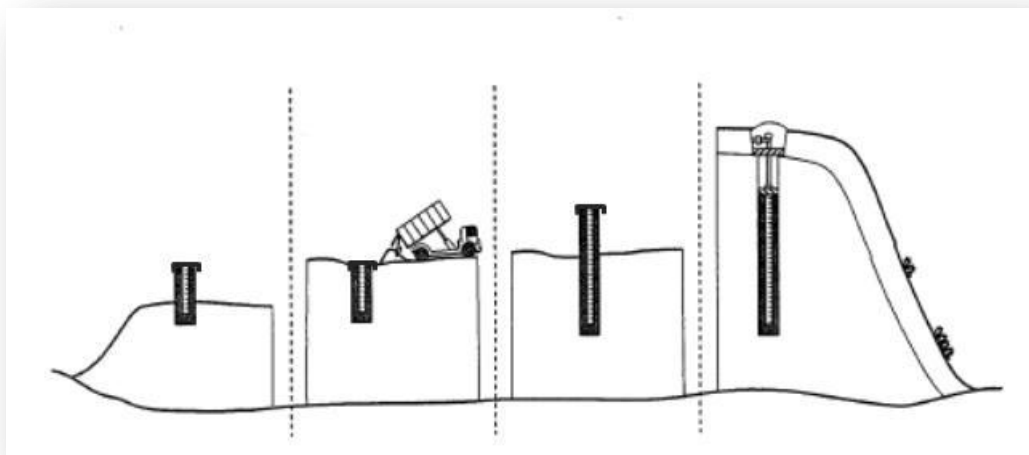


#### ***Hobi bertikal garaiak***

Hobi bertikal garaiak zulatutako edo hondeatutako hobientzako ordezeko aukera dira. Horien instalazioa hondakinen isurpenean zehar gauzatzen da. Hondakinak hobi bertikal baten behealdean instalatutako zilindroaren inguruan uzten dira (hobiaren hodi iragazlearen zatia, material lodiz inguratua). Hondakinak zilindroaren goialdera iristen direnean, HDPE hodia zabaldu eta zilindroa altxatzen da. Hondakinak euren behin betiko altuerara iristen direnean, hobia errematatzen da, kanpaia gehituta. Hondeatutako edo zulatutako hobien aurrean, hobi bertikal garaiek dituzten abantailak unitate kostuak dira, bai eta horiek kokapenaren ustiapenean zehar erabiltzeko aukera ere, zabortege-gasak biltzeko. Horien desabantaila da, hondakinen isurpena zailtzen dutela. Isurpen-eremutik ibiltzen diren ekipamendu mugikorrek kontu handia izan behar dute eraikitzen ari diren hobiekin. Hori dela eta, baliteke hobiaren inguruko hondakinak hain konpaktatuta ez egotea; horrek airea sartzea eta hobiaren eragin-eremua murriztea eragiten du. Halaber, finkapen irregularrak sor daitezke hobiaren inguruan eta kalteak bertan, bilketa-sisteman edo bien arteko konexioan. Biltzen eta zuzian erretzen ez

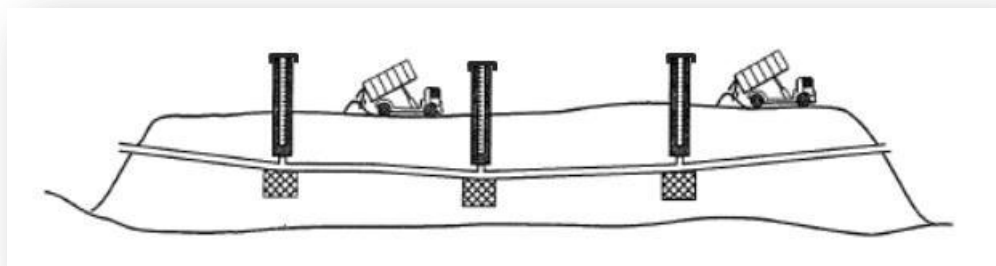
diren, edo aprobetxatzen ez diren hobi bertikaletako gasak usain txarrak eragin ditzaketen isurpenen iturri zehatza dira.

### 3.10. Grafikoa: Hobi bertikal garaiak



Hobi garaiak instalatzen direnean, zabortege-gasak berreskuratzeko bereziki erabiltzea gomendatzen da, teknikoki ahal den bezain laster. Horrek berreskurapenaren eraginkortasun integrala maximizatzea eta hobi irekietatik datozen usainen isurpenak minimizatzea ahalbidetzen du. Zabortege-gasak hobi garaietan biltzeko modurik errazena horien hondo bilketa-sistemarekin konektatzea da, 3.11 irudian adierazi bezala. Kondentsatutako urarekin arazoak saihesteko, drainatze-puntuak sartu behar dira, legar-betegarriarekin, hobi bakoitzaren azpian. Hondakinetan instalatutako bilketa-sistema horren desabantaila da gainean kokatutako hondakinek eragindako grabitate-indarra eutsi behar duela. Horregatik, erresistentzia nabarmena duten bilketa-hodiak behar dira, zabortegeiaren hondoan kokatutako ura drainatzeko hodian erresistentziarekin konparagarria. Beste desabantaila bat konponketak egiteko zailtasuna da, kalteak izanez gero. Praktikan, hondakinak euren behin betiko altuerara iristen direnean, eta aldi baterako edo behin betiko estaldura dagoenean, hobiaren hondora konektatutako bilketa-sistema zabortegeiaren gainean kokatutakoarengatik ordezkatzen da. Hobiaren hondoko bilketa-sistema aldi baterako da, eta kokapenaren ustiapenean zehar bakarrik erabiltzen da.

3.11. Grafikoa: Bilketa-sistemarekiko hobi bertikal garaien konexioa



Hobiaren hondoko gasen bilketaren ordeztu aukera aldi baterako bilketa-sistema erabiliko duen zabortegearen goialdeko konexioa da, adibidez, mahuka malguen bidez. Sistema horren desabantaila da eragiketak zailtzen dituela kokapenean. Adibidez, neurriak hartu behar dira aldi baterako bilketa-mahukak babesteko, zabortegearen ibilgailu-bideak horietako batekin gurutzatzen direnean.

3.12. Grafikoa: Instalaziorako prest dagoen hobi garaia. Hobia oinarrian dago konektatuta

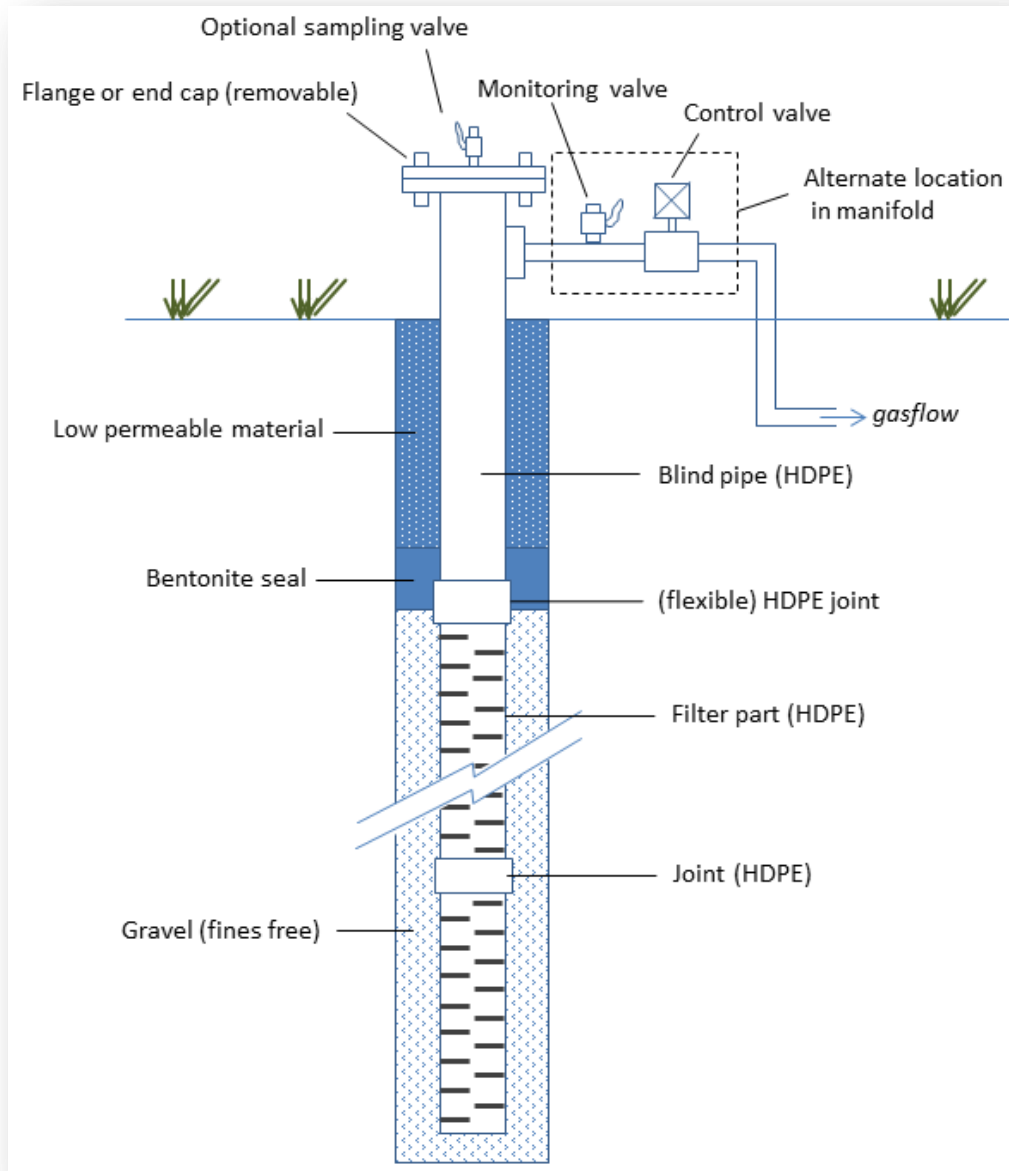


3.13 irudian, hobi bertikalaren deskribapena eskaintzen da. Diseinuaren ikuspegi orokorretik, ez dago alde handirik hondeatutako edo zulatutako hobien eta utzitako hondakinetan eraikitakoen artean. Hobi bertikal batek hiru zati ditu:

- Hainbat funtzio dituen hobiaren kanpaiak bilketa-sistemarekiko konexioa hasten du barne, eta kontrol-balbula izan dezake, hobiaren depresioa erregulatzeko, bai eta laginketa-puntua ere, gasaren kalitatea aztertzeko.
- Zulatu gabeko zatia (sektore edo zati itsua). Hodi horren luzera eta zigilatze modua funtsezkoak dira gasen berreskurapen aktiborako, airea barruan sartu gabe.
- Hobiaren iragazkia; hobiaren hondoan kokatutako zirrikituak edo zuloak dituen zati iragazkorra da eta, horren bidez, zabortege-gasak biltzen dira.

Hobiaren hodia eta iragazkia polietilenoazkoak izan ohi dira (PE 100). Polietilenoa korrosioa jasaten duen materiala da, zurruna baina elastikoa neurri batean eta, ondorioz, alboko finkapenak ere jasaten ditu. Hobiaren diametroa (legarraren moduko material lodiko geruza barne hartuta) 80-120 cm ingurukoa da. Polietilenoazko hodiaren kanpoko diametroa hobiaren barnean 110-200 mm-koa da. Prezipitazio gehiegi dituzten eremuetan (edo sistemak ur-kopuru handiak hartuko dituela aurreikusten denean, 160 mm-ko kanpo-diametroak eta handiagoak gomendatzen dira. Horrek ura drainatzea ahalbidetzen du, hobiaren inguruan kokatutako hondakinak gainasetzen diren kasuan.

3.13. Grafikoa: Hobi bertikalaren xehetasuna



***Hobi bertikal garaien oinarria***

Arreta berezia jarri behar zaie hondakinetan gauzatutako hobien finkapenari. Askotan, bi helburu dituen hormigoizko oinarria jartzen da:

- Hobiari finkapen egonkorra ematea; hori bereziki garrantzitsua da zabortegiaren oinarria berez ezegonkorra denean (edo hobia bera hondakinen gainean kokatzen denean).
- Beheko estaldura-sistema hobiaren pisuaren eta hondakinek finkatzerakoan sortzen dituzten indar bertikalen aurrean babestea.

Baldintza berezietan, hobiaren oinarritik lixibiatuen drainatze-sistemara doan uraren garraioa hobetu daiteke, oinarriaren inguruan legarra jarrita. Hobien oinarria drainatze-sistemekin konektatu daiteke oinarrian, hodi porotsuekin edo gabe ekipatutako zanga iragazkorren bidez; horrela, hobia drainatze bertikaleko elementu garrantzitsua izango da, gasa biltzeko duen erabilera aldi batera utzita.

### ***Hobien zulaketa***

Hobiak zulatzen direnean, kontuz ibili behar da, behealdeko estaldura edo lixibiatuen berreskurapen-sistema ez kaltetzeko. Hobiaren behealdearen eta zabortegiaren hondoan kokatutako euskarri-sistemaren arteko distantzia hondoaren kokapena zehazki ezagutzearen menpe dago; hala ere, 1 eta 2 metro artekoa izan behar da, gutxienez.

Hobiak aurretiko metaketa-eremuetan zulatzen direnean, arreta jarri behar zaie izan litezkeen usain txarren isurpenei edo bestelako eragozpenei. Isurpen onartezinak sortzea aurreikusten bada, zulaketa-jarduerak gelditu egin daitezke, aurkako klima-baldintzak dauden bitartean (haizearen gabezia edo aurkako norabideetan doan haizea).

### ***Iragazkia***

Hobiaren iragazkiak zirrikituak edo zuloak dituen polietilenoazko hodia du. Zirrikitu horiek nahiko handiak dira (~5 mm), iragazkiaren eraginkortasun-galera (clogging) prebenitzeko. Zirrikituak modu uniformearen banatzen dira, hodiaren diametro osotik. Zirrikituen edo zuloen azalera irekia hodiaren barne-diametroaren % 12ren baliokidea izan behar da, gutxi gorabehera. Material lodiko geruza batek inguratzen du hodi iragazlea, hala nola legarra, eraikuntza-hondakinak edo zatikatutako harria.

Juntura teleskopikoa (malgua) konektatu daiteke iragazkiaren eta hodi itsuaren artean, hondakinen finkapenari aurre egiteko. Elementu teleskopiko horrek hobiaren goialdeko elementuen (kanpaia eta zirrikiturik gabeko zatia) finkapena ahalbidetzen du, oinarriak bere

tokiak jarraitzen duen bitartean. Horri dagokionez, iragazkia inguratzen duen material lodiak ez du juntura teleskopikoa gainditu behar, hutsegiteak saihesteko. Irtenbide sinple bat diametro txikiko hodia sartzea da (adibidez, 125 mm-ko k.d./110 mm-ko b.d.) hodi iragazlean (adibidez, 160 mm-ko k.d./141 mm-ko b.d.). Bestela, juntura teleskopikoa instalatu daiteke hobiaren hodiaren zirrikiturik gabek sekzioaren bi zatien artean.

### ***Zati itsua (zirrikiturik edo zulorik gabea)***

Zirrikiturik gabeko zatia funtsezkoa da hobiaren eragin-eremurako. Horren luzera hondakinen iragazkortasun horizontalaren eta bertikalaren arteko ratioaren araberakoa da. 3.2 kapituluan deskribatu bezala, ratio hori 7:1 eta 10:1 artekoa da, gutxi gorabehera, etxeko zaborrak dituzten kontrolatutako zabortegietan (adibidez, mekanikoki konpaktatuak, eguneroko estaldurekin). Ondorioz, xurgapen-presioaren efektuak distantzia askoz handiagoetara hauteman daitezke horizontalean, bertikalean baino. Ratio hori zirrikiturik gabeko zatiaren luzera kalkulatzeko oinarria da; adibidez, 7:1 eta 10:1 arteko ratioa kontuan hartuta, 35 m-ko eragin-erradioa behar duen hobiak 3,5 eta 5 metro arteko zirrikiturik gabeko zati bat beharko du. Aire sartzeko arriskua handitu egiten da, zirrikiturik gabeko zatiak luzera txikiagoa badu. Aire sartzeko saihesteko, material lodiko zutabea zirrikiturik gabeko zatiaren luzera osoa material iragazgaitzarekin zigilatu behar da (adibidez, 0,5 m-ko lodiera duen hondar- eta bentonita-nahasketarekin). Zati itsu askoz handiagoaren erabilerak bilketa-eraginkortasun txikiagoa dakar, hondakin-masaren goialdetik. Iragazkortasun-ratioa murrizten denean, adibidez, hondakinen konposizioan izandako aldaketaren ondorioz, zirrikiturik gabeko zatiaren luzera handitu edo hobiak distantzia txikiagoetara jarri behar dira. Hondakinen iragazkortasunak eragina du gai horretan (ikus hobien kokapenari dagokion atalaren informazioa ere bai).

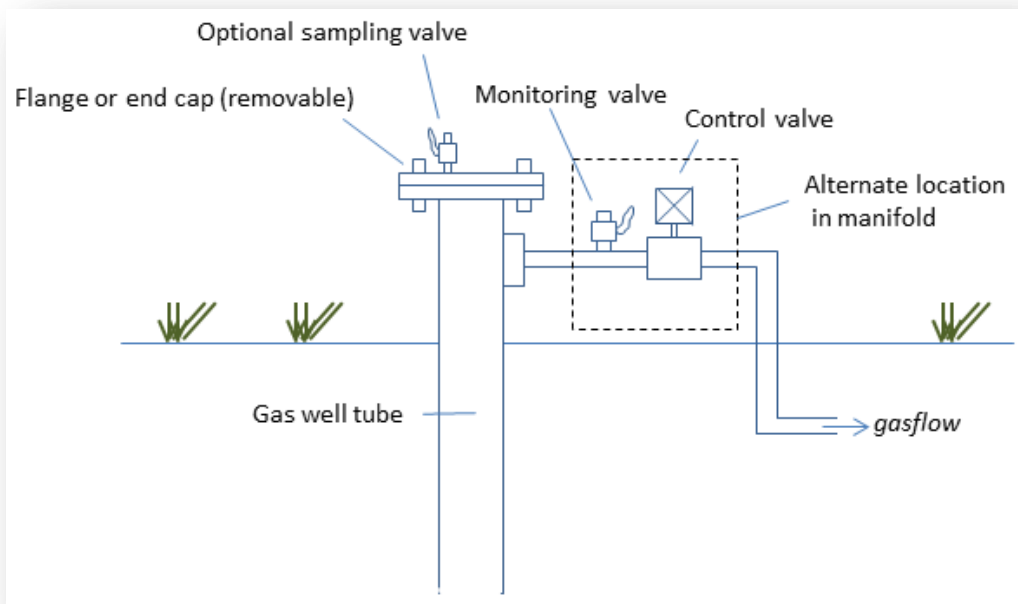
Oso sakonak ez diren zabortegei baten zatietan (< 15 metro) eta, ondorioz, sakonera txikiko hobietan, zirrikiturik gabeko zatiak 3 metroko luzera izan behar du gutxienez.

### ***Hobiaren kanpaia***

Kanpaia hobiaren goialdean dago kokatuta. Kanpaia hainbat funtziotarako balio duen goialdeko sarrera duen ontzia da, hala nola ikuskapena, gasen laginak hartzea, emariaren eta presioaren kontrola, kondentsatutako hezetasunaren birzirkulazioa hobira eta, beharrezkoa izanez gero, hobotik ura ateratzea. Horietako zenbait funtzio ez dute zertan hobiaren kanpian

egon; aldiz, bilketa-sisteman kokatuta egon daitezke (adibidez, laginketa-puntuak eta hobiaren xurgapen-presioa kontrolatzeko balbulak). 3.14 irudian, hobi-kanpaia hauteman daiteke, bere elementu ezberdinekin.

### 3.14. Grafikoa: Hobi-kanpaia izan dezakeen diseinua



Hobi-kanpaiaren eta bilketa-sistemaren arteko konexioa malgua izan behar da, horien finkapen diferentzialak kontuan izateko.

Arrazoi estetikoak direla eta, une jakin batean, kanpaia zabortegiaren berriztapen-geruzetan integratu daiteke (hau da, lur azpian). Nolanahi ere, bere goialdea azaleraren gainean ere kokatu daiteke. Sartzeko errazagoa denez, azken aukera hori gomendatzen da; izan ere, zabortegi-gasen berreskurapen eraginkorrek kanpian kokatutako kontrol-balbulak doitzea dakar, noizean behin. Adierazitako lehen aukera komenigarriagoa izan daiteke, segurtasun-arrazoiak direla eta (adibidez, ekintza bandalikoan eta lapurreten aurka babesteko), zabortegia itxi denean eta espazioa publikoarentzako irekia dagoenean.

### ***Zabortegiaren estalduraren edo azalerako inpermeabilizazioaren bidez iragatea***

Une jakin batean, beharrezkoa da hobiak edo bilketa-hodiak zabortegiaren estalduraren edo azalerako inpermeabilizazioaren bidez iragatea. Eragiketa hori bereziki kritikoa da,

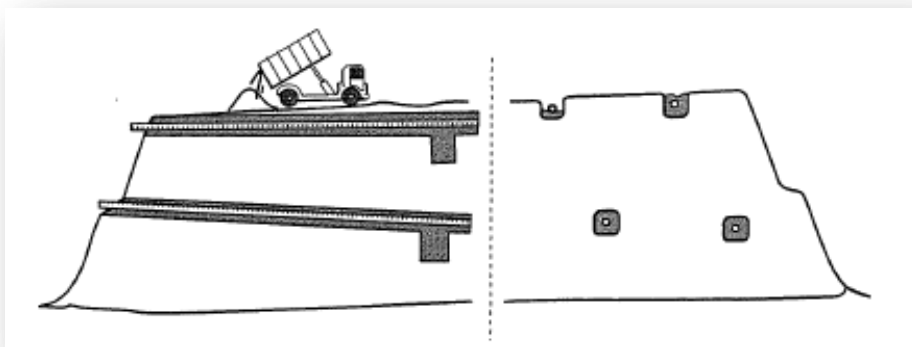


estalduraren inpermeabilitate-eskakizunak handitzen direnean. Iragate hori nola gertatzen den ez da beharrezkoa, berreskurapen-eraginkortasunari dagokionez; izan ere, zabortege-gas gehienak azalerako inpermeabilizazioa jarri aurretik sortzen dira. Nolanahi ere, gai horrek nahikoa arreta jaso behar du, estaldura-sistemaren epe luzerako integritateari begira.

### 3.4.2 Hobi horizontalen eraikuntza

3.15 irudiak hobi horizontalen luzetarako eta zeharkako sekzioak erakusten ditu; horiek 5 m inguruko distantzia bertikalera eraiki behar dira.

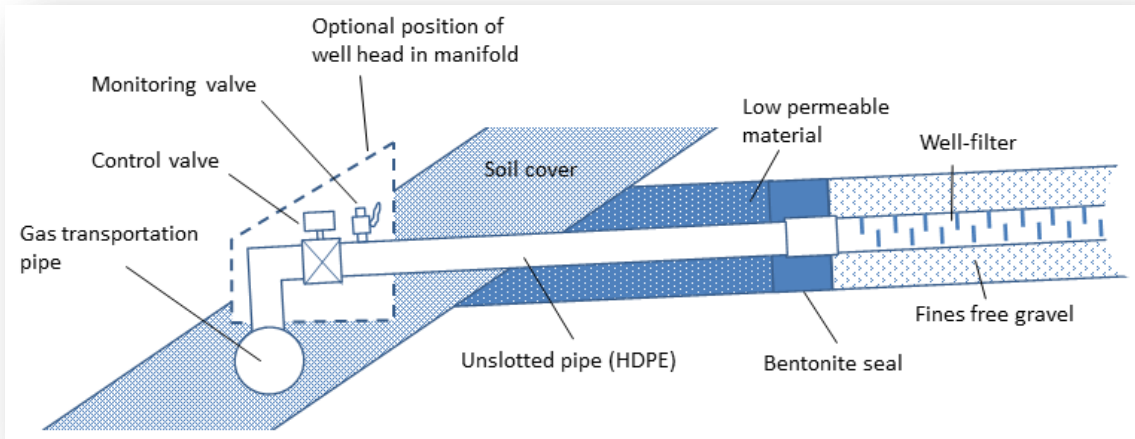
#### 3.15. Grafikoa: Sistema horizontala



3.16 irudiak hobi horizontalaren eraikuntzari buruzko xehetasunak eskaintzen ditu. Hobi bertikalek bezala, horizontalek hiru elementu nagusi dituzte:

- Hobia biltza-sistemarekin konektatzeko kanpaia; bertan, kontrol-balbula eta gasen laginketa-puntua kokatzen dira.
- Giroko airea sartzea saihesten duen zirrikiturik gabeko zatia.
- Zabortege-gasak biltzeko erabiltzen den hodi iragazlea; horrek material lodiarekin egindako zirrikituak edo zuloak ditu.

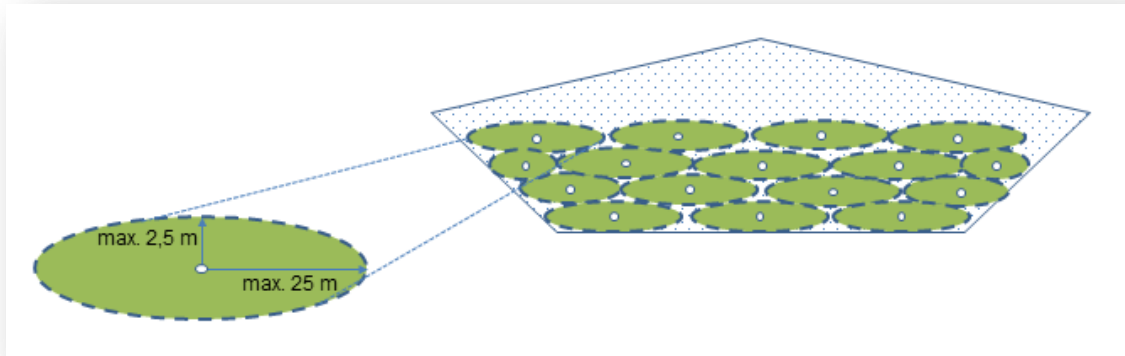
3.16. grafikoa: Hobi horizontalaren eraikuntza



Hodi polietilenoakoa izan ohi da (PE 100); material hori korrosioari aurre egiteagatik eta finkapenak jasateko elastikotasuna duen zurruntasunarengatik bereizten da. Aurreikusitako gas-kopurua ateratzea ahalbidetuko duen diametro nahikoa izan behar du, presio-erorketa dezentearekin ( $10 \text{ m s}^{-1}$ -tik beherako gas-abiadurak hodietan). Diametroa ez da handiegia izan behar, egonkortasun mekanikoko galerari ez gertatzeko. Normalean, PEko hodiak 110 mm eta 200 mm arteko kanpo-diametroak izan ohi ditu, inguratzen duen material lodiko geruzan, 50 eta 100 cm arteko lodierarekin.

Iragazkortasun horizontalari eta bertikalari dagokionez dauden aldeak direla eta, hobi horizontal baten eragin-eremuak forma eliptikoa du, 25 metroko aurreikusitako luzerarekin horizontalean, eta 2,5 metroko luzerarekin bertikalean. Horrek 50 metro inguruko hobien arteko distantzia horizontal maximoak inplikatzeko, eta 3,5 eta 5 metro arteko hobi-geruzen arteko distantzia bertikalak.

3.17. Grafikoa: Hobi horizontalen eragin-eremua (oharra: irudiak perpendikularki jarritako hainbat hobi horizontalen zeharkako ebakidura adierazten du)



### **Iragazkia**

Hodi iragazlea material iragazleko geruza batean kokatu behar da (legarra). Ohantze iragazleak 50 eta 100 cm arteko lodiera izan beharko du, eta harrobiko legarraz, eraikuntza-hondakinez eta bestelakoez osatzen da. Nolabaiteko babesa eskaintzen du, zaborte-giko jardueren aurrean, betiere, zirrikituak irekita mantentzen badira. Trafiko handia aurreikusten bada, neurri bereziak hartu behar dira (adibidez, lursaileko aldi baterako errefortzuak), hobi horizontaleko kalteak saihesteko.

Sistema horizontal baten iragazkiaren gehieneko luzera 100 m ingurukoa izan behar da; luzera 100 m-tik gorakoa denean, zulatutako hodietan dagoen presioaren beherakada gehiegizkoa da, eta sistemak bere eraginkortasuna galtzen du, kanpaiarekiko distantzia handitzen den heinean. Gas-bilketa hobi horizontal baten bi aldeetatik gertatzen denean, iragazkiaren gehieneko luzera 200 metro ingurukoa da. Hobi horizontal baten luzera osoan xurgapen-presio iraunkorra mantentzeko, iragazkiaren zirrikituak nahiko txikiak izan behar dira. Zirrikituetako eta hodiko presioaren beherakadak magnitude-ordena 1eko aldea izan behar du, gutxienez.

Hobi horizontalak % 2ko gutxienerako aldapa izan behar du, ur-pilaketak saihesteko.

Material lodiko geruza sektore itsutik zigilatu behar da, hondar-bentonitaren edo HDPE mintzaren erabileraren bidez, adibidez.

### ***Eremu ez iragazlea (itsua)***

Hobiaren zati itsuaren funtzioa da sisteman airea sartzea saihestea da. Zati itsuaren luzera aldaparen, iragazkortasun bertikalaren eta horizontalaren arteko ratioaren eta hodi horizontalen geruzen arteko distantziaren menpe egongo da. Eremu itsua % 2ko gutxieneko aldaparekin jarri behar da, sifoiarekin bilketa.sistemaren azpiko muturrean, ur-pilaketak saihesteko.

### ***Hobi-kanpaia (edo burua)***

Hobi-kanpaiak ezpondetan kokatu ohi dira. Kanpai horien funtzioa hobi bertikalen kanpaien berbera da (ikus gorago).

### **3.4.3 Kontrol-balbulen hautaketa**

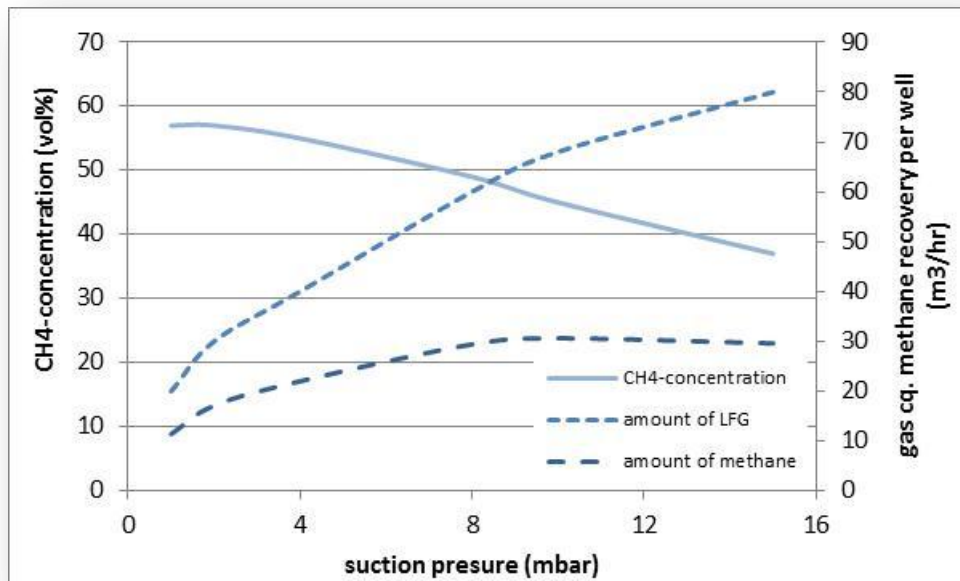
Zabortege-gasen berreskurapen aktiborako, 2-10 mbar inguruko depresioa sortzen da bilketa-hobietan<sup>4</sup>.

Hobiko benetako xurgapen-presioa erazutako zabortege-gasen kopuruaren eta kalitatearen arteko batezbestekoa da. Xurgapen-presioa handitzerakoan, hobiaren benetako eragin-eremua handitzen da. Nolanahi ere, giro-airea sartzeko arriskuaren handiagotzea dakar ere bai. Beraz, xurgapen-presioa handitzerakoan, lehenengo, berreskuratutako zabortege-gasen kopurua handitzen da. Une jakin bat pasatuta, gasen kalitatea hondatzen da, eta horiek airearekin diluitzen dira, nolabaiteko degradazio aerobikoa eraginda. Ondorioz, puntu hori gainditzerakoan, metano-kontzentrazioak murriztu egin daitezke, berreskuratutako gasen kopuru osoa handitzen den abiadura berarekin. Xurgapen-presioaren gorakada berriak ez ditu metano-isurpen txikiagoak ekartzen berekin; berreskuratutako gasak diluitu egiten dira (ikus 3.18 grafikoa). N<sub>2</sub>-ko kontzentrazioa handitu egiten dira, bai eta berreskuratutako gasetan oxigeno-kontzentrazio handiagoak izateko aukera ere<sup>5</sup>.

<sup>4</sup> Zabortege-gasen berreskurapenerako soplanteek 100 mbar inguruko presio osoaren handiagotzea dute askotan. Horietatik, 50-70 mbar inguru behar dira aprobeixamendurako, eta beste 20-40 mbar behar dira, bilketa-sistemako eta kontrol-balbuletako presio-beherakada gainditzeko. Hobi sakonek (luzera handiagoko zirrikiturik gabeko zatiekin) depresio handiagoak izan ditzakete.

<sup>5</sup> % 2ko bolumena gainditzen duten erazutako zabortege-gasen oxigeno-kontzentrazioak arriskutzat jo behar dira.

3.18. Grafikoa: Xurgapen-presioaren eragina metano-kontzentrazioan eta zaborte-gasen eta metanoaren berreskurapenean. (Oharra: hau adibide bat da soilik. Praktikan, baloreak desberdinak dira, hobi bakoitzaren arabera)



3.19 irudiak egoera bera deskribatzen du, ezberdintasun txikiren batekin. Hobian depresioa handitzerakoan, eragin-eremua ere handitzen da, goiko geruza iragazkorrarekin kontaktuan sartu arte. Puntu hori gaindituta (P3 bezala adierazia), depresioaren handiagotzeak aire-sarreraren gorakada dakar, batez ere.



soberakina zuzietan erre behar da. Estalduraren iragazkortasunean eta giro-presioan ematen diren eguneroko gorabeherak bariazioak sortzen dituzte egunero, berreskuratu daitekeen gas-kopuruan. Aprobetxatutako kopurua nahiko iraunkorra denean, zuzian erretako kopurua aldatu egiten da egunero. Soplantearen eta aprobetxamendu-sistemaren arteko presio-kontrol baten erabilerak gasen soberakinen kopuru aldagarria zuzira automatikoki bidaltzea ahalbidetzen du.

- Beste aukera bat soilik zuzian erretzeko egokia den gas-kalitatea erauztea da. Berotze-ahalmen txikiko gaserako zenbait zuzik % 15eko metano-kontzentrazio txikiak onartzen dituzte (ikus 3.26 koadroa)<sup>6</sup>. Horrela, metano-isurpenen murrizketa maximizatzea lortzen da. Gasen eduki energetikoa aprobetxatzen ez bada ere, aukera horrek BGen isurpenen murrizketa oso handiagoa eskaini ohi du. Nolanahi ere, gasen aprobetxamenduaren sarreren faltaren ondorioz, erakunde ustiatzaileek ikuspegi ekonomikotik interesgarriagoak diren beste aukera batzuk hautatu ohi dituzte, baina ez dira hain interesgarriak ingurumenaren ikuspuntutik.
- Gas-kopurua: hobietako xurgapen-presioa gas-kopuru jakin bat berreskuratzeko moduan erregulatzen da. Xurgapen-presioa automatikoki doitu daiteke, adibidez, hobi bakoitzean kokatutako masa-emariaren kontrolatzaileen bidez, edo soplantetik gertu dagoen masa-emariaren kontrol orokorrarekin. Emariaren kontrol automatiko horrek xurgapen-presioa murrizten du, adibidez, euria egin ondoren, presio txikiagoa behar denean, zabortegei-gasen kopuru finkoa berreskuratzeko.

Adierazitako lehen aukerak gehienezko berreskurapena eta aprobetxamendua ekartzen ditu berekin. Bigarren aukerarekin, metano-isurpenen murrizketa handitzen da. Nolanahi ere, zenbait kasutan, aukera hori ez da errentagarria. Egoera delikatuetan, adibidez, zabortegeiaren fase metanogenikotik ondorioztatutako usain-arazo larriekin, aukera hori kontuan izan liteke. Azken aukera aprobetxamendu-proiektuetan hartzen da askotan, neurri handi batean, gai ekonomikoen ondorioz. Halaber, metano-isurpen handiagoak gertatuko dira,

---

<sup>6</sup> Metano-kontzentrazio txikietaranzko orientazioa ez da beti behar bezalakoa, oxigenoaren xurgapenak eragiten dituen arazoak direla eta. Kasu horietan, sistema doitzen den behe-muga pixka bat handiagoa den metano-edukiari dagokio, eta oxigeno-kopurua da faktore mugatzailea.

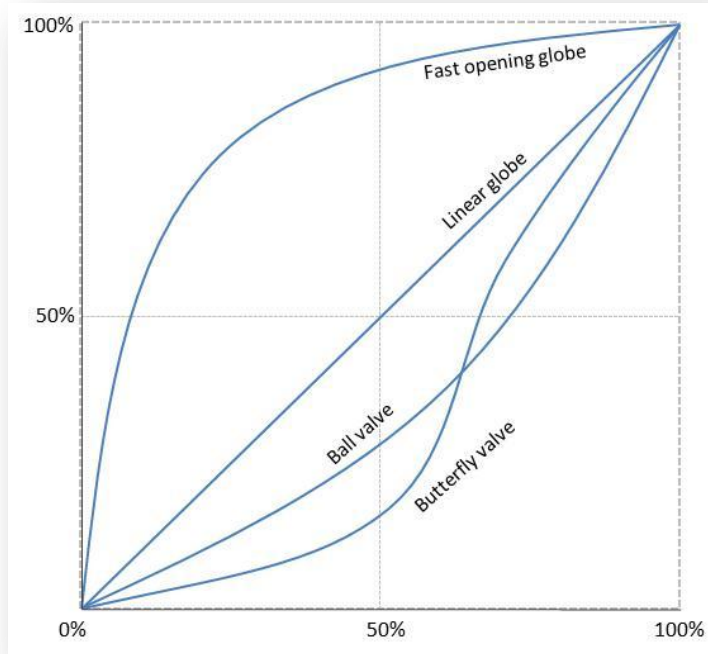
berreskuratu daitezkeen metano-kopuruek euren aprobetxamendu-gaitasuna gainditzen duten aldietan.

### ***Kontrol-balbula***

Kontrol-balbularen hautaketa funtsezkoa da hobien xurgapen-presioa kontrolatu ahal izateko. Era berean, funtsezkoa da balbularen irekieraren eta hortik igarotzen den gas-kopuruaren arteko harremana; hori ahal bezain lineala da (ikus globoaren balbula lineala 3.20 grafikoan). Harreman lineal horrek xurgapen-presioaren eta emariaren kontrolagarritasun optimoa bermatzen du, balbulen irekiera-tarte osoan, % 0tik % 100era. Irekiera azkarreko balbula da gutxien gomendatutako aukera; % 25eko balbula-irekierak gehienezko emariaren % 75 baino gehiago dakar. Ondorioz, gehienezko emariaren % 0 eta % 75 arteko tartean dagoen fluxu-kontrolagarritasuna oso mugatua da. Balbula azpilinealak erabil daitezke (adibidez, tximeleta-edo bola-balbulak). Balbula horien ezaugarriak optimizatu egin daitezke, hodiaren diametro baino txikiagoa den balbula-diametroa hautatuta (adibidez, NW 40 mm-ko edo NW 50 mm-ko (diametro izendatua) tximeleta-balbula, 75 mm-ko edo 90 mm-ko hodian (kanpoko diametroa)), eta egokigailua erabilita, biak konektatzeko.



### 3.20. Grafikoa: Balbularen ezaugarriak



Balbula baten hautaketa ez da horren ezaugarrietan soilik oinarritzen; bere egituran ere oinarritzen da (adibidez, kondentsatutako ura hobira birzirkulatzeko aukera, eta zabortege-gas hezeen korrosioari aurre egin behar dioten erabilitako materialak). Horregatik, batzuetan, nahiago da ezaugarri basikoagoak dituzten balbulak hautatzea.

Bilketa-hodietako xurgapen-presioaren aldaketek hobi batean bildutako gas-kopuruan duten eragina txikitzeko, balbularen presio-beherakadaren eta bilketa-sistema osoan izandako presio beherakadaren arteko ratioa behar bezain altua izan behar da. Balbulako presio-beherakada hobitik soplantera doan bilketa-sistema osoan izandako presio-beherakadaren heren batekoa izatea gomendatzen da, gutxienez.

## 3.5 Zabortegei-gasak biltzeko hoditeria

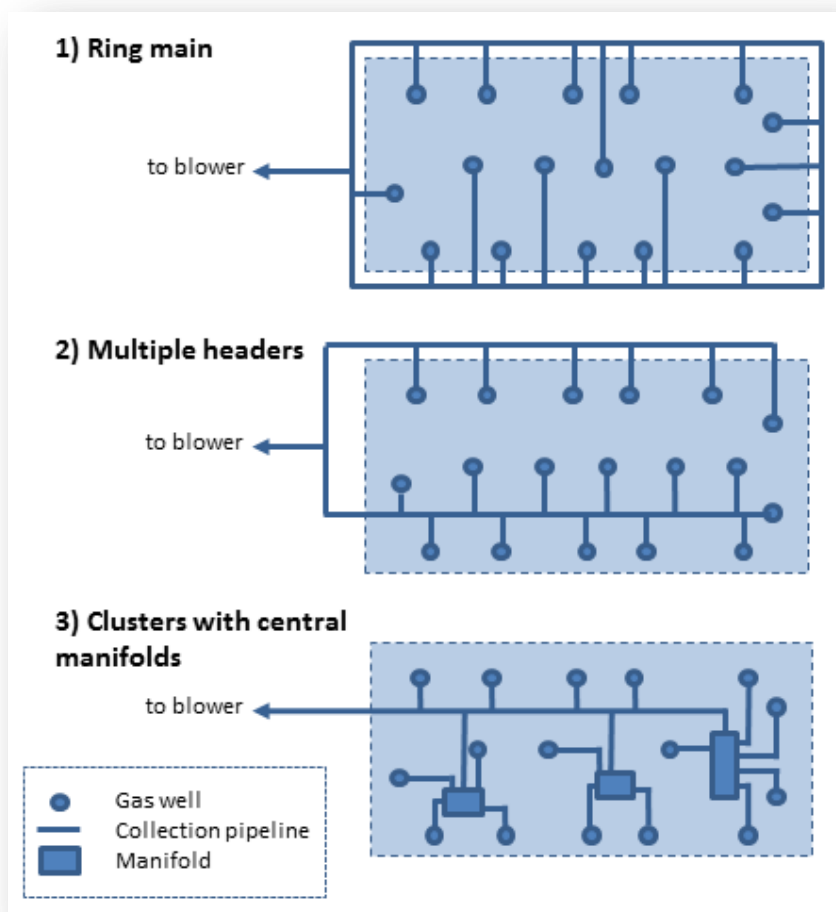
### 3.5.1 Hoditeria; Hodiak

Hoditeria-sistema batek hobietatik datozen gasak jasotzen ditu, eta zuzira edo aprobetxamendu-unitatera garraiatzen ditu. Normalean, sistema horrek HDPE hodiak ditu instalatuta zabortegeiaren estaldura-zigilatzean. Hainbat aukera daude hobi-sarearen antolakuntza orokorra gauzatzeko. Hobiek eraztun-motako tipologia izan dezakete, taldeetan antolatu daitezke, edo bilketa-hodi nagusi bakar batera konektatu daitezke. Sistema guztiak aurreratutzat jo daitezke.

Sistema egokienaren hautaketa honako gai hauen menpe dago, besteak beste:

- Eragozpenik gabeko lursailaren eskuragarritasuna (hondakinak utzi ez diren eta finkapen-arriskurik gabeko lursaila).
- Kokapenaren geometria.
- Berrezarpen-profila eta tokiko topografia.
- Araudi-murrizketak edo bestelakoak (adibidez, aprobetxamendu-unitatearen eta zuziaren kokapena ematen dutenak).

3.21. Grafikoa: Gas biltzeko hodi-sistemak izan dezakeen antolakuntza

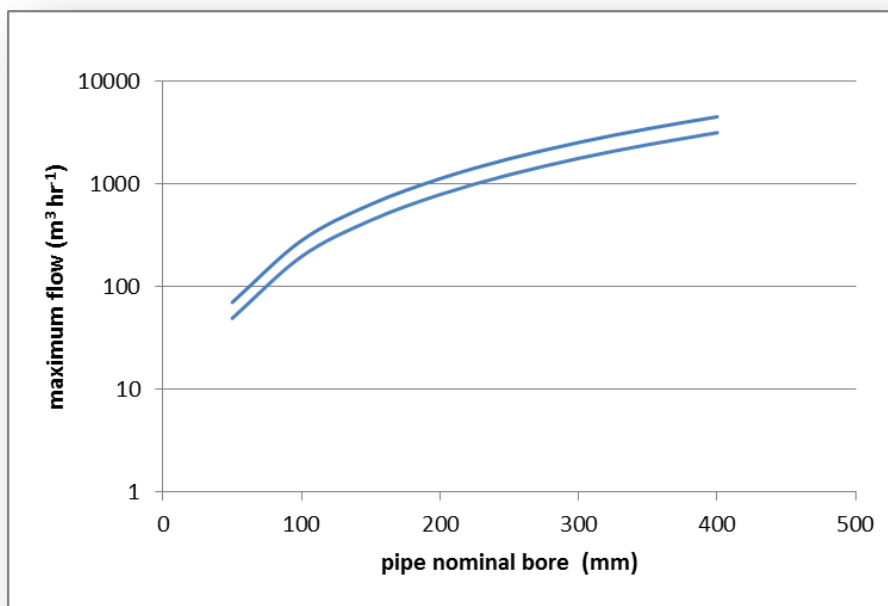


Hoditeriaren inguruko aspektu garrantzitsuak:

- Sendotasun-, malgutasun- eta korrosioaren aurkako erresistentzia-arrazoiak direla eta, hobe da dentsitate handiko polietilenoazko (HDPE) (PE 100), dentsitate ertaineko polietilenoazko (MDPE) edo polipropilenoazko (PP) bilketa-hodiak hautatzea. Hodien hormaren lodiera ertaina izan behar da (hodiaren diametroaren eta hormaren lodieraren arteko 17ko ratioarekin), finkapen irregularrei aurre egiteko, gutxienez.
- Sistema sortzea aurreikusten den gasen gehienezko kopuruaren arabera dimentsionatu behar da. Orokorrean, gasek ez dute  $7-10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ -ko abiadura gainditu

behar, hodietan. Tarte horren beheko muga diametro txikiko hodie dagokio, gasen korrontez kontra doan kondentsatutako uraren deuseztapenarekin. Horren emaitza 65 mm eta 100 mm arteko diametro izendatua (DI) da banan banako hobietara daramaten hodian kasuan, 300 mm-ra arteko DIa hobi aniztunetara daramaten hodian kasuan, eta 450 mm-ra arteko DIa kanpai handiekin konektatutako hodiatarako. Kondentsatuen deuseztapena errazteko, ez dira 65 mm-tik beherako diametro izendatua duten hodiak erabili behar. 450 mm-tik gorako DIa duten hodiak erabiltzea ez da oso ohikoa; izan ere, kostu handiagoak eragiten dituzte, eta malgutasun txikiagoa eskaintzen dute.

**3.22. Grafikoa: Hodiaren diametro izendatua (barne-diametroa, gasaren gehieneko emariaren aurrean, gasaren 7 a 10 m s<sup>-1</sup>-ko gehieneko abiadura emanda**



- Pilatutako kondentsatuak hodiak blokeatu ahal izatea saihesteko, horiek % 2ko gutxieneko aldaparekin jarri behar dira (metro bakoitzeko 2 cm-ko gorakako malda), zaborteziaren berezko inklinazioa ahal bezainbeste aprobetxatuta. Kondentsatua korrontez kontra deskargatu behar izanez gero (gas-fluxuaren aurkako norabidean), % 4 eta % 5 arteko aldapa gomendatzen da. Zaborteziaren kanpoan, zoru egonkorretan instalatutako hodiatarako, % 2ko aldapa nahikoa izan

daiteke (ikus jarraian, kondentsatuekin arazoak saihestera zuzendutako beste neurri batzuk ezagutzeko).

- Espezifikazioetan zein bilketa-sistemako elementu guztien hautaketan, kontuan izan behar da kondentsatuaren izaera potentzialki korrosiboa (pH de 3-4;  $\text{NH}_4\text{-N}$  de 3-15  $\text{mg.l}^{-1}$ ;  $\text{Cl}^-$  de 1-4  $\text{mg.l}^{-1}$ ).
- Ahal izanez gero, hodiak estalduran instalatu behar dira, 50 cm-ko gutxieneko sakonerara; azaleratik gertuago kokatu daitezke zoruaren erabilera intentsiboa baztertu daitekeenean (adibidez, kamioiak hodian gaintik pasatuko direla guztiz baztertu badaiteke). Hodiak utzitako hondakinetan instalatzen badira, hondar-geruzarekin inguratu behar dira, euren egonkortasuna hobetzeko.
- Zabortegei batzuetan, hodiak zoru-mailan daude instalatuta, zutabeekin oinarrituta. Sistema horren abantaila da hodiak erraz kontrolatu eta konpondu daitezkeela. Halaber, arazorik gabe konpentsatu daitezke finkapenak. Horren desabantaila da antolakuntza hori urrakorragoa dela, eta hodiak guztiz buxatu daitezke, kondentsatuaren izozketaren ondorioz, klima hotzetako neguan.
- Hodien arteko konexioak eta hodian eta hobien edo sifoiaren arteko konexioak malguak izan behar dira, hondakinen finkapen irregularrei aurre egiteko. Era berean, konexioak behar bezain sendoak izan behar dira; hobe izango da hodian arteko konexioak soldatzea eta hodi-hobi zein hodi-kanpai konexioak bridan bidez gauzatzea.
- Hodi-sistema balbulen bidez sistematik deskonektatu ahal izango diren sekzio ezberdinez osatu behar da, ahal izanez gero. Horrela, istripua edo ihesa izanez gero, bilketa-sistemaren zati bat soilik isolatu beharko da. Kanpian instalatzen ez badira, hobi bakoitzaren presioaren kontrol-elementuak hodi-sisteman sartu behar dira.

### 3.5.2 Aldi baterako konexioak

Aurretik deskribatu bezala, ustiatzen ari diren sekzioetatik gasa berreskuratzea funtsezkoa da berreskurapen-eraginkortasun integral altua lortzeko. Ustiapen-sekzioetan kokatutako hobien konexioak (aldi baterakoak zein behin-betikoak) kontsiderazio berezi batzuk behar ditu:

- Berreskurapen-eraginkortasuna maximizatzeko eta konektatu gabeko hobiak eragiten dituzten ingurumen-arazoak minimizatzeko (konektatu gabeko hobiak usain txarren iturri zehatzak izan daitezke; ikusi gorago), hobiak bilketa-sistemara konektatuta mantendu behar dira, ahal bezainbeste. Horretarako, hainbat kasutan, aldi baterako hodiak erabili daitezke, edota mahuka malguak, batzuetan.
- Askotan, ez da bideragarria aldi baterako hodiak hondakinetan edo estaldura-materialean instalatzea eta, horregatik, isurpenaren azaleraren gainean jarri behar dira. Kasua hori izanez gero, aldi baterako hodiak edozer kalteren aurrean babestera zuzendutako neurriak hartu behar dira; adibidez, hondakinak garraiatzeko kamioiek, iraulkiek eta zabortegiko konpaktazio-makinariak eragindakoak. Babes-neurriek baliabide fisikoak (konoak edo hormigoizko blokeak) edo seinaleztapen-sistemak (zintak edo ohartarazpen-seinaleak) har ditzakete barne.
- Azalera antolatutako hodiekin klima-baldintzek eragindako kalteak jasateko arrisku handiagoa dute (haize bortitzak, tenperatura-aldaketaren edo eguzki-argi zuzenaren ondoriozko biltzeak eta zabaltzeak). Aurrekoa dela eta, ikuskapen eta integritate-saiakera sarriak egin behar dira.
- Kokapeneko beste toki batzuetako zabortegi-gasen bilketaren jarraitutasuna bermatuta egon behar da. Balbula nagusiak bilketa-sisteman sar daitezke. Horrek aldi baterako bilketa-sistemaren sekzioak bilketa-sistemaren zati nagusitik isolatzea ahalbidetzen du.

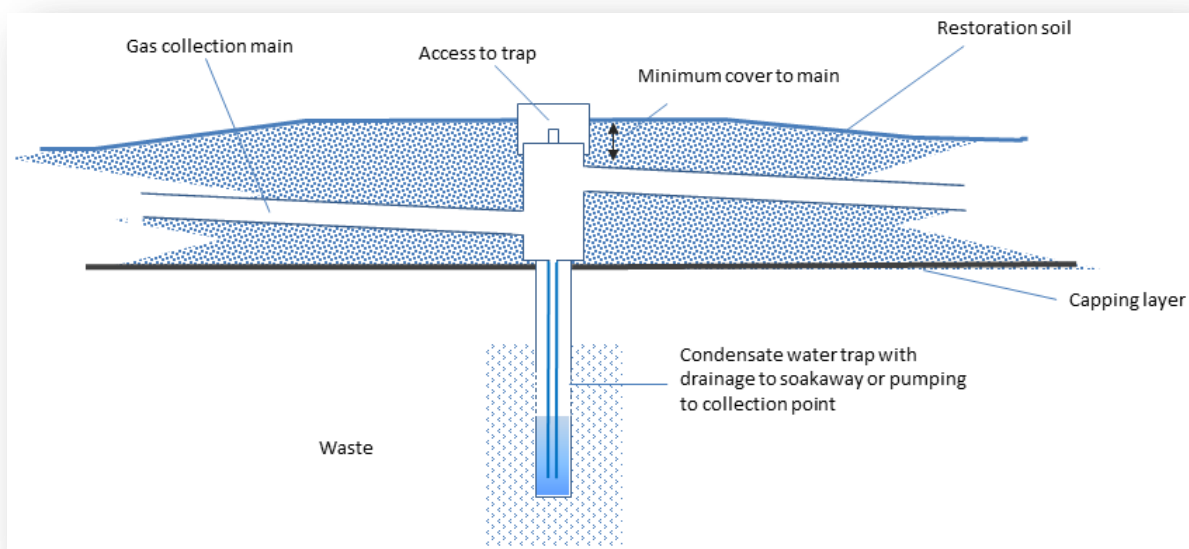
### 3.5.3 Kondentsatuaren biltodiak

Kondentsatuaren kudeaketa zuzena funtsezkoa da zabortegi-gasen berreskurapenaren funtzionamendu egokirako. Zabortegi-gasak 40 °Cko tenperatura maximoetan sortzen dira, eta guztiz asetzen dira ur-lurrunarekin, askatzerakoan. Baldintza normaletan, kondentsatuaren 30 g inguru sortzen dira gasen m<sup>3</sup> bakoitzeko. Orduro 200 m<sup>3</sup> berreskuratzen diren zabortegian, kondentsatuaren 144 litro sor daitezke egunero. Hobiaren kanpian eta bilketa-hodiaren lehen metroetan, gasak hoztu egiten dira, eta ura kondentsatu egiten da. Kondentsatua bilketa-sisteman pilatzen da. Ur kondentsatuak eragindako buxadurek arazoak sortzen dituzte zabortegi-gasen berreskurapenean. Gainera, kondentsatuak aparrak sor ditzake, eta horiek bilketa-sistemaren presio-beherakadara gehitzen dira.

Kondentsatuaren kudeaketa egokiak hainbat jarduera hartzen ditu barne:

- Hobiaren kanpaiko edo buruko uraren deuseztapena. Kanpaiaren beran edo bilketa-sistemaren lehen metroetan sortzen den kondentsazioa hobira eta hondakinetara birzirkulatu behar da berriro. Hori nahiko erraza da, hobiak balbularik ez duenean (adibidez, balbula bilketa-sisteman kokatzen denean). Bestela, hobiak sifoia izan dezakete kanpaiaren kondentsatua kudeatzeko.
- Hodiak % 2ko gutxieneko aldapa izan behar dute (edo % 5era arteko goi-aldapa, korrontez kontra joanez gero), hondakinetan instalatuta daudenean (2 eta 5 cm artean, metro bakoitzeko; ikus 3.5.1 atala ere bai).
- Sistemaren puntu baxuak urari iragazgaitzak diren sifoiaren bidez purgatu behar dira; ikus 3.23 eta 3.24 irudiak.

### 3.23. grafikoa: Bilketa-sistemaren ur kondentsatuaren kudeaketa



Sifoiaren pisuaren eta hondakinen deskonposizioaren gehikuntza potentzialaren konbinazioa arazo potentziala da, sifoiko hezetasun-edukiaren gorakada dela eta. Horrek sifoiaren finkapen handiagoa eta kalteak eragin ditzake bilketa-sisteman. Arazo hori konpontzeko, bilketa-hodietatik fisikoki deskonektatutako kondentsatuaren sifoiak/biltodiak erabil daitezke, 3.24 irudian adierazi bezala. Halaber, bilketa-hodietan J formako biltodiak instalatu daitezke,





emateko, zuziak eta aprobetxamendu-unitateak behar bezala funtzionatu dezaten (40 mbar gutxi gorabehera).

*Booster* zentrifugoak (haizagailuak), *booster* birsortzaileak eta Roots soplanteak maiz erabiltzen dira desgasifikazio-proiektuetan. Soplantearen hautaketa honako honen araberakoa da:

- *Beharrezko gaitasuna.* Soplantearen gaitasuna berreskuratu daitezkeen gasen gehienezko kopuruan oinarritu behar da, sorkuntza-gorakadetan ere, berreskurapen eraginkorra errazteko, ustiapen-aldia amaitu bezain laster.
- *Beharrezko presio-goragunea,* hau da, soplantearen aurreko depresioaren eta soplantearen ondoko gainpresioaren batuketa. Beharrezko presioaren aldea bilketa- zein garraio-sistemetan aurreikusitako presio-beherakadaren menpe dago, bai eta zuziaren edo aprobetxamendu-unitatearen aurretik behar den presioaren menpe ere, besteak beste. Hainbat kasutan, (etapa bateko edo biko) *booster* zentrifugoa nahikoa izango da. Nolanahi ere, batzuetan, presio handiagoak behar izan daitezke aprobetxamendu-unitatearen aurretik, adibidez, zabortege-gasak mintzen bidez arazteko, eta gas naturalaren ordeztzeko. Kasu horretan, agian nahiago izango dira presio-goragune handiagoa duten soplanteak.
- Soplantearen *gaitasun-kontrolaren aukerak* (gutxienez, izendatutako gaitasunaren % 20ra arte). Zabortege-gasen sorkuntza gutxika murrizten da, denbora pasatu ahala. Hobietako xurgapen-presioa modu errentagarrian eta energetikoki eraginkorrean kontrolatzeko, soplantearen gaitasuna murriztu behar da, hobi guztietako kontrol-balbulak doitu ordeztzeko. Soplante baten bira-erregimena engranajeak eta uhalak aldatuz kontrolatzeak dirudi aukera sinpleena. Bestela, motor elektrikoan frekuentzia-kontrolagailuaren erabilera proposatu daiteke.
- *Olio-lubrifikazioarekin edo gabe.* *Booster* zentrifugoek eta Roots soplanteek ez dute olio lubrifikatzailerik erabiltzen. Badira olio lubrifikatzailea erabil dezaketen beste soplante batzuk. Olioaren zati bat gasean amaitzen da eta, ondoren, bereizi, eta soplanteantantz joaten da berriro. Kasu horretan, olio eta kondentsatua nahastea saihestu behar da.

- Instalazioaren *segurtasuna* mantentzeko, zabortege-gasen O<sub>2</sub> kontzentrazioak arretaz zaindu eta ezarritako mugen azpitik mantendu behar dira (bolumeneko % 1, gutxi gorabehera). Suhesi-plakak instalatu behar dira soplantearen bi aldeetan.
- *Energiaren erabilera eta kostu orokorrak* soplantearen presio-gorakadaren, konpresorearen eraginkortasunaren eta soplantearen gaitasuna kontrolatzeko moduaren menpe daude. Beraz, soplante ezberdinak konparatu behar dira euren gaitasun izendatuan eta, adibidez, gaitasun izendatuaren % 50ean eta % 25ean. Kostuak minimizatzeko, kontuan izan beharreko beste aspektu batzuk existitzen dira, Horietako bat diametro handiagoko bilketa-hodien hautaketa da (bilketa-sistema garestiena). Aukera horrek presioaren beherakada eta soplantearen kostuak murriztea ahalbidetzen du. Beste aukera bat hainbat soplante txiki erabiltzea da, handi baten orde. Aukera horrek soplante bat deskonektatzea ahalbidetzen du, beste toki batean erabiltzeko, gasaren sorkuntza nabarmen murriztu denean.
- Xurgapenaren eta konpresoreen zein soplanteen presioaren babes bikoitza gomendatzen da.

**3.1. TAULA: SOPLANTEEN, KONPRESOREEN ETA BOOSTER-EN ADIBIDEAK**

Mota	Emaria tipikoa (Nm <sup>3</sup> /h)	Presio tipikoaren gorakada (mbar)	Oharrak
Etapa bateko <i>booster</i> zentrifugoa	2000	130	Zabortege-gasak berreskuratzeko egokia; maiz erabiltzen da horretarako. Mantentze-kostu eta gas zikinekiko (korrosiboak) tolerantzia txikiak.
Bi etapako <i>booster</i> zentrifugoa	2000	200	Zabortege-gasak berreskuratzeko eta kontsumitzaileari hornitzeko egokia. Sorkuntza elektrikorako gas-hornidurarako erabiltzen da maiz.
<i>Booster</i> birsortzailea	1000	200	Zabortege-gasetarako egokia, baina gutxiago erabiltzen da.
Roots soplantea	1000	1500	Aldizkako erabilera, adibidez, presio handia behar denean, distantzia luzeko garraiorako edo gas naturalaren ordeko gasa ekoizteko. Ur likidoarekiko intolerantzia.

Mota	Emaria tipikoa (Nm <sup>3</sup> /h)	Presio tipikoaren gorakada (mbar)	Oharrak
Pala irristagarrien konpresore birakaria	1000	1000	Roots soplantarekin bezala. Ustiapen- eta mantentze-kostu nahiko altuak.
Konpresore alternatiboa	1000	> 50 000	Gas naturalaren ordezeko gasa ekoizteko erabiltzen da. Ustiapen- eta mantentze-kostu altuak.

### 3.6.2 Zabortegi-gasetarako zuzia

Zuzia metanoa eta zabortegi-gasetan existitzen diren beste kutsatzaile batzuk deuseztatzeko erabiltzen da, horien potentzial energetikoaren aprobetxamendurik gabe. Bi arrazoi existitzen dira gasak zuzian erretzeko:

- Aprobetxamendu-aukerarik ez duten zabortegi-gasen *etengabeko errekuntza*. Adibidez, berreskuratu daitekeen gas-kopuruak aprobetxamendu-gaitasuna gainditzen duenean; arrazoiren batengatik, aprobetxamendu-gaitasunik ez dagoenean; edo gasaren kalitatea ez denean aprobetxatu ahal izateko nahikoa.
- Zabortegi-gasen *errekuntza zehatza*, adibidez, aprobetxamendu-gaitasuna aldi baterako murrizten denean, mantentze-lanak edo konponketak direla eta.

Zuziaren kalitatea murrizten bada, metanoaren eta zabortegi-gasetan dauden kutsatzaileen deuseztapena murriztu daiteke, horrek beste kutsatzaile batzuk sortzeko duen arriskuarekin (NOX, CO, baina baita dioxinak eta PAHak ere), kontrolik gabeko edo osatu gabeko errekuntzaren ondorioz. Zuziaren kalitatea zabortegi-gasen eta garraren aurreko errekuntza-airearen nahasketaren kalitateak, garraren tenperaturak eta gasek zuzian ematen duten denborak zehazten dute.

Hiru zuzi-mota bereizten dira:

- Gar irekiko zuzian, garra zuziaren muga fisikoen haraindian zabaltzen da. Errekuntzako lehen mailako airea zabortegi-gasekin nahasten da zuziaren geometrian; aldiz, bigarren mailako airea garraren konbekzio naturalatik dator. Zuzi-mota horretan, bereziki, bere gehieneko gaitasunaren azpiko karga-

indizeekin, ezinezkoa edo oso konplexua da errekontza-baldintzak kontrolatzea. Hobe da zuzi-mota hori etengabeko errekontzarako ez erabiltzea.

- Gar ezkutuko zuzian, errekontza bere geometriaren barnean gertatzen da erabat. Normalean, garraren temperatura neurtzeko eta kontrolatzeko, bigarren mailako airea gehitzen da, errekontza eraginkorra ahalbidetzen duten zuziaren pertsiana moduko irekiduren bidez. Gar ezkutuko kontrolatutako zuzien metano «slip»a edo galera (hidrokarburoen errekontza partziala edo nulua) % 3tik beherakoa izan ohi da. Pertsiana moduko irekidurarik gabeko bigarren mailako airerako gar ezkutuko zuziaren gehienezko gaitasunaren azpiko karga-indizeak dituzten errekontza-baldintzak ezin dira pertsiana moduko irekidurak dituen gar ezkutuko zuziaren kasuan bezala kontrolatu; beraz, hobe da lehena etengabeko errekontzarako ez erabiltzea.
- % 100eko errekontza-airearen aurre-nahasketa duten zuziak. Mundu anglosaxoian, zuzi horiek «knits» deitzen dira. «Knit» errekontzarako oiantze-funtzioa duen oihal metaliko termoerresistentea da. Errekontza-airearekin egindako % 100eko aurre-nahasketari esker, oso gar txikiak eta oso errekontza eraginkorra lortzen dira (% 99tik gora). Gainera, zuzi mota hori metano-kontzentrazio oso txikiko gasak erretzeko gai da (>% 15 CH<sub>4</sub>).

Zuziaren hautaketa honako baldintza hauen menpe dago:

- *Zuzien isurpenen inguruan existitzen den legeria.* EBn, zuziek IPCCren araudian xedatutakoa bete behar dute. Araudi horrek zuziak izan behar duen kalitatea ezartzen du; askotan, gar ezkutuko zuziak beharko dira, etengabeko errekontzako eragiketarako. Halaber, garrantzitsuak dira beste aspektu batzuk, hala nola zuziaren kokapena eta altuera (izan litezkeen kutsatzaileen dispertsio zuzenerako). Gainera, arreta berezia jarri behar zaio zuziaren pizte-sistemari (adibidez, pilotu edo pizte elektrikoarekin). Erabilitako sistema aurreratua izan behar da, eta legezadapenak bete behar ditu. Praktikan, lege-agintariak gasen errekontza zehatzerako bakarrik onar ditzakete zuzi irekiak.
- Zuziaren *gaitasuna* berreskuratu daitezkeen zabortegi-gasen gehienezko kopuruan oinarritu behar da, sorkuntza-gorakadan ere, berreskuratutako gasen deuseztapen eraginkorra errazteko, ustiapen-aldia amaitu bezain laster.

- *Kostuak.* Gar ezkutuko zuzia gar irekikoa baino bi edo hiru aldiz garestiagoa izan daiteke.
- *Ingurunea,* adibidez, zaborteziaren eragiketa eta horren inguruneak. Zuziaren ikusgarritasuna eta zarata eragozpen-arrazoia izan daitezke. Gar irekiko zuziak guztiz ikusgarriak dira eta, orokorrean, gar ezkutukoak baino zaratatsuagoak dira. Zuziaren eraikuntza-diseinuak eta gaitasunak ere zaratan eragiten dute.

### 3.6.3 Zabortezi-gasen isurpenen kontrola zuzian

Errekuntzaren kontrolean eta isurpenetan eragiten duten hiru faktore nagusiak denbora, tenperatura eta turbulenzia dira. Konektatutako faktore horiek batera errendimendu onargarria mantentzen eta isurpenen kalitatearen narriadura saihesten laguntzen dute. Errendimendu-faktore horietako bat murriztu egin daiteke (adibidez, denbora) eta, aldi berean, besteetako bat handitu (adibidez, turbulenzia). Gar ezkutuko zuzi tipiko batean, errekontza-airearen hornidura kontrolatu egin behar da, 900 °Cko gutxieneko tenperatura eta tenperatura horretan 0,3 segundoko erresidentzia lortzeko, zabortezi-gasen konposizioaren eta errendimendu operatiboa alde batera utzita. Hori errendimendu-parametro adierazlea da, eta isurpen-mailak errespetatzen direla frogatzea ahalbidetzen du. Errendimendu-parametro alternatiboak onargarriak dira isurpen-mailen betearazpena frogatu badaiteke (adibidez, tenperatura baxuagoaren edo erresidentzia-denbora handiagoaren edo nahasketa eraginkorragoaren bidez). Azken hori airearen % 100eko aurre-nahasketa duten zuzien kasua da. Zuzi horien erresidentzia-denbora ez da garrantzitsua, nahasketaren optimizazioa dela eta.

Errekuntzaren eraginkortasunaren kontrolak garrantzi gutxiago du errekontza-airearen kontrola duten gar ezkutuko zuzien eta errekontza-aireko % 100eko aurre-nahasketa duten zuzien kasuan. Zuzi horiek errekontza-eraginkortasun oso handiak frogatu dituzte. Beste zuzi-mota batzuk erabiltzen direnean, edo zuziaren errekontza-eraginkortasuna egiaztatzea behar duten beste arrazoi batzuk existitzen direnean (adibidez, mantentze urriko frogak edo funtzionamendu-hutsegite partzialak), eraginkortasun hori kontrolatzeko oso garrantzitsuak diren bi parametro daude: KOLak edo hidrokarburoak ( $C_xH_y$ ) eta karbono-monoxidoa (CO). Airearen kalitatearen inguruko tokiko araudiaren arabera, parametro osagarriak behar izan daitezke kontrol- edo egiaztapen-helburuekin, hala nola nitrogeno-oxidoak ( $NO_x$ ) edo sufre-oxidoak ( $SO_x$ ). Airearen kalitateari buruzko araudia ez da sartzen gida-dokumentu honetan.

Laginak biltzeko edozer estrategiak arriskuak sortzen dituzten baldintzekiko esposizioa saihestu behar du, bereziki. Banan banako babes-ekipamenduak erabili behar dira, azken baliabide gisa. Adibidez, kontrola ez da gauzatu behar, garra ez badago guztiz kapsulatuta, edo garra ikusgarria bada ganbararen gainean. Lan-eremua zuziaren irteera baino 3 metro beherago izatea gomendatzen da, gutxienez, beheranzko korrontearen arriskua murrizteko.

Nolanahi ere, laginketaz arduratzen den taldeak suaren aurkako buzoak eta buru-berokiak erabiltzea gomendatzen da, bai eta aurpegi-pantailak ere, ohiko banan banako babes-ekipamenduarekin batera. Zuziek sarbide-portuak izan ditzakete ganberan, zuzi operatiboen kontrol-prozedurez arduratzen diren langilek zoru-mailan eta toki seguruan lan egiten dutela bermatzeko. Zuziaren alboak lagin-harguneak baditu, horiek laginketa-zunda jartzeko erabil daitezke. Nolanahi ere, eta segurtasun-arrazoiak direla eta, normalean ezin da zunda laginketa-puntu ezberdinen artean aldatu, zuzia operatiboa dagoen bitartean. Errekuntzaren aldakortasunak gorabehera garrantzitsuak eragin ditzake edozer momentutan, zuziaren kontzentrazioetan. Hainbat laginketa-puntu hautatu behar dira, ahalik eta lagin adierazgarriena lortzeko. Laginketa-puntuak bi plano perpendikularretan jarri behar dira, eta euren kopuru minimoa zehaztu behar da. Era berean, zuziak laginketa-portuen kokapenean gar ikusgarriaren falta bermatzeko moduan jardun behar du, ganberaren barnean. Laginketa garraren aurrealdearen haraindian gauzatu behar da, horren izaera kimikoak eragindako ezjakintasunak saihesteko eta, horrela, isurpen-lagin adierazgarrien jasotzen dela bermatzeko.

Aurreko baldintza guztiek prozedura konplexua eta garestia bihurtzen dute errekuntza-eraginkortasunaren kontrola. Sistema sinpleago bat da laginak laginketa-plano batean egitea, zuziaren irteeratik metro 1eko distantzia minimora. Laginketa-planoaren aurretiazko ikerketa gauzatu behar da, parametro espezifiko bat edo bi kontuan hartuta (adib. CO edo NOx). Planoa onargarritzat jotzen da, horren bariazioa %  $\pm 15$  baino txikiagoa bada. Temperatura oraindik 500 °Ctik gora egon badaiteke ere laginketa-jarreran, isurpen-neurketek zuzia uzten duten isurpenak irudikatuko dituzte. Erreakzio kimiko nagusiak amaitzear egongo dira, eta ingurumenera askatutako isurpenen adierazgarriak izango dira. Pentsa daiteke errekuntza eraginkorra dela laginketa-puntu horretako KOL kontzentrazioak 10 mgC.m<sup>-3</sup>tik beherakoak badira, eta karbono-monoxidoarenak 100 mg.m<sup>-3</sup>tik beherakoak badira.

**3.2. TAULA: ZABORTEGI-GASEN ZUZI-ERREKUNTZATIK DATOZEN ISURPEN-MAILA ESTANDARRAK (MG.M<sup>-3</sup>#ETAN), EUROPAKO HERRIALDEETAN**

	Alemania 1996 (proposamena)	Alemania 2001	Suitza	Belgika	Ingalaterra, Gales eta Eskozia (jadanik existitzen diren instalazioak)	Ingalaterra, Gales eta Eskozia (instalazio berriak)
Partikulen materia	10	–	10	5	–	–
Sufre dioxidoa	–	–	50	35	–	–
Nitrogeno-oxidoak	200	200	80	150	150	150
Karbono-monoxidoa	50	100	50	100	100	50
Hidrogeno kloruroa	10	–	20	–	–	–
Hidrogeno fluoruroa	1	–	2	–	–	–
Hidrogeno sulfuroa	–	–	–	–	–	–
Amoniakoa	–	–	5	–	–	–
Kadmioa	0,05	–	0,1	–	–	–
Merkurioa	0,05	–	–	–	–	–
Metalak guztira	0,5	–	1	–	–	–
KOL osoak (K bezala)	10	–	20	–	10	10
Metanoa ez den KOL	–	–	–	–	5	5
PCDDs/PCDFs (I-TEQ)*	0.18.10 <sup>-6</sup>	–	–	–	–	–

# mg.m<sup>-3</sup> % 3ko oxigeno-kontzentrazioarekin, lehorra eta 0°C, 101.3 kPa

\* Nazioarteko baliabide toxikoak – PCDDen eta PCDFen kontzentrazioen normalizatutako adierazpena

Gomendatutako irakurketak Erresuma Batuko Ingurumen Agentzia, Guidance for monitoring enclosed landfill gas flares, LFTGN 05, <http://www.environment-agency.gov.uk/business/sectors/108918.aspx>

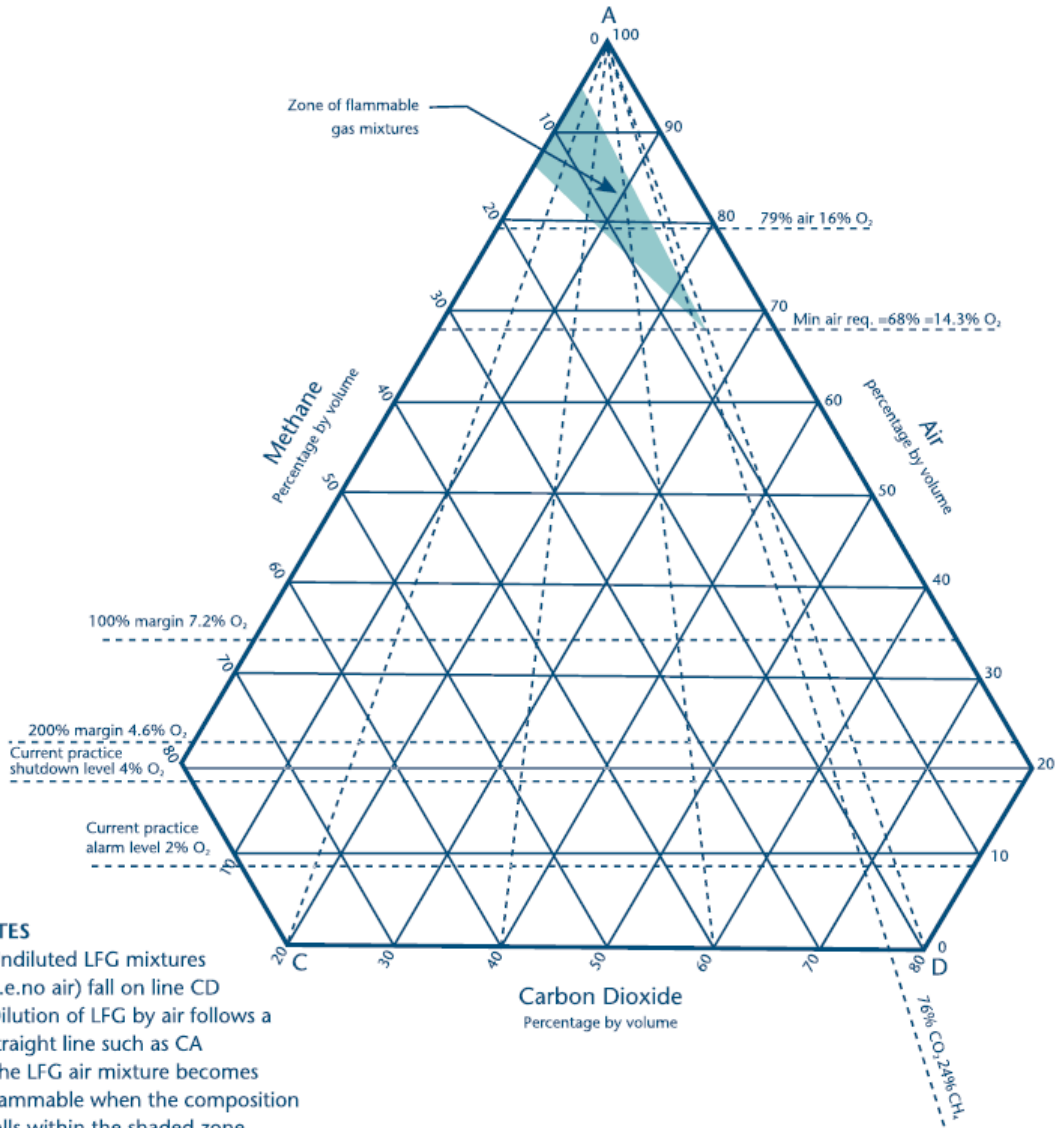
### 3.6.4 Segurtasuna

Zabortege-gasen berreskurapen-prozesuan, leherketa-arriskua eragin dezaketen metano- eta aire-nahasketak sortzeko aukera dago beti. Horregatik, etengabe kontrolatu behar da oxigenoaren presentzia berreskuratutako gasetan. Nahasketa leherkorra oxigeno-kontzentrazioa bolumeneko % 14 baino handiagoa denean eratu daiteke (ikus 3.26 grafikoa). Nolanahi ere, hodia hausten bada, oxigeno-kontzentrazioa azkar handituko da eta, beraz,

berehala gelditu beharko dira ekipamenduak. Horregatik, oxigeno-kontzentrazioak bolumeneko % 2 gainditzen duela adierazten duen alarma-sistema izan beharko da. Oxigeno-kontzentrazioa bolumeneko % 4koa denean, soplantea eta zuzia gelditu behar dira. Europako zenbait herrialdek nahiago dute bolumeneko % 1eko kontzentrazioarekin alarma-seinalea jarri, eta instalazioaren funtzionamendua gelditu, hori % 2ra iristen denean. 3.3 taulan, kontrol-parametroen multzo zehatza adierazten da.



3.25. Grafikoa: Aire-, metano- eta karbono-dioxido nahasketen lehergarritasun-mugak. (Iturria: Ingalaterrako eta Galeseko Ingurumen Agentzia, Erresuma Batua, (2004) TGN 03 Guidance on the management of landfill gas)



**NOTES**

1. Undiluted LFG mixtures (i.e. no air) fall on line CD
2. Dilution of LFG by air follows a straight line such as CA
3. The LFG air mixture becomes flammable when the composition falls within the shaded zone

Source: Cooper *et. al.*, 1993

**3.3. TAULA: ALARMA-SEINALEEN ETA SOPLANTEAREN ZEIN ZUZIAREN ITZALTZEAREN AKTIBAZIO-PARAMETROAK**

	Alarma-seinalea	Erregistroa	Gelditua
<b>Soplantea</b>			
Martxan	Bai/Ez		X
Hutsegite termikoa	X		
Depresioa	balorea	X	Baxuegia
Gehiegizko presioa	balorea	X	Altuegia <sup>1)</sup>
Tenperatura/presio-eremua	balorea	X	Altuegia <sup>1)</sup>
Hutsegitea abiaduraren kontrolean	X		X <sup>1)</sup>
Jarraipen-hutsegitea	X		X
O <sub>2</sub> edukia	Bolumeneko > % 1etik % 2ra		Bolumeneko > % 2tik % 4ra
CH <sub>4</sub> edukia	X	X	
Eragiketa-denbora		X	
Gas-emia (egungoa)	X		
Gas-emia (pilatua)		X	
<b>Zuzia</b>			
Sutzerik gabe	X		
Aurretiazko presio baxuegia	X		
Erretzeko tenperatura	X <sup>3)</sup>		
Gas-kopurua		X	

<sup>1)</sup> Ez aplikagarria konpresore zentrifugoetan

<sup>2)</sup> Langileari jakinarazteko alarma-seinalea, bolumeneko % 1 eta % 2 artean lortzerakoan; geldiketa bolumeneko % 2 eta % 4 artean lortzerakoan

<sup>3)</sup> Gar ezkutuko zuzietan soilik

### 3.7 Zabortegi-gasen aprobetxamendua

Zabortegi-gasek % 45 eta % 60 arteko metano-kopurua dute, eta erregai bezala erabili daitezke. Zabortegi-gasen aprobetxamenduak nabarmen bultzatu du teknologiaren garapena. Ahal izanez gero, energia jasotako zabortegi-gasetatik sortu behar da. Erakunde ustiatzailearen ustez, jasotako zabortegi-gasak ezin badira horretarako aprobetxatu, zabortegi horretan aprobetxatu ezin direla adierazten duten arrazoi espezifikoak frogatu behar dizkio ingurumen-organoari. Erakunde ustiatzaileek ahalik eta gas-kopuru handiena berreskuratu

behar dute, zabortegiaren bizi-zikloan zehar. Era berean, teknika erabilgarri onenak aplikatu behar dira. Jarraian, arrakastarekin aplikatu diren zabortegi-gasen zenbait aprobetxamendu-teknika xehatzen dira:

- Zabortegi-gasen zuzeneko erabilera, erregai gisa.
- Elektrizitate-sorkuntza.
- Beroaren eta elektrizitatearen kogenerazioa.
- Gas naturalaren antzeko kalitatea duen gasa lortzeko eta gasaren banaketa-sarean sartzeko arazketa.

### 3.7.1 Zabortegi-gasen zuzeneko erabilera, erregai gisa

Zabortegi-gasak erregai gisa zuzenean aprobetxatzeak dirudi aukera onena, betiere, egingarria denean. Gasen aprobetxamendu-prozesu horrek beste erregai bat ordezkatzeko dakar (nagusiki, gas naturala, baina baita ikatza edo fuel-olioa ere), galdaratan, lehorgailuetan edo labeetan. Zabortegi-gasen zuzeneko aprobetxamenduan oinarritutako aplikazioen zenbait adibide dira zeramika-erreketa, beira puzteko labeak, energia-hornidura eta berotegien eta izotz-pisten berokuntza, bai eta akuikulturako eragiketarako uraren berokuntza ere (pizsikultura).

Egun zabortegi-gasak erabiltzen dituzten industrien artean, honako hauek aurkitzen dira, besteak beste: automobilen fabrikazioa, kimika, elikagaien transformazioa, farmazeutikoa, zementuaren eta adreiluen fabrikazioa, hondakin-uren tratamendua, kontsumoko elektronikako produktuen fabrikazioa, papergintza eta siderurgia, eta beroaren eta elektrizitatearen kogenerazioa kartzeletan eta ospitaleetan.

Gasen zuzeneko erabileraren abantaila da, askotan, inbertsio txiki batekin, zabortegi-gasen balore handia sortzen dela,  $m^3$  bakoitzeko (ordezkatuko den energia-motaren arabera). Desabantaila nagusiak dira proiektu bakoitzaren berezitasuna (horrek existitzen diren erregailuetara egokitzea eskatzen du) eta zabortegi-gasak aurretik tratatzeko beharra. Era berean, aprobetxamendu-gaitasuna bera izan ohi da beti, eta hori berreskuratuko diren zabortegi-gasen estimazioetara doitu behar da, baita gas-ekoizpena gutxika murrizten den aldi luzeetan ere. Gasen berreskurapenak aprobetxamendu-gaitasuna gainditzen badu, ordezkari aplikazioak bilatu edo berreskuratutako gas-soberakina erre behar da. Aldiz, gasen

berreskurapena galdararen edo labearen energia-beharrak baino txikiagoa bada, sistema prest egon behar da, erregai duala edo mistoa hornitzeko.

Zabortegei-gasen zuzeneko aprobetxamenduaren mugaketa bat da erabiltzaile potentzialak zabortegeitik gertu egotea eskatzen duela, zabortegei-gasaren edo ur beroaren garraioak oraindik ekonomikoki bideragarria izaten jarraitu dezan. Ezagutzen den azken erabiltzailearenganako gehienezko distantzia 5 km ingurukoa da. Nolanahi ere, gasa erregai gisa zuzenean aprobetxatzen den kasu gehienetan, distantzia askoz txikiagoa da.

**3.4. TAULA: ZABORTEGI-GASEN ZUZENeko ERABILERAREN INBERTSIO TIPIKOA ETA USTIAKETA- ZEIN KUDEAKETA-KOSTUAK**

Banaketa-sistemaren osagaia			Inbertsio kostu tipikoak	Ustiapenaren eta kudeaketaren inguruko urteko kostu tipikoak (€/ordua)
Zabortegei-gasen tratamendua	konpresioa eta	€/m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> )	400	40
Kondentsatuaren hodiak/kudeaketa			€/km	230 000
				Hutsala

### 3.7.2 Elektrizitate-sorkuntza

Mundu osoko zabortegei-gasen aprobetxamendu-proiektu gehienetan (osokoaren % 70 inguru), horiek elektrizitatea ekoizteko sorgailua eragiten duen gas-motor batera zuzentzen dira. Horrela, zabortegei-gasen eduki energetikoa elektrizitatea bihurtzen da, % 25 eta % 38 arteko eraginkortasunarekin. Baliok handixeagoak dira, esate baterako, gas-turbinekin alderatzen baditugu, haien efizientzia % 25ekoa baita gutxi gorabehera. Elektrizitatearen ekoizpen osoa 1,3 eta 1,8 kWh<sub>e</sub> artekoa da, gutxi gorabehera, zabortegei-gasen m<sup>3</sup> bakoitzeko. Zabortegei-gasen aprobetxamendu-metodo horren arrakasta hainbat arrazoiri dagokio:

- Produktua (elektrizitatea) erraza da garraiatzen eta saltzen.
- Nahiko erraza da zabortegei-gasen aprobetxamendua helburu horretarako erabiltzea; izan ere, edozer eskualde-mailan eskuragarri dagoen teknologia eta esperientzia behar dira.
- Nahiko erraza da proiektuak erreproduzitzea. Zabortegei batean eskuratutako esperientzia beste zabortegei batzuetara aplikatu daiteke.

- Teknologia ondo ezagututa, energia sortzen duten enpresek zabortegi-gasei buruzko lan-talde bereziak sortzeko eta proiektu berrietan inbertitzeko joera dute. Energia ekoizten duten enpresek egindako ahaleginak nabarmen laguntzen du zabortegi-gasekin erlazionatutako proiektuen garapenean.
- Gas motorren/sorgailuen gasaren aprobetxamendu-gaitasuna moduluetan banatu daiteke. Horrela, aurreikusitakoa baino gas gehiago sortuz gero, motor gehigarria gehitu daiteke. Aldiz, gas-ekoizpena murrizten denean, motori hori beste instalazio batean birkokatu daiteke.
- Beharrezko teknologia nahiko sinplea eta ekonomikoa da. Gas-motorra aldatutako diesel motorra da funtsean; beraz, diesel motorrak ezagutzen dituzten enpresek euren mantentze-lanak gauzatu ditzakete. Horrek proiektuaren errentagarritasunari laguntzen dio, neurri handi batean.
- Batzuetan, posible da hondakinek askatutako beroa ere aprobetxatzea; horrek erakargarritasun handiagoa ematen dio aukera horri. Hondakinek askatzen duten beroa zabortegian bertan aprobetxatu daitezke, adibidez, lixibiatuen lurrunketarako edo bulegoen berokuntzarako, edo kanpo-instalazioetan, igerilekuen edo berotegien berokuntzarako, adibidez.

Zabortegi-gasen konposizioaren arabera, gas-motorren gas erabilerak aurretiazko nolabaiteko tratamendua gauzatzea eskatzen du batzuetan, horrek dituen elementu korrosiboak deuseztatzeko, hala nola H<sub>2</sub>S eta siloxanoak. Teknologia kontsolidatuta dago jadanik, baina prozesuaren kostuak handitzen ditu.

Bestela, gas-turbina erabili daiteke. Gas-turbinek metano-kontzentrazio txikiagoekin funtzionatu dezakete (> % 35) eta ez dira hain sentikorak, gas horren kontzentrazioan izaten diren gorabeheren aurrean. Gas-turbinek gas-motorren aurrean aurkezten dituzten beste abantaila batzuk ustiapen-kostu txikiak eta gasaren sustantzia kutsatzaileekiko sentsibilitate baxu samarra dira (adibidez, H<sub>2</sub>S). Aldiz, gas-turbinek eraginkortasun txikia aurkezten dute, zabortegi-gasak elektrizitate bihurtzerakoan, eta inbertsio handia behar dute. Nolanahi ere, eskala txikiko erabileretan edo elektrizitatearen eta beroaren kogenerazioan, bero-eskaera handiarekin, gas-turbinak aukera gomendagarriagoak izan daitezke.

**3.5. TAULA: ELEKTRIZITATEAREN EKOIZPEN-PROZESUAREN INBERTSIO TIPIKOA ETA USTIAKETA- ZEIN KUDEAKETA-KOSTUAK**

Elektrizitatea ekoizteko ekipamendua	Inbertsio-kostu tipikoak [€/kW]	Ustiapenaren eta kudeaketaren inguruko urteko kostu tipikoak [€/MW]
Barne-errekuntzako motorra (< 800 kW)	1600	150
Barne-errekuntzako motorra (> 800 kW)	1200	130
Gas-turbina (> 3 MW)	1000	90
Mikroturbina (< 1 MW)	3800	260

Elektrizitatearen salmentatik ondorioztatutako diru-sarrerak zabortegi-gasetatik energiaren ekoizpena sustatzeko politika nazionalen menpe daude, hein handi batean. Elektrizitatearen salmenta-prezioak 0,04 € eta 0,18 € artekoak izan daitezke, kWh bakoitzeko. Beroaren salmenta-prezioak 2 € eta 4 € artekoak izan daitezke, GJ bakoitzeko.

### 3.7.3 Beroaren eta elektrizitatearen kogenerazioa

Kogenerazio-proiektuetan elektrizitatea eta beroa sortzen da; horiek azken erabilzaileei saltzen zaizkie. Horrela, zabortegi-gasen eduki energetikoa maximizatzen da. Kogenerazio-proiektuetan, elektrizitatea sortzeko prozesua 3.7.2 atalean deskribatutakoaren analogoa da. Beroaren komertzializazioak 3.7.1 eta 3.7.2 paragrafoetan ere deskribatutako mugaketak aurkezten ditu.

### 3.7.4 Zabortegi-gasen arazketa, gas naturalaren kalitatearen gasa lortzeko

Zabortegi-gasen kalitatea hobetu eta gas naturalaren (gas naturalaren ordezkotzat bezala), gas natural konprimatuaren (GNK) edo gas natural likidotuaren (GNL) kalitatearekin parekatu daiteke, karbono-dioxidoaren eta horiek dituzten aztarna-kutsatzaileen deuseztapenaren bidez. Gas naturalaren kalitatea duen gasa gas naturaleko banaketa-sareei saldu eta helburu industrialetarako erabili daiteke. GNK eta GNL erregai bezala erabili daitezke zabortegiko ibilgailuetarako, hondakinen garraio-kamioietarako eta merkatu orokorra hornitzeko. Gas naturalaren ordezkotzat horri ematen zaion erabileraren arabera, bete beharreko baldintza jakin batzuk existitzen dira, usaina sortzen duten sustantzien bero-baloreari eta kontzentrazioari

dagokienez (ihesen berri ematen duten usain bereizgarriko gasaren osagaiak). Aukera ezberdinak existitzen dira karbono-dioxidoa deuseztatzeko; horien artean, xurgapen fisikoa, mintzaren bidezko bereizketa eta presio-aldaketaren bidezko adsortzioa (PSA) aurkitzen dira. Gas naturalaren ordezkori hori zuzenean etxeei edo industriari saltzeko aukera dago, eta gas naturaleko banaketa-sare batean txertatu daiteke. Halaber, erregai bezala erabili daiteke ekipamendu mugikorretan eta ibilgailuetan.

Zabortegei-gasen arazketa-prozesuaren abantaila bat da kalitate handiko erregaia lortzea ahalbidetzen duela. Prozesu horren desabantailak dira inbertsio- eta ustiapen-kostu altuak, eta zabortegeiaren inguruan kontsumitu ahal izango duten bezeroak izateko beharra. Kalitate handiko gasa prozesatzeko beharrezko ekipamenduetarako inbertsioak 1100 € eta 1900 € artekoak dira  $m^3$  bakoitzeko, zabortegei-gasen ordu bakoitzeko. Elektrizitatea sortzearen, sistema horiek ustiatzearen eta mantentzearen urteko kostua 600.000 € eta 2,4 milioi euro artekoa da. Kostuak txertatuko den sistemak edo energiaren azken erabiltzaileak eskatutako kalitate handiko gasaren garbitasunaren araberakoak izango dira, bai eta proiektuaren dimentsioen araberakoak ere. Eskalako zenbait ekonomia lor daitezke, kalitate handiko gas-kopuru handiak sortzen badira.

**3.3. TAULA: GAS NATURAL KONPRIMATUAREN EKOIZPENAREN KOSTU TIPIKOAK**

Gas natural Fabrikaren dimentsioa gasen $m^3$ /orduko]	konprimatua zabortegei- [Onartutako	Ekoizpen-kostuak [€/m <sup>3</sup> GNK]
400		0,27
800		0,22
2000		0,18
4000		0,16
8000		0,13

### 3.7.5 Aukera ezberdinen artean hautatzeko irizpideak

Zabortegei-gasen aprobetxamendu-metodoaren azken hautaketa zehazten duten faktore batzuk daude. Hona hemen garrantzitsuenak:

- Azken erabiltzaile posibleen edo gasa banatu ahal izateko aukeraren existentzia (zabortegei-gasa edo araztutako gas bezala) zabortegeiaren inguruan (zabortegeitik 5 km-ra gehienez).

- Proiektuan inplikaturako kide posiblearen lehentasunak. Faktore hori garrantzitsua da; izan ere, sorkuntza energetikoko enpresek rol erabakigarria dute askotan, zabortegi-gasen aprobetxamendu-metodoaren garapenean, eta horietako gehienek esperientzia eta lehentasun jakin batzuk dituzte, metodo bakoitzari dagokionez.
- Zabortegi-gasen berreskurapenean eragiten duen beste elementu garrantzitsu bat aprobetxatu ahal izateko beharrezkoa den gas-kalitate minimoa da. Zenbait metodok (adibidez, gasen arazketa, gas naturalaren kalitatea duen gasa lortzeko) beste batzuk baino metano-eduki handiagoa behar dute (ikus 3.26 grafikoa). Horrek hobiko xurgapen-presioaren gorakadaren bidez zabortegi-gasen berreskurapena optimizatzeko aukerak mugatzen ditu eta, ondorioz, gasaren kalitate txikiagoa onartzen da.

3.26. Grafikoa: Aprobetxamendu-aukera ezberdinetan komeni den metano-edukia

Methane content	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%
flare					■	■	■	■	■	■
flare low calorific gas	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
electricity production gas engine						■	■	■	■	■
electricity production gas turbine					■	■	■	■	■	■
direct use of LFG					■	■	■	■	■	■
SNG production					■	■	■	■	■	■

## 3.8 Metanoaren oxidazioa

### 3.8.1 Sarrera

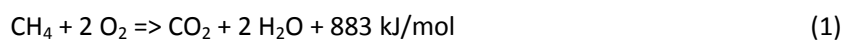
Metanoaren oxidazio mikrobianoa bi modutan izan daiteke erabilgarria:

- Existitzen den gasen berreskurapen-sistemaren osagarri bezala, bilketaren eraginkortasuna behar bezain altutzat jotzen ez denean.
- Zabortegi-gasen berreskurapen-sistemaren ordeko bezala. Zenbait kasutan, baliteke zabortegi-gasen berreskurapena teknikoki edo ekonomikoki bideragarria ez izatea.



Metanoaren oxidazio mikrobianoaren sistemak erabilgarriak izan daitezke gasen sorkuntza-potentzial txikia duten hondakinak dituzten zabortegietan (adibidez; drainatze-materiala, eduki organiko txikiko hondakin ez arriskutsuak), aurretik tratatutako hondakinak gordetzen dituzten zabortegietan edo ustiapenaren hasierako fasean dauden zabortegietan. Halaber, bideragarria da porositate txikiko hondakinetan edo gas-hobien eragin-eremua mugatzen duen murriztutako iragazkortasun horizontaleko edo bertikaleko ratioa duten hondakinetan. Metanoaren oxidazio mikrobianoak ere hondakin-metanoaren isurpenak tratatzeko metodo bezala balio izan dezake, gasen berreskurapena amaitu ondoren, edo gasaren bilketa-sistemak ez dituzten antzinako zabortegietan.

Metanotrofo deitutako bakteriataldeak zoruetako metanoaren oxidazio mikrobianoa errazten du. Metanoa kontsumitu eta karbono-dioxido bihurtzen da, hurrengo ekuazioaren arabera:



Hau da, bi oxigeno-mol behar dira metano-mol bat oxidatzeko; horrek oxigeno-hornidurak metano-fluxuen oxidazio osoa bermatzeko duen garrantzia nabarmentzen du. Metanotrofoak oso ugariak dira, bereziki, metanoa atmosferako oxigenoarekin kontaktuan sartzen denean, adibidez, zabortegien estalduretan. Zabortegietako metano-fluxuek zoru naturaletan neurtutakoak gainditzen dituzte, hainbat magnitude-mailatan. Ondorioz, metanotrofoen populazio ugariak erregistratutako tasa altuenen artean dauden metanoaren oxidazio-tasak lortzen dituzte.

Nolanahi ere, bihurtze-tasak asko aldatzen dira, ingurumen-baldintzei eta iragazki- edo estaldura-materialaren propietateei dagokienez. Beraz, funtsezkoa da propietate fisiko eta kimiko egokiak dituen materiala hautatzea, bai eta metanoaren oxidazio-sistemak diseinatzea eta dimentsionatzea ere, espero diren metano-fluxuetara eta klima-baldintzetara egokitzeko, oxidazio-prozesuaren eraginkortasun handia bermatu dadin.

Metanoaren oxidazio-iragazkiak, metanoaren oxidazio-leihoak eta metanoaren oxidazio geruzak metanoaren oxidazio mikrobianoa erabiltzeko eta optimizatzeke eta zabortegietan gas-isurpen horiek murrizteko aukera posibleak dira. Ikerkuntzak eta garapenak oraindik

sistema hobetuen eta errentagarriagoen sorkuntzan lan egiten badute ere, metanoaren fluxu altuak behar bezala optimizatutako eta dimentsionatutako sistemekin tratatu daitezke. Metanoaren oxidazio-geruzen inguruko Austriako zuzentarau baten arabera (ikus gomendatutako irakurketa), ondo diseinatutako metanoaren oxidazio-geruzek  $\text{CH}_4$   $\text{m}^{-2}$  urteko<sup>1</sup> 25 kg-ra arteko fluxuak oxidatu ditzakete.

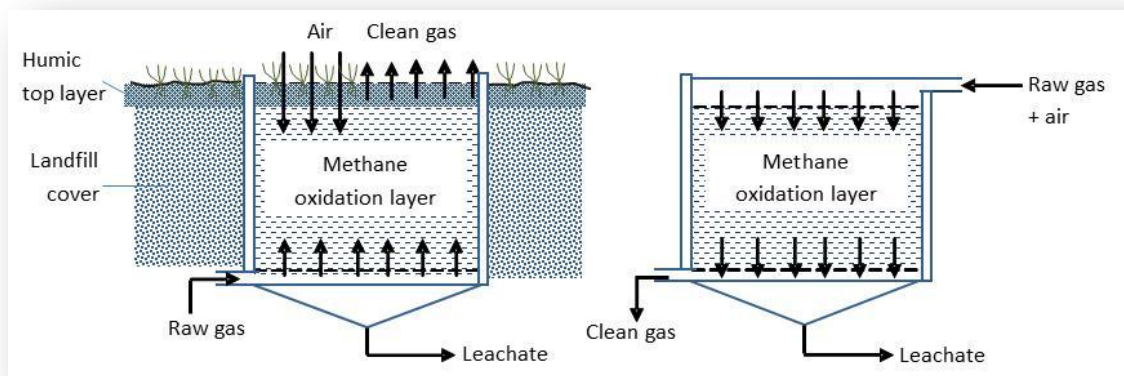
### 3.8.2 Eskuragarri dauden teknologiak

Estalduraren (behin betikoa edo aldi baterako) eta azpiegitura teknikoaren (estaldura eta gasak erauzteko sistema) arabera, sistema ezberdinak aplikatu daitezke, metanoaren oxidazio mikrobianoa areagotzeko. Printzipioz, hiru teknika ezberdin erabili daitezke: metanoaren oxidazio-iragazkiak, gas-leihoak («metanoaren oxidazio-leihoak» ere deitzen dira), eta optimizatutako geruzak (metanoaren oxidazio-geruzak ere deitzen dira).

#### *Metanoaren oxidazio-iragazkiak*

Metanoaren oxidazio-iragazkiak ohandze finkoaren erreaktoreak dira; bertan, metanotrofoek metanoa oxidatzen dute, iragazkiaren materiala kolonizatuta. Metanoaren-oxidazio iragazkiak azalera inpermeabilizatzeko eta zigilatze ohiko sistemekin batera erabili daitezke, eta gasa iragazkira arte eramango duen gas-hornidura aktiboa edo pasiboa behar dute. 3.27 grafikoak bi konfigurazio ezberdin adierazten ditu.

3.27. Grafikoa: Metanoaren oxidazio-iragazkien konfigurazio eskematiko ezberdinak (ez eskalara). Ezkerra: metanoaren oxidazio-iragazki irekia, zaborteziaren estalduran integratua, goranzko fluxuaren moduan. Eskuina: metanoaren oxidazio-iragazki itxia, beheranzko fluxuaren moduan. Huber-Humer et al. egileen lanetik abiatuta egokitua (Ikus gomendatutako irakurketa).

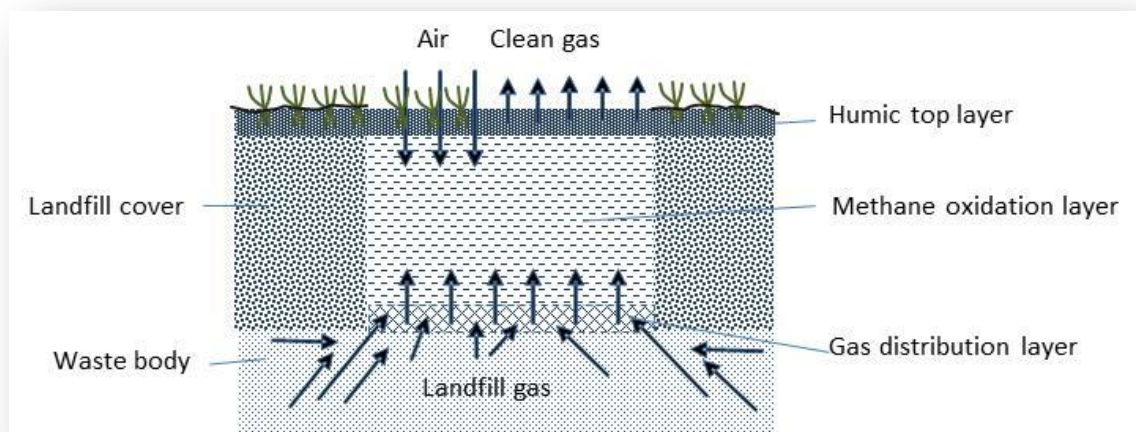


Metanoaren oxidazio-iragazkiek errektore irekia edo itxia bezala jardun dezakete. Lehen kasuan, oxidazio-prozesua gauzatzeko beharrezkoa den oxigeno atmosferikoaren sarrera difusio atmosferikoaren bidez gertatzen da. Bigarren kasuan, airea gas-nahasketa iragazkian sartu aurretik sartu behar da. Iragazki irekiko sistemak oso egokiak dira eragiketa pasiborako; bertan, iragazkiaren bidezko gas-fluxuak isurpen-ontziaren eta atmosferaren artean existitzen den presio-gradientea jarraitzen du. Sistema irekien eragiketa-baldintzak (adibidez, tenperatura edo hezetasuna) tokiko klimaren arabera dira eta, ondorioz, urtaro-aldakortasunaren menpe daude. Aldiz, sistema itxien baldintzak hobe kontrolatu daitezke. Kontrolatutako baldintzetan funtzionatzen duten iragazki itxiek dimentsio ezberdinak izan behar dituzte metano-karga jakin bat tratatzeko eta, ondorioz, eragiketa- eta kapital-gastu ezberdinak ekartzen dituzte eurekin. Metanoaren oxidazio-iragazki irekietan, komenigarria da landaredi-geruza integratzea; izan ere, horrek aireztapen-maila handitzen du, sustraien bidez, bigarren mailako makroporoak sartzerakoan. Gainera, erosioaren aurkako babesa ematen du, eta muturreko tenperaturak leuntzen ditu. Beharrezkoa izanez gero, gas-fluxuaren homogeneizazioa errazteko gasaren banaketa-geruza gehitu daiteke. Gasen erauzketa-sistemaren presentziak espero den metano-karga kuantifikatzea ahalbidetzen du eta, ondorioz, iragazki-sistemak behar bezala dimentsionatzea.

### Metanoaren oxidazio-leihoak

Metanoaren oxidazio-leihoak zabortegiaren estalduran integratutako konpartimentu irekiak dira; horiek ez dute gasen erauzketa sistemarekin konektatuta egon beharrik. Gasa horietara iristen da, horiek inguratzen dituen estaldura-geruzarekin konparatuta duen iragazkortasun handiagoari esker (3.28 grafikoa).

**3.28. Grafikoa:** Metanoaren oxidazio-leihoaren konfigurazio eskematikoa (ez eskalara). Huber-Humer et al. egileen lanetik abiatuta egokitua (Ikus gomendatutako irakurketa).



Oxidazio-iragazkiekin gertatu bezala, oxidazio-leihoek gas-oxidazioaren alboko geruzek baino metano-karga espazial handiagoa jasotzen dute, zabortegi-estalduraren zati handiena edo osoa metanoaren oxidazio-geruza bezala pentsatu den diseinuetan. Ohantze irekiko metanoaren oxidazio-iragazkietan bezala, oxigeno atmosferikoa difusioz hornitzen da, leihoaren azaleraren bidez. Metanoaren oxidazio-leihoak bereziki egokiak dira gasen tratamendu biologikorako, azalerako estaldura eta gasak erauzteko sistema ez duten zabortegi zaharretan. Gainera, eremu zehatzetan gasen isurpenetan izandako gorakada jakin batzuk arintzeko eraiki daitezke; hau da, isurpen-fokuak.

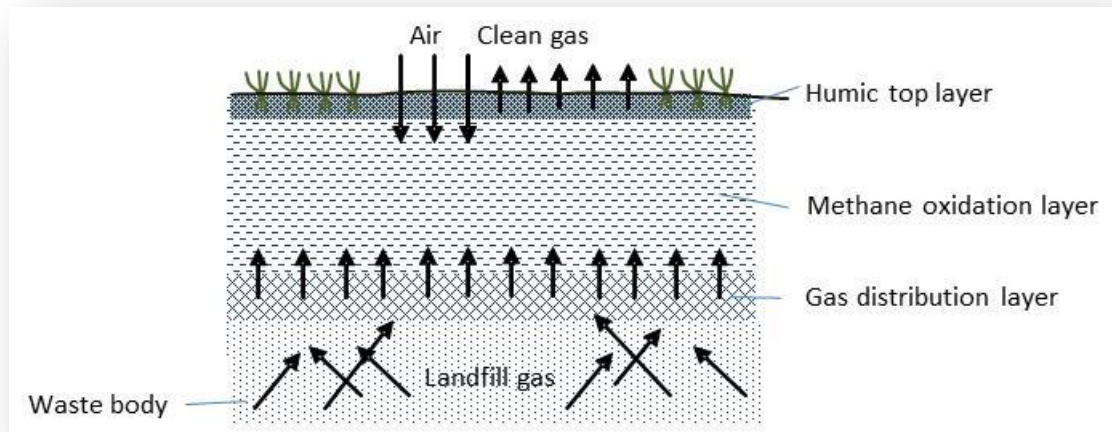
Oxidazio-iragazkiak metano-karga ezagunen arabera erabili badaitezke ere, normalean, ez dago aldagairik metanoaren oxidazio-leihoen dimentsionamendua ezartzeko; ondorioz, hori gasaren ekoizpen-ereduetan eta oxidazio-leihoen gasaren ustezko banaketa-patroian oinarritu behar da. Horregatik, oxidazio-leihoek ere ezjakintasun handiagoa sor dezakete. Metanoaren

oxidazio-leihoak maiztasun arbitrarioarekin instalatu daitezke, zabortegean existitzen diren baldintzen, lursailaren ondoko erabilerarako ase beharreko eskakizunen eta lixibiatuen minimizazioaren arabera.

### ***Metanoaren oxidazio-geruzak***

Metanoaren oxidazio-geruzak zabortegeetan dagoen metanoa oxidatzeko diseinatuta daude, geruzaren zati handi bat edo osoa oxidazio-geruza aktibo bezala erabilia. Metanoaren oxidazio-iragazkiak eta leihoak ez bezala, horien abantaila nagusia gasaren tratamendu biologikorako erabilgarri dagoen eremu handia da; ondorioz, karga espezial askoz txikiagoa behar da bertan. Metanoaren oxidazio-geruzak estaldurarik ez duten zabortege zaharretan aplikatu daitezke, edo gasa modu uniformeaz azalerako inpermeabilizazio-sistemaren gainean kokatutako estaldurara joan daitekeen estaldura duten zabortegeetan. Askotan, zabortegeien estaldurak birlandatzeko edo oreka hidrikoko geruza bezala erabiltzen dira, edo itxieraren ondoko mantentze-lanetarako. Beraz, metanoa oxidatzeko geruzek oreka hidrikoari, gasen orekari eta eraikuntzako fisikoki sostengatu ahal izateko beharrezko baldintza geotekniko posiblei buruzko beharrak ase behar dituzte. Kasu horietan, metanoaren oxidazio-geruza eratzen duen materialaren ezaugarri nagusiak bi izan behar dira: ur-kopuru handiak atxikitze gaitasuna eta, aldi berean, gasekiko iragazkortasun handia eta horiek zabaltzeko gaitasun handia. Ezaugarri horien konbinazioak nabarmen mugatzen ditu zoru-testura aplikagarrien sorta.

3.29. Grafikoa: Metanoaren oxidazio-geruzaren konfigurazio eskematikoa (ez eskalara). Huber-Humer et al. egileen lanetik abiatuta egokitua (Ikus gomendatutako irakurketa).



Metanoaren oxidazio-sistemaren eraginkortasuna zehazten duena oxidazio-sistemako geruza ezberdinek gauzaten duten funtzioak ezarritako baldintza fisikoen eta kimikoen betearazpena da, nagusiki, sistemarako aurreikusitako metano-kargari eta zabortegiko klima-baldintzei dagokienez. Metanoaren oxidazio-sistemako geruza ezberdinek gauzaten duten funtzioa 3.8.3 atalean deskribatzen da. Metanoaren oxidazio-sistemako geruzen materialek izan beharreko propietateei buruzko baldintzak 3.8.4, 3.8.5 eta 3.8.6 ataletan deskribatzen dira. Metanoaren oxidazio-sistema baten eraginkortasuna erabilitako materialen propietate ezagunetan oinarritutako kalkuluaren bidez frogatu daiteke, 3.8.8 atalak deskribatu bezala, edo isurpenen eta oxidazioaren kontrolaren bidez, 3.10.3 atalean deskribatu bezala.

### 3.8.3 Metanoaren oxidazio-sistemen geruzak

Metanoaren oxidazio-sistemaren barneko geruzen konfigurazioa eta horiek zuzentzen dituen printzipioa sekzio honetan deskribatzen dira laburki, bai eta aukera ezberdinen eragiketabaldintzak ere. Hurrengo geruzek eratzen dituzte, behetik gora, metanoaren oxidazio mikrobiano sistemak:

- berdinketa-geruza edo aldi baterako estaldura;
- gasaren banaketa-geruza;
- (tarteko geruza);
- metanoaren lurpeko oxidazio-geruza eta

- metanoaren oxidazio-lurraren eta landaretzaren goi-geruza.

### ***Berdinketa-geruza***

Berdinketa-geruzak lursailaren irregulartasunak arintzen ditu. Geruza hori nahikoa iragazkorra izan behar da gasak gas-banaketako geruzara garraiatzea ez saihesteko. Gainera, materialaren izaera eta eraikitzen den moduak karga-gaitasun nahikoa eta metanoaren oxidazio-sistemaren beste geruza batzuen eraikuntza ahalbidetuko duen (ezpondaren) egonkortasuna ahalbidetu behar du ere bai.

### ***Gasaren banaketa-geruza***

Gasaren banaketa-geruzak gasen banaketa horizontala errazten du, metanoaren oxidazio-geruzatik pasatu aurretik eta, ondorioz, metano karga-espaziala bateratzen du. Gasaren banaketa-geruzaren funtzionamendu egokia erabakitzen duen funtsezko faktorea da metanoaren oxidazio-geruzaren iragazkortasunaren eta gasaren banaketa-geruzaren arteko aldea maximizatu egiten dela, metanoaren oxidazio-geruzako airea biltzeko gaitasuna arriskuan jarri gabe. Dimentsionamendu zehatza espero den gas-kargaren, presio-galeraren eta karga hori banatu beharreko eremuaren menpe dago. Diseinuaren helburua eremu horretako presio-galera berdintzea da. Orokorrean, gasaren banaketa-geruzaren iragazkortasun-koefizientea metanoaren oxidazio-geruza baino bi magnitude-maila handiago izan behar da. 20 cm eta 50 cm arteko lodierak dituzten geruzak proposatu eta eraiki dira.

### ***Tarteko geruza***

Tarteko geruza batek iragazkiaren egonkortasuna bermatu dezake, gasaren banaketa-geruzaren eta metanoaren oxidazio geruzaren artean. Efektu kapilarrek saihestu behar dira gasaren banaketa-geruzaren, tarteko geruzaren eta metanoaren oxidazio-geruzaren arteko interfasean (eta aldean, leihoen edo iragazkien kasuan existitzen den birlandatze-geruza); izan ere, horiek uraren drainatze askea zailtzen dute, gasekiko iragazkortasuna mugatzen dute eta, ondorioz, lehentasunezko bideen erakuntzari laguntzen diote. Ondorioz, gasaren banaketa-geruzetan erabilitako materialek, metanoaren oxidazio-geruzaren antzeko eroankortasun hidrauliko ez asean izan behar dute; hori bermatua gelditzen da, antzeko testura duen hondarra erabiliz gero. Eskakizun horiek gasaren iragazkortasun-aldearen inguruko baldintzekin bateragarria izan ezean, tarteko geruzen erabilera izan behar da kontuan.

### ***Metanoaren lurpeko oxidazio-geruza***

Metanotik karbono-dioxidorako oxidazio mikrobianoa metanoaren oxidazio-geruzan gertatzen da, zehazki, zabortegi-gasak atmosferako airearekin nahasten diren eremuan. Gasen difusioa optimizatu den metanoaren oxidazio-sistemetan, atmosferako airea modu eraginkorrean sartu daiteke zoruan. Baldintza horietan, lurpeko geruza sakonenak ere metanoa oxidatzen lagundu dezakete eta hori komenigarria da; izan ere, metanoaren oxidazio-geruzaren lodiera handiagoak oxidazio-prozesuaren eraginkortasuna handitzen du. Zoruaren propietateek oxigenoa zoruaren geruza sakonagoetara garraiatzea ahalbidetzen dutenean, oxidazio-prozesua babestuagoa dago azaleratik gertu gerta daitezkeen aurkako baldintzen aurrean, hala nola, udako beroa, neguko izozteak, azalerako lehorketa, azalerako asetasun hidrikoa eragiten duten prezipitazioak, etab.

### ***Metanoaren oxidazio-lurraren eta landaretzaren goi-geruza***

Goi-geruza humikoak uraren eskuragarritasuna hobetzen du landaretzarako eta mikroorganismoetarako; izan ere, landareen eremu-kapazitate eskuragarria handitzen du. Gainera, zoruko partikulen agregazioa sustatzen du, eta landaretzarako eta mikroorganismoetarako elikagaien hornidura bermatzen du. Goi-geruza humikoak ere giro ezin hobea sortzen du zoruan dauden organismo guztietarako. Landaretza osasuntsuak zorua babesten du erosioaren aurka, eta metanoaren oxidazio sistemaren integrazio optikoa ahalbidetzen du zabortegiko landaretzaren birlandatze-geruzan, aldi berean.

Zoruak porositate txikia, hezetasun-maila handia edo hondakin-masatik datorren metanoaren fluxu adbektibo handia izanez gero, oxigenoaren difusio-fluxua metanoaren oxidazio-geruzara oztopatu egiten da. Baldintza horietan, oxidazio-aukera gorantz mugitzen da, lurraren goi-geruzara. Metano-kargaren oxidazio osoa bermatzeko, oxidazio-eraginkortasun oso handia lortu behar da.

Bi geruza ezberdinen interfasean, iragazkiaren egonkortasuna eta behe-geruzaranzko poroen jarraipen nahikoa mantendu behar dira.

### **3.8.4 Material mineralen propietate fisikoei buruzko baldintzak**

Gasen tratamendu biologikoko sistemetan erabilitako materialek euren propietate fisikoei buruzko hurrengo baldintzak bete behar dituzte:



- Epe luzerako egonkortasuna: Degradazio biologikoa saihesteko eta, ondorioz, gasen iragazkortasuna eta metanoaren oxidazio-sistemen funtzionalitatea mantentzeko, erabilitako materialek osagai mineralak sartu behar dituzte. Nolanahi ere, osagai humiko naturalak ere izan behar dira, bereziki, azaleratik gertu dauden geruzetan, horrela, elikagaien eskuragarritasuna handitzeko, eta zoruaren egitura ezin hobea eta uraren atxikipen handiagoa lortzen laguntzeko. Faktore horiek garrantzitsuak dira komunitate mikrobianoaren jarduerarako zein landaretza-geruza sostengatzeko. BQS 7-3 Alemaniako kalitate-estandarrak (LAGA, 2011) materia organikoaren < % 1 eta % 3 arteko maila gomendatzen du lurpean, eta materia organikoaren % 2 eta % 8 artean, azalerako lur-geruzan.
- Airearen elikadura handia: gasaren difusibitateak eta, ondorioz, metanoaren oxidazio-prozesua gauzatzeko beharrezko oxigeno ekarpenak lotura estua dute gasa garraiatzeko eskuragarri dauden poro-kopuruarekin (adibidez, poro handien eskuragarritasuna, > 50 µm-ren baliokidea den diametroarekin). Eskuragarri dauden poroen ehunekoa metanoaren oxidazioa gauzatzeko beharrezko oxigeno-ekarpena bermatzea ahalbidetuko duten maila egokietan mantendu behar da, baita prezipitazio ugarien ondoren ere, hau da, eremu-kapazitateko baldintzetan. Kalkulatu da 2,6 kg CH<sub>4</sub> m<sup>-2</sup> urtean<sup>-1</sup> 10 °Cko urteko batez besteko temperaturarekin tratatzeko, bolumeneko ~% 14ko aireztapen-porositatea behar da eremu-kapazitatean (ur-edukia), O<sub>2</sub>ren ekarpen egokia bermatzeko; ikus ere 3.6 taula.
- Eremu-kapazitate eskuragarria: Metanoaren oxidazio-sistemak birlandatze-geruza edo oreka hidrikoko geruza osatzen badu, kasu horietan beharrezkoa den oreka hidrikoari buruzko baldintzak errespetatu behar dira. Horrela, adibidez, Alemanian, birlandatze-geruzak m 1eko lodiera eta 140 mm-ko eremu-kapazitate eskuragarria izatea behar da, gutxienez. Aldiz, oreka hidrikoko geruzak 1,5 m-ko lodiera minimoa eta 200 mm-ko eremu-kapazitate eskuragarria izan behar ditu. Metanoaren oxidazio-iragazki irekiak edo metanoaren oxidazio leihoak landaretza-geruza sostengatu behar badu, hautatutako materialak eremu-kapazitate eskuragarri egokia mantendu behar du beti, klima-baldintzen arabera.
- Konpaktazioarekiko suszeptibilitatea: makineria astunaren erabilerak sortutako konpaktazioak arazoak sortzen ditu askotan, zaborteziaren estalduraren

eraikuntzan Zehazki, konpaktazioak aire-ekarpenaren kapazitateari eta poro-sistemaren jarraipenari eragiten dio. Konpaktazioarekiko suszeptibilitatea deuseztatu egin behar da, material sumaezinen edo eraikuntza-teknika egokien hautaketaren bidez, lurzoruan presio txikia eragingo duten ibilgailuekin.

- Arrailen eraketarekiko suszeptibilitatea: arrailak edo hausturan bezalako bigarren mailako makroporoen eraketak, zoruaren agregazioaren edo finkapenaren ondorioz, lehenasunezko bideen sorkuntza eragiten du, eta zaborte-gi-gasen isurpen handien ohiko arrazoi bat da. Duten buztina dela eta, agregaziorako joera duten testura frankoko eta aleka fineko zoruak ez dira egokiak metanoaren oxidazio-geruzetan erabiltzeko.

3.6 taulan, zoruaren itxurazko dentsitatearen arabera, bolumeneko % 13 eta % 14 arteko aireztapen porositatea eskaintzen duten testurak laburtzen dira, hazkuntza naturaleko zorueterako zehazten den bezala. Datuek azaltzen dute, konpaktazio-maila handitu ahala, erabil daitezkeen testura-material ezin hobeak nabarmen murrizten direla. Aipatzekoa da balore horiek aldatu egin daitezkeela fabrikatutako zorueterako.

**3.6. TAULA:** BOLUMENeko % 13 eta % 14 ARREKO AIREZTAPEN-POROSITATEA DUEN ZORUAREN TESTURAK, ITXURAZKO DENTSITATEAREN ARABERA. HAZKUNTZA NATURALEKO ZORUEI APLIKAGARRIAK DIREN DATUAK

Itxurazko dentsitatea	Balorea ( $\text{g cm}^{-3}$ )	Zoruaren testura, sedimentuen eta buztinaren konbinazioa
Oso baxutik baxura	< 1,4	< % 65 sedimentuak eta < % 17 buztina < % 50 sedimentuak eta < % 25 buztina < % 15 sedimentuak eta < % 35 buztina
Ertaina	1,4 eta < 1,6 bitartean	< % 40 sedimentuak eta < % 12 buztina < % 15 sedimentuak eta < % 25 buztina
Altutik oso altura	1,6tik > 1,8ra	< % 25 sedimentuak eta < % 8 buztina < % 10 sedimentuak eta < % 17 buztina

### 3.8.5 Material mineralen propietate kimikoei buruzko baldintzak

#### *Metanoaren oxidazio-geruza (lurpeko geruza eta lurreko goi-geruza)*

Jarduera metanotrofikoari lagunduko dion giro geokimikoa lortzeko, metanoaren oxidazio-sistemetan erabiltzen diren materialek hurrengo baldintzak bete behar dituzte:

- pH balorea: 5,5tik 8,5ra, metanotrofoentzako pH ezin hobearen arabera.
- Materia organikoaren edukia: Materia organikoaren < % 1 eta % 3 artean zorupean, eta materia organikoaren % 2 eta % 8 artean lurarren goi-geruzan, horrela, elikagaien hornidura bermatzeko mikroorganismoei eta landaretzari, zoruaren agregazio sustatzeko, eta eremu-kapazitate eskuragarria hobetzeko.
- Eroankortasun elektrikoa (gatz-edukia): < 4  $\text{mS cm}^{-1}$ . Gatzen edukia handiagoa bada, jarduera metanotrofikoa murrizten da, estres osmotikoaren ondorioz. Gatzen balore handiak termikoki tratatutako materialetan edo eraikuntzako eta eraispeneke hondakinetan aurkitzen dira askotan.

- Amonioa: Amonioak metanoarekin lehiatzen du, metanotrofoen entzima-sistema zentralarengatik eta, ondorioz, metanoaren oxidazioa inhibitu dezake. Horregatik, amonioa duten substratuak saihestu behar dira.

### **Gasaren banaketa-geruza**

Gasaren banaketa-geruzan erabiltzen diren materialek ez dute karbono inorganikoa izan behar; izan ere, karbono-dioxidoaren presio partzialean izandako gorakadak karbonatuen prezipitazioa eragin dezake eta, ondorioz, gasa garraiatzeko poro eskuragarrien bolumenaren murrizketa.

### **3.8.6 Material organikoak**

Konposta bezalako material organikoak geruza mineraletarako medeapen bezala edo iragazte-ohantze bezala erabiltzen dira askotan, metanoaren oxidazio-iragazkietan eta leihoetan. Normalean, konpostak elikagaien eduki handia ekartzen du, eta ura atxikitze potentzial handia du. Poro handien ehuneko handia dela eta, konpostak berotze-ahalmen baxua du eta, ondorioz, isolatzaile ona da. Konpostak metanoaren oxidazio-tasa handiak aurkezten dituela frogatu du. Material organikoen desabantaila nagusia horien degradagarritasun mikrobianoa da; izan ere, zoruaren finkapena eta ondoriozko gasen iragazkortasunaren murrizketa eragiten ditu. Gainera, materia organikoaren degradazio aerobikoak oxidazio-prozesuan dagoen metanoaren oxigeno-eskaera handiarekin lehiatzen du. Beraz, metanoaren oxidazio-geruzen inguruko Austriako jarraibideek (ÖVA, 2008), sustantzia lehorreko gramo bakoitzeko de < 8 mg O<sub>2</sub>-ko gehienezko arnas-jarduera hitzartzen dute, 7 egunez. Hezetasunaren aurrean, materia organikoaren eduki handiak nitxo anaerobikoen eraketa handitzen du, eta metanoaren eraketa eragin dezake. Orokorrean, material organikoen erabilerak kontrol handiagoa behar dut, eta beharrezkoa izan liteke materialaren tratamendua gauzatzea (deskonpaktazioa) edo hondeatzea eta ordezkatzeta. Normalean, material mineralek metanoaren oxidazio-tasa txikiagoak aurkezteko joera dute. Nolanahi ere, epe luzerako egitura-egonkortasuna, eskaintzen dute, landaretza jasan dezakete, eta oreka hidrikoaren geruza edo ondoren erabili daitekeen eremu bezala balio dute.

### 3.8.7 Aplikagarritasuna klima hezeetan eta lehorretan

Metanoaren oxidazioaren inguruan jasotako esperientzia gehienak klima epel eta hezeetako zabortegietan lortu dira. Normala da, baldintza lehorragoetan, metanoaren oxidazio-jarduera potentziala txikixeagoa izatea, klima epeletako eta hezeetako oxidazioarekin konparatuta, nagusiki, goi-geruzaren hezetasun-faltaren ondorioz. Nolanahi ere, orain arte ezagututako kasu eskasek adierazten dute, orokorrean, landareak hazten diren tokian, jarduera mikrobianoa ere garatu ahal izango dela. Zoruak lehortzen direnean, badirudi metanoaren oxidazio-eremua barnerantz mugitzen dela, Europako herrialdeetan neguan gertatzen den antzera, tenperatura txikiek goi-geruzetako jarduera inhibitzen dutenean.

Oso klima hezeetan, baliteke metanoaren oxidazio-sistemako geruzetako poroak urez betetzea, denboraldi luzean zehar. Baldintza horietan, ezin da nahikoa oxigeno zabaldu metanoaren oxidazio-geruzara; ondorioz, zabortege-gasek ezin dute modu uniformean migratu, metanoaren oxidazio-geruzaren bidez. Presioa handitzen bada, zabortege-gasek irteera indartu dezakete lehentasunezko bidearen bidez; horretan, ezin da oxidazio nahikoa gertatu. Metanoaren oxidazio-sistemak klima hezeetan diseinatzerakoan, garrantzitsua da zehaztea zenbat prezipitazio litro sortzen diren euritean, m<sup>2</sup> bakoitzeko. Ez dira kontuan izan behar prezipitazioak 100 urteko birgertatze-aldiarekin. Nahikoa da kontuan izatea, mota horretako prezipitazioan zehar, ez dela metanorik oxidatzen. Prezipitazio bizen batezbestekoak zoruaren drainatze-baldintzak zehazten ditu. Beharrezko eroankortasun hidraulikoak hondar-materialetarantz zuzenduko du materialen hautaketa. Metanoaren oxidazio-sistematarako zoru egoki gehienak ere hondartsuak dira. Nolanahi ere, klima oso hezeetan, probablea da zoru egokien aukera eroankortasun hidrauliko handiagoa eta aireztapen-porositate handiagoa dituzten zorueta mugatua egotea. Kasu horietan, eroankortasun hidrauliko handiagoa behar izateaz gain, iragazitako euri-ura behar bezala drainatuko dela bermatu behar da ere bai. Horretarako, hobe da uraren drainatze-sistema gasaren banaketa-geruzaren azpian kokatzea, gasaren banaketa inhibitzeko. Infiltrazio ona lortu ahal izateko, goi-geruza ez da gogortua egon behar, landaretza dentsoa izan behar du, eta kontuz mantendu behar da, horrela, infiltrazio ezin hobea bermatzeko uneoro.

### 3.8.8 Metanoaren oxidazio-sistemen diseinua

Etorkizun metanotrofikoaren sakontasunari buruzko eremu-behaketan arabera,

eta 2 - 4 atalen konklusio gisa, hurrengo konfigurazioa erabiltzea proposatzen da metanoaren oxidazio-iragazki irekietarako, metanoaren oxidazio-leihoetarako eta metanoaren oxidazio-geruzetarako, behetik gorantz:

- Beharrezkoa izanez gero, aplikatu > 5 cm-ko berdinketa-geruza;
- 20 cm eta 50 cm arteko lodierako gasaren banaketa-geruza;
- 0 cm eta 20 cm arteko lodierako tarteko geruza;
- 40 cm eta 60 cm arteko lodierako metanoaren oxidazio-geruza eta
- 20 cm-ko lodierako goi-geruza humikoa, landaretza eutsiko duena

Guztira, 80 cm eta 150 cm arteko lodiera lortzen da. Beraz, gutxieneko lodiera 80 cm-koa izan beharko litzateke. Posible da, baita komenigarria ere, lodiera handiagoko geruzak erabiltzea, baimenetan ezarritako baldintzek beste arrazoi batzuegatik estalduraren lodiera osoa 100 cm-koa edo handiagoa dela, adibidez, adierazten duten kasuetan. Lurraren goi-geruzak metanoaren oxidazio-geruzaren antzeko testua izan behar du. Metanoaren oxidazio-iragazki itxien konfigurazioa aireztatutako gas-nahasketarekin sarreran eta eutsi beharreko landaretzarik gabe aldatu egin daiteke. Dimentsio espazialak espero den kargaren eta kontsideratutako metanoaren oxidazio-tasaren arabera hautatu behar dira.

3.8.3 atalean aipatu bezala, gasaren banaketa-geruzaren funtzionamendu egokia erabakitzen duen funtsezko faktorea da metanoaren oxidazio-geruzaren iragazkortasunaren eta gasaren banaketa-geruzaren arteko aldea maximizatu egiten dela, metanoaren oxidazio-geruzaren airea biltzeko gaitasuna arriskuan jarri gabe. Diseinua badago eta materialen propietateak ezagutzen badira, oxidazio-tasa eta gainontzeko isurpenak kalkulatu daitezke, CALMIM (<http://calmim.lmem.us/>) edo Metanoaren Oxidazio Tresna bezalako tresnekin (<http://www.afvalzorg.nl/EN/Landfill-sites/Emissions-management/Methane-oxidation.aspx>).

Metanoaren Oxidazio Tresnak ikuspegi kontserbatzailea jarraitzen du. 3.8.4 atalean aipatu bezala, kalkulatu da  $2,6 \text{ kg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ urtean}^{-1}$   $10 \text{ }^\circ\text{C}$ ko urteko batez besteko tenperaturarekin tratatzeko, bolumeneko  $\sim\%$  14ko aireztapen-porositatea behar da eremu-kapazitatean,  $\text{O}_2$ ren ekarpen egokia bermatzeko. Herbeheretan gauzatutako eremu-probetan, frogatu da (Geck *et al.*, 2015) metanoarekiko esposizio luzearen ondoren, neguko baldintzetan ( $6 \text{ }^\circ\text{C}$ ko zoru-tenperaturarekin eta bolumeneko  $\%$  26ko zoru-hezetasunarekin), zoruak ( $1,3$  eta  $1,4 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  arteko dentsitatea eta  $\%$  8ko porositatea)  $\text{CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ -ko  $4,7$  litroko metano-kargaren  $\%$  60

oxidatu dezakeela.  $\text{CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ -ko 2,82 litroko oxidazioa  $\text{CH}_4 \text{ m}^{-2}$  urtea<sup>-1</sup>-ko 17,6 kg-ren baliokidea izango litzateke. Ondo diseinatutako eta eraikitako metanoaren oxidazio-sistemek orokorrean estandar gisa pentsatutakoak baino metano-karga handiagoak oxidatu ditzakete. Orain arte dokumentatutako esperientzia eskasa dela eta, metanoaren oxidazio-tasa handiago horiek frogatu behar dira banan banako proiektu bakoitzean.

### **Gomendatutako irakurketak**

Informazio gehiago eskuratu daiteke (alemanez) dokumentu hauetan:

Gebert, J., Streese-Kleeberg, J., Melchior, S. (2011): Methanoxidation zur passiven Restgasbehandlung. Müllhandbuch Kennzahl 4383, Lieferung 1/11, Erich Schmidt-Verlag Berlin, ISSN 0176-4969.

Huber-Humer *et al.* (2008), ÖVA-Leitfäden: Methanoxidationsschichten (alemanez) hemen deskargatu daiteke:

[http://cms.altlastenmanagement.at/documents/ak\\_tl/Leitfaden\\_Methanox%20.docx.pdf](http://cms.altlastenmanagement.at/documents/ak_tl/Leitfaden_Methanox%20.docx.pdf)

## 3.9 Eragiketa eta zainketa

### **3.9.1 Ihesen egiaztapena martxan jarri aurretik**

Edozer instalazio-mota martxan jarri aurretik, bilketa-sistema eta bilketa-hobiekiko konexioak estankoak direla egiaztatu behar da. Horretarako, konprimatutako airea sartzen da sisteman, eta ihesik dagoen egiaztatzen da:

- Airea sisteman sartzen da 300 mbar arteko presioarekin. Tenperatura egonkortu ondoren, sistemako presioa neurtzen da, gutxienez, ordubetez. Tenperaturaren edo giro-presioaren aldaketen ondorioz azaldu ezin diren presio-aldaketek ihesak daudela adierazten dute.
- Egiaztapenean zehar, airearen tenperaturak ezin ditu 40 °C graduak gainditu.
- Hobietarako eta sifoiarako konexioak brida itsuarekin itxita egon behar dira;
- Bilketa-sistema hondarrarekin estalita egon behar da, tenperaturaren efektuak minimizatzeko (zoruaren mailaren gainetik instalatuta ez badago).

### 3.9.2 Abiarazte segurua

Zaborte-gasen eta airearen nahasketak leherkorrak izan daitezke. Sutze-iturri posibleekin kontaktuan sartzen badira (adibidez, txinpartak) soplantea eta zuzian, kalte larriak sor ditzakete bilketa- eta aprobetxamendu-sisteman. Sistema martxan jartzerakoan, askotan, ezin da saihestu airearen eta zaborte-gasen nahasketa leherkorrak eratzea, denbora-tarte labur batean. Horrek ez luke inolako arazorik sortu behar, edozer sutze-iturri zorrozki deuseztatzen bada.

Egun batzuk igaro ondoren, hobi bakoitzeko gasan dagoen metano- eta oxigeno-edukia neurtzen da. Lan hori gauzatzeko, merkatuan eskuragarri dauden ekipamendu eramangarriak erabili daitezke. Metanoaren kontzentrazioa handia denean (bolumeneko % 55 baino gehiago) eta oxigenoaren kontzentrazioa txikia denean (bolumeneko % 0,3 baino gutxiago), hobiaren kontrol-balbula pixka bat gehiago ireki daiteke. Metanoaren kontzentrazioa txikia denean (bolumeneko % 45 baino gutxiago) eta oxigenoaren kontzentrazioa handia denean (bolumeneko % 1 baino gehiago), pixka bat gehiago itxi behar da kontrol-balbula. Zaborte-gasak gas naturalaren kalitatearekin arazten diren kasuetan, onargarria izan daiteke aurretiazko baldintza gehigarriak ezartzea, N<sub>2</sub>ren kontzentrazioei dagokienez; horiek ere kontrolatu egin beharko dira.

Berreskuratutako gasa erre egiten bada bakarrik, metanoaren kontzentrazio txikiagoa onartu daiteke. Orokorrean, zuziak ondo diseinatuta badaude, modu egonkorrean funtzionatu dezakete, metanoaren kontzentrazio txikiakin. Zenbait zuzik metanoaren % 15 soilik duten zaborte-gasak ere erre ditzakete. Kasu horietan, gasean dagoen oxigeno-kontzentrazioak (bolumeneko % 1 eta % 2 artean, gehienez) xurgapen-presio maximoa zehazten du.

Prozedura hori hainbat aldiz errepikatu behar da astero (gutxi gorabehera), balbulan aldaketa nabarmenik ez sortu arte.

### 3.9.3 Kontrol-balbularen doikuntza

Denbora pasatu ahala, aldaketak izango dira gasaren sorkuntzan eta hobitik gertu dauden hondakinen gasaren emarian. Hondakinen iragazkortasuna aldatu egin daiteke, finkapenen edo ur-edukian izandako aldaketen ondorioz. Gasen eraketa bilakatu egiten da denboran zehar. Hori gertatzen den erritmoa aldatu egin daiteke toki batetik bestera. Atmosferaren



klima-baldintzek (giro-presioa baina baita prezipitazioak ere) estaldura-materialaren iragazkortasunean eragiten dute, eta baliteke presioaren beherakada eragitea ere, biltza-sistemaren presioan. Aldaketa horiek hobi jakin baten eragin-eremuan eta metanoa biltzeko eraginkortasunean eragiten dute. Kalitate onargarriko zabortege-gasen berreskurapen eraginkorra mantentzeko, hobi bakoitzaren kontrol-balbularen konfigurazioa edo xurgapen-presioa birdoitu behar da noizean behin.

Eragiketa horren behar duen maiztasuna behatutako aldaketen arabera da, eta asteko maiztasunetik (arestiko hondakinen hobiaren kasuan) hileko maiztasunera aldatu daiteke, nahiko iragazgaitza den estaldura duten finkatutako hondakin zaharren kasuan.

Balbula doitzeko jarraitu beharreko prozedura 3.9.2 atalean deskribatutako hasierako prozedurarekin konparatu daiteke, eta hobi bakoitzeko presioa zein gasaren metano- eta oxigeno-edukiak neurtzean eta, ondorioz, balbularen parametroak birdoitzean datza. Alde nagusia da metanoaren kontzentrazioa aprobetxamenduak praktikoa izaten jarraitzen duen balore minimora murrizten saiatu beharra dagoela. Gas-motorretan, kontzentrazio hori bolumeneko > % 45ekoa da, eta hobi bakoitzeko metano-kontzentrazioa bolumeneko % 48 eta % 52 artekoa izan behar da, adibidez, ahal izanez gero. Neurketen emaitzak eta hobi bakoitzeko balbularen konfigurazioa erregistro-liburuan idatzi behar dira; horrek doikuntzak gauzatu beharreko maiztasuna erabakitze prozesua erraztuko du. Erregistro-liburu horrek gauzapen egokiaren froga bezala balio izan dezake, adibidez, agintari eskudunek sistema ikuskatzen dutenean.

#### **3.9.4 Kondentsatuaren kudeaketa**

Kondentsatuaren sorkuntza eta gasen berreskurapen-sistematik biltzearekin eta deuseztatzearekin (bereziki, kanalizazioetatik) erlazionatutako diseinuaren aspektuak 3.5.3 atalean deskribatzen dira. Berreskurapen-sistema martxan dagoen bitartean, kondentsatua etengabe deuseztatu behar da, zabortege-gasen berreskurapen-prozesua ez oztopatzeko. Kondentsatua hondakinen masarantz drainatu edo deskarga-hodirantz ponpatu daiteke. Bi kasuetan, garrantzitsua da kondentsatu-mailak kontrolatzea gas-hobietan, sifoiatan, bereizgailuetan eta ponpetarako zuloetan. Gasen berreskurapen-sistema martxan jarri ondoren, aipatutako sistemaren kontrola hileroko egin daiteke. Uraren drainatze txarraren seinalerik ez badago, kontrola hiru edo sei hilean behin gauzatzeko aukera planteatu daiteke.

Ustiapen-fasean dauden zabortegietan, hondakinen finkapenaren ondorioz, ezin da inoiz bermatu gasaren bilketa-hodiek kondentsatua drainatzeko aldapa egokia izango dutenik. Kondentsatuaren maila kontrolatzeaz gain, egokia izan daiteke gasen bilketa-hodietako emaria aldizka egiaztatzea. Egiaztapen hori anemometroa hodira konektatutako bola-balbularen bidez gasen bilketa-hodian sartuz, edo gasaren bilketa-hodien sekzio ezberdinen arteko presio-aldeak neurtuz egin daiteke, adibidez.

### 3.9.5 Ikuskapena eta mantentze-lanak

Hobi guztietan kontrol-balbularen konfigurazioa erregulariki doitzeaz eta kondentsatuaren mailak kontrolatzeaz gain, instalazioak behar bezala funtzionatzen duela ere egiaztatu behar da noizean behin. Ikuskapena eta mantentze-lana programa baten arabera planeatu eta gauzatu behar dira, betiere, beharrezkotzat jotzen denean, adibidez, gasaren kalitatearen edo kopuruaren azalpenik gabeko murrizketaren aurrean. Gauzatutako lanak erregistro-liburu batean idatzi behar dira- Instalazioaren kontrolean eta mantentze-lanean kontuan izan beharreko zenbait aspektu honako hauek dira:

- Instalazioaren funtzionamendu egokiaren lehen adierazlea konpresoreak duen emaria da. Emari hori edo aldi zehatz bateko emariaren kopuru osoa aldizka erregistratu behar da. El promedio de gases recuperados semanalmente debe proporcionar un patrón relativamente constante, con ligeras modificaciones al alza o a la baja explicables considerando la evolución del propio vertedero (como por ejemplo, una reducción lenta de la generación de gases en los residuos más antiguos o un aumento debido a la conexión de los pozos).
- Instalazioaren funtzionamendu egokiaren bigarren adierazle bat da konpresoaren estazioak martxan irauten duen ordu-kopurua, aldi jakin batean zehar. Pilatutako eragiketa-orduak aldizka erregistratu behar dira.
- Hondakinen finkapenaren, zabortegian gauzatutako eragiketetatik ondorioz izan daitezkeen gertaeren edo korrosioaren ondorioz, adibidez, hobietan, sifoiatan eta hodietan izandako kalteak egiaztatu behar dira. Arreta berezia jarri behar zaie sistemaren zati ezberdinen arteko konexioei.

- Bilketa-hodietan izandako presio-beherakadaren neurketa sistematik atera ez den ur-kondentsazioak eragindako presio-beherakadaren areagotzearen adierazle izan daiteke.
- Era berean, soplantearen eta zuziaren segurtasun-gailuak egiaztatu behar dira, hornitzailearen espezifikazioen arabera.
- Erregailuak, erregailuen oinarriak eta tximinien barne isolatzailea bisualki ikuskatu behar dira, instalazioaren funtzionamendu egokia eragotzi lezaketen korrosioa edo kalteak egiaztatzeko.
- Era berean, ekipamenduaren aldizkako mantentze-lanak egin behar dira eta, bereziki, zati mugikorrenak, hornitzailearen espezifikazioen arabera.
- Neurketaren gailuek behar bezala funtzionatzen dutela egiaztatu behar da. Ekipamenduak kalibratu behar dira, hornitzailearen argibideak jarraituz.

### 3.9.6 Metanoaren oxidazio-sistemen mantentze-lanak

Metanoaren oxidazio-sistemen mantentze-lanak hondakinen finkapenarekin eta ondoriozko gasen iragazkortasunarekin, zein geruzen interfaseetan dauden oztopoek eragindako ondorioekin erlazionatuta daude, nagusiki. Faktore horiek oxidazio-prozesuan dituzten eraginak erraz identifikatu daitezke, zoruaren gas-fasea aztertuz. Propietate kimikoen eta fisikoen inguruko baldintzak betez gero, ez da beharrezkoa inolako mantentze-lanik gauzatzea, behar bezala dimentsionatutako material mineraletan oinarritutako sistemetan.

Aldiz, buztin porotsua bezalako material industrialak erabiliz gero, mantentze-lanek pH baloreen doikuntza eta elikagaien ekarpena har ditzakete barne. Konposta bezalako material organikoetan oinarritutako sistemek buxatzeko eta finkatzeko joera dute. Kasu horretan, mantentze-lanek estaldura-iragazkia, leihoa edo materiala lasaitu edo ordezkatu behar izatea eragiten dute.

## 3.10 Zaintza eta jakinarazteko betebeharra

### 3.10.1 Berreskuratze-eraginkortasuna

Zaborte-gi-gasen kontrol-neurrien eraginkortasuna frogatzeko prozedurak hondakinen isurpenaren inguruko Europako Zuzentarauaren III. Eranskinean deskribatzen dira, eta zoruan

dauden gasen kontrola har dezakete barne, utzitako hondakinetatik, isurpen iheslariatik eta zabortegian dauden baldintzetatik kanpo (ikus Zuzentarauaren III. Eranskinen ezarritako baldintzak). Zabortege-gasei dagokienez, hondakinen isurpenaren inguruko Europako Zuzentarauaren III. Eranskinaren 3. Sekzioak adierazten du, gasen isurpen potentzialak eta presio atmosferikoa neurtu behar direla, eta gasen kontrola zabortegeko sekzio bakoitzaren adierazgarri izan behar dela. Taularen behealdeko oharrek argitzen dute neurketen maiztasuna zehazki egokitu daitekeela zabortege bakoitzerako, eta neurri horiek hondakinetan dagoen materia organikoaren kopuruarekin daudela erlazionatuta nagusiki. Hau da, hondakinen masak material organiko biodegradagarria badu, metanoaren, karbono-dioxido, oxigenoaren eta bestelako gasen kontzentrazioak aldizka egiaztatu behar dira. Bestelako gas horien artean, hidrogeno-sulfuroa, karbono-monoxidoa eta konposatu kloratuak eta fluoratuak daude, adibidez. Hondakinen isurpenaren inguruko Europako Zuzentarauaren III. Eranskinaren 3. Sekzioak ezartzen du, gainera, itxieraren ondoko mantentze-fasean ere beharrezkoa dela «gasen erauzketa-sistemaren eraginkortasuna aldizka egiaztatzea». Gida-dokumentu honen 3.2 atalean azaldu bezala, gasen berreskurapen-sistemaren eraginkortasun-kontrola gauzatzea are garrantzitsuagoa da ustiapen-fasean. Gasen berreskurapen-sistemaren eraginkortasuna ebaluatzeko gauzatu beharreko lehen egiaztapena funtzionatzen aritu den gasen berreskurapen-sisteman pilotutako orduak eta asteko, hileko edo urteko orduen osokoa konparatzea da. Berreskurapen-sistemaren eraginkortasuna ebaluatzeko gauzatu beharreko bigarren egiaztapena berreskuratutako gas-kopurua eta gauzatutako sortutako gasen estimazioa konparatzea da.

Metanoaren sorkuntza kuantifikatzeko eskuragarri dagoen teknologia onena modelizazioa da, eta metanoaren berreskurapena kuantifikatzeko, berriz, neurketak dira. Metanoaren oxidazioa kuantifikatzeko eskuragarri dagoen teknologia onena oxidazioari buruzko IPCCren berezko baloreak metanoaren sorkuntzaren kalkulura aplikatzea eta berreskuratutako metanoa kentzea da. Metanoaren isurpenak kuantifikatzeko eskuragarri dagoen teknologia onena berreskuratutako metanoa eta oxidatutako metanoa sortutako metanotik kentzen duen kalkulan oinarritzen da. Lurraren berotzearen gaineko efektua CO<sub>2</sub> kg baliokideetan adierazten denez, sorkuntza, berreskurapena, oxidazioa eta isurpenak urteko CH<sub>4</sub> kg-etan adierazi behar dira. Beraz, ez da nahikoa zabortege-gasen emaria m<sup>3</sup>-tan neurtzea (orduko edo urteko), eta bolumeneko %an neurtutako metano-kontzentrazioarako da soilik. Gasaren m<sup>3</sup> masa gasaren presioaren eta tenperaturaren eragin izugarria du. Neurketak gauzatzeko,

masaren emari-neurgailuak erabili daitezke. Nahi izanez gero, gasaren bolumen-ehunekoak eta metanoa metanoaren kg bihurtu daitezke, tenperaturaren eta presioaren datuetatik abiatuta. Kasu horretan, garrantzitsua da beharrezko datuak maiz biltzea, metanoaren berreskuratze-tasa tarte laburretan zehazteko (gutxienez, astero baina, ahal izanez gero, maizago), eta urteko berreskurapen-tasa kalkulatzeko, tarte aldi laburren berreskuratze-tasaren batuketaren bidez.

**3.7. TAULA: ZABORTEGI-GASEN BERRESKURAPEN-SISTEMA DOITZEKO ETA ERAGITEKO KONTROLATU ETA ERABILI BEHAR DIREN ASPEKTUAK.**

	Metodoa	Unitatea	Kontrol- maiztasuna	Informazioaren jakinarazpen- maiztasuna
<b>A: Gas-hobiak</b>				
CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> eta O <sub>2</sub> kontzentrazioak	Neurketa	% bolumenean	Hilero/bi hilez behin	Batere ez
Gasaren presioa (emariaren neurketaren ordez)	Neurketa	mbar	Hilero/bi hilez behin	Batere ez
Kondentsatuaren/lixibiatuen maila	Neurketa	cm	Sei hilez behin	Batere ez
<b>B: Kondentsatuaren biltodiak</b>				
Kondentsatuaren maila	Neurketa	cm	Sei hilez behin	Batere ez
<b>C. Kompresoreen estazioa</b>				
Kompresorearen funtzionamendu-orduak	Neurketa	ordua	Astero	Urtero
Gas-emaria	Neurketa	m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>	Astero	Urtero
CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> eta O <sub>2</sub> kontzentrazioak	Neurketa	% bolumenean	Etengabe	Urtero
Gasaren presioa (emariaren neurketaren ordez)	Neurketa	mbar	Astero	Urtero
Gasaren temperatura (emariaren neurketaren ordez)	Neurketa	°C	Astero	Urtero

3.7 taulan aipatzen ez diren aspektu horiek ez dago ingurumen-organoari jakinarazi beharrik.

Kompresoreen eta zuzien segurtasun operatiboaren inguruan kontrolatu behar diren aspektuak 3.2 taulan adierazten dira. Ez dago ingurumen-organoari adierazi beharrik.

Zabortege-gasen berreskurapen-sistema doitzeko balio duten aspektuak kontrolatzeaz gain, jardunbide egokitzat jotzen da urtero kompresoreen estazioko zabortege-gasetan dauden

beste osagai batzuen presentzia zaintzea. Hidrogeno-sulfuroa eta karbono-monoxidoa bezalako zenbait konposatu garrantzitsuak dira, osasunari eta segurtasunari dagokionez. 1. Eranskinean adierazitakoak baino handiagoak diren hidrogeno-sulfuroko kontzentrazioak jakinarazi dira, bereziki, sulfatoak dituzten hondakinen kopuru esanguratsuak isurtzen diren zabortegetan. Hidrogeno-sulfuroak tratamendu-sistemen korrosioa edo oxido sulfurikoen isurpen handiak eragin ditzakete. Nolanahi ere, ez da beharrezkoa oxido sulfurikoen isurpen horiek neurtzea; izan ere, hidrogeno-sulfuroaren kontzentrazioetik eta gasean dauden beste osagai sulfuriko batzuetatik abiatuta kalkulatu daitezke, kontuan izanda, erabat oxidatzen direla jaso eta tratatu (adibidez, oxidatu) den gas-frakzioan. Zenbait kasutan, baliteke beharrezkoa izatea hidrogeno-sulfuroa kentzea.

Zenbait konposatu garrantzitsuak izan daitezke kontrol-helburuetarako, Kutsatzaileen Isurpenen eta Transferentzien Europako Erregistroaren (KITEE, edo E-PRTR ingelesez) ezarpenaren inguruko 166/2006 EE Araudiaren arabera. KITEEren arabera, ([http://europa.eu/legislation\\_summaries/environment/general\\_provisions/l28149\\_en.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/environment/general_provisions/l28149_en.htm)), egunean hondakinen 10 tona baino gehiago edo 25.000 tona baino gehiago hartzeko gaitasuna duten Europar Batasuneko estatu-kideetako zabortegeiek ezarritako baloreak gainditzen dituzten isurpenak jakinarazi behar dizkiote ingurumen-organoari. KITEEk gasen estimazioa, kalkulua eta neurketak onartzen ditu kuantifikazio-metodo bezala. Metanoaren sorkuntzari, oxidazioari eta isurpenei dagokienez, KITEEn ustez, eskuragarri dagoen teknologia onena modelizazioan oinarritutako kalkuluak dira. Metanoaren berreskurapenerako, KITEEn ustez, eskuragarri dagoen teknologia onena neurketetan oinarritzen da. Beraz, ez da estimazioa sustatu behar, metanoari buruzko txostenetarako oinarri bezala. Berreskurapeneraginkortasuna ingurumen-organoari jakinarazteko 3.8 taulan adierazitako ikuspegia jarraituz gero, datu horiek berak informazio hori KITEEri jakinarazteko ere erabili daitezke. Nolanahi ere, KITEEren araudiak beste parametro batzuen jakinarazpena eskatzen du, metanoarekin erlazionatutakoez gain. KITEEren gida-dokumentuak jakinaraztea beharrezkoa izan daitekeen parametroen multzoa adierazten du. Parametro jakin bati buruzko informazioa emateko edo ez emateko beharra mugazko baloreak gainditzen direnaren menpe dago; hori zabortege bakoitzaren arabera erabaki daiteke soilik. Atmosferarako isurpenei dagokienez, metanoak, CFCek eta HCFCek ezarritako mugazko baloreak gainditu ohi dituzte, orokorrean. Probablea da karbono-monoxidoaren, karbono-dioxidoaren, oxido sulfurikoen eta hautsaren kontzentrazioek ere KITEEk ezarritako mugazko baloreak gainditzea. Aldiz, ez da oso

probablea beste parametro batzuk atmosferarako isurpenen mugazko baloreak gainditzea. Nolanahi ere, erakunde ustiatzailea arduratzen da ebaluatzeaz zer konposatuk gainditzen dituzten KITEEren baloreak bere zabortegetan.

**3.8. TAULA: KONTROLATU ETA JAKINARAZI BEHAR DIREN GASEN BERRESKURAPEN-SISTEMAREN ERRENDIMENDUARI BURUZKO ASPEKTUAK**

	Metodoa	Unitatea	Kontrol- maiztasuna	Informazioaren jakinarazpen- maiztasuna
<b>A: Metanoaren sorkuntza</b>				
Aurreko urtean isuritako hondakinetan oinarritutako estimazioaren eguneraketa	Ereduak sortzea	kg CH <sub>4</sub> .urtea <sup>-1</sup>		Urtero
<b>B: Metanoaren berreskurapena</b>				
Konpresorearen funtzionamendu-orduak	Neurketa	ordua	Astero	Urtero
Gasaren emaria (soplanteen estazioa pilatua)	Neurketa	m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>	Astero	Urtero
Gasaren presioa (emariaren neurketaren ordezt)	Neurketa	mbar	Astero	Urtero
Gasaren tenperatura (emariaren neurketaren ordezt)	Neurketa	°C	Astero	Urtero
Metanoaren kontzentrazioa	Neurketa	CH <sub>4</sub> ren % bolumenean	Astero	Urtero
Asteko metanoaren berreskurapen-tasaren zehaztapena	Kalkulia	kg CH <sub>4</sub> .astea <sup>-1</sup>		Urtero
Urteko metanoaren berreskurapen-tasaren zehaztapena	Kalkulia	kg CH <sub>4</sub> .urtea <sup>-1</sup>		Urtero
<b>C. Metanoaren oxidazioa</b>				
IPCCren berezko balorea aplikatzea	Kalkulia	kg CH <sub>4</sub> .urtea <sup>-1</sup>		Urtero
Aldizka: oxidazioaren modelizazioa ( 2.3, 2.4, 3.8 atalak)	Ereduak sortzea	kg CH <sub>4</sub> .urtea <sup>-1</sup>		Urtero
Aldizka: oxidazioaren modelizazioa ( 3.10, 3, 4 atalak)	Neurketa	kg CH <sub>4</sub> .urtea <sup>-1</sup>	Bi urtez behin	Urtero
<b>D: Metano-isurpenak</b>				
Kalkulia: A-B-C=D	Kalkulia	kg CH <sub>4</sub> .urtea <sup>-1</sup>		Urtero
Aldizka: isurpenen kontrola ( 3.10.3 atala)	Neurketa	kg CH <sub>4</sub> .urtea <sup>-1</sup>	Bi urtez behin	Urtero
<b>E: Beste gas batzuk (beharrezkoa izanez gero)</b>				
CO, H <sub>2</sub> S, merkaptanoak, CS <sub>2</sub> , COS, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S, CFC, HCFC, binilo-kloruroa, klorometanoak	Neurketa	mg.m <sup>-3</sup>	Urtero (beharrezkoa izanez gero)	Urtero (beharrezkoa izanez gero)

	Metodoa	Unitatea	Kontrol- maiztasuna	Informazioaren jakinarazpen- maiztasuna
<b>F: Lurpeko migrazioa (beharrezkoa izanez gero)</b>				
Metanoaren kontzentrazioa gas-zundetan	Neurketa	CH <sub>4</sub> metanoaren % bolumenean	Hiru hilez behin	Urtero

Horietako parametro asko barne-operatibaren eta segurtasunaren arabera ere kontrolatu behar dira; ondorioz, horien zaintzak ez du inplikitzen inolako kontrol-ahalegin gehigarririk egin behar izatea (ikus 3.6.3 atala eta 3.2 taula).

### 3.10.2 Lurpeko migrazioaren kontrola

Hondakinen isurpenaren inguruko Europako Zuzentarauak eskatutako gutxieneko arau teknikoak betetzen dituzten zabortegetan, printzipioz, ez da metanoaren lurpeko migrazioa gertatu behar. Kasu horietan, zabortegeiek hesi geologikoa eta zigilatze artifizialeko estaldura izango dituzte hondotan eta alboetan (alboak azalerako mailaren azpian badaude). Hondakinen isurpenaren inguruko Europako Zuzentzaraua indarrean sartu aurretik eraikitako zabortegeiek antzeko babes-maila bermatuko duten neurriak barne hartzen dituen egokitzapen-plana jakinarazi beharko lukete. Ingurumen-organoak egokitzapen-plan hori onartu badu, beharrezko babes-neurriak ezarrita egon beharko lirateke. Ingurumen-organoak egokitzapen-plan hori onartu ez badu, zabortegeia itxita egon beharko litzateke. Hondotan eta alboetan inpermeabilizatorik izan ezean, metanoaren lurpeko migrazioa saihesteko zenbait aukera inpermeabilizazio-pantaila bertikalen edo gasa drainatzeko zanga bertikalen eraikuntza dira. Inpermeabilizazio-pantailen eta zangen errendimendua kanpoan kontrolatu daiteke laginak biltzen dituzten eta dagoen metanoa aztertzen duten zundak edo iragazkiak erabilita.

Nolanahi ere, eta oinarriko inpermeabilizazio-sistemak ez dituzten zabortegetarako, zabortege aktiboak edo itxiak direla, beharrezkoa da gasaren lurpeko migrazioa potentziala ikertzeko plana proposatzea, erakunde ustiatzaileak gasaren migrazioa existitzen ez dela frogatu ahal izan ezean; horren ondorioak kontrol-neurriak hartzea edo gasa berreskuratzeko eta deuseztatzeko neurriak hartzea izan ahal izango dira. Lurpeko migrazioa gasaren



ikerkuntza zein migrazioan dagoen gasa kontrolatzeko eta berreskuratzeko proposamenak ingurumen-organoak onartu eta ikuskatu behar izango ditu.

### 3.10.3 Isurpenen eta oxidazioaren kontrola

Zabortegei-gasen berreskurapenaren helburu nagusia atmosferarako metano-isurpenak kontrolatzea da. Horrela, isurpenen kontrola prozesuaren urrats logikoa da. Isurpenak kontrolatzeko metodo ezberdinak daude. Guztiek dituzte mugaketa eta desabantaila jakin batzuk. Nabarmentzekoa da Europako Batzordearentzat zabortegei-gasen kontrolari buruzko gida-dokumentua idatzi zuen Egokitzapen Teknikoko Batzordearen lantaldeak 2012an ondorioztatu zuen ez dagoela nahikoa zehatza eta fidagarria den neurketa-metodirik epaitegiaren aurrean sostengatzeko, isurpen jakin batzuen onargarritasunari buruzko eztabaida juridikoa izanez gero. Gainera, isurpenen neurketa-metodoen eskuragarritasunari eta zehaztasunari buruzko eztabaida dago martxan ere bai, zabortegetatik datozen metano-isurpenak kuantifikatzeko.

Isurpenen hiru kontrol-maila desberdinu daitezke:

- Zabortegeiaren azaleraren *ikuskapen bisuala*, metano-isurpenak sortzen diren puntu posibleak identifikatzen saiatzeko, hala nola landaretzaren kalteak erakusten dituzten eremuak, arrailak azalera, usain txarren agerpena, gas-burbuilak azalerako ur-putzuetan edo goiz hotz batean, adibidez, ezpondetan sortzen diren zabortegei-gasen kondentsazioaren mototsak.
- *Isurpenen neurketa kualitatiboetan*, zabortegeiaren azalerako metano-kontzentrazioak erregistratzen dira aurretik zehaztutako lursail-laukietan, garraren ionizazioarako detektagailu eramangarriarekin (FID), sintonizatu daitekeen laser diodoarekin (TDL) edo gasaren beste analizatzaile eramangarriekin. Lortzen den metano-kontzentrazioen mapak isurpen-fokuak non sortzen diren adierazten du eta, kasu batzuetan, deuseztatu egin daitezke, adibidez, azalerako geruzaren arrailak edo gasaren bilketa-sisteman dauden ihesak konponduta. Halaber, beste metodo batzuk proposatu dira, metanoaren isurpen-fokuak identifikatzeko. Horietako bat infragorrien termografiaren bidezko analisia eta lursailaren ikuskapen bisuala dira. Hobe da infragorrien termografiaren bidezko analisia goizeko lehen orduan gauzatzea udazkenean, neguan edo udaberrian, eta

temperatura normala baino altuagoa duten zabortegi-puntuak detektatzeko balio dute. Puntu horiek zabortegiko zati sakonenetatik datozen zabortegi-gas beroek sor ditzakete. Infragorrien termografia eta ikuskapena ez dira garraren ionizazio-detektagailua edo sintonizatu daitekeen laser-diodoa bezain teknika fidagarriak (oraindik). Temperatura handieneko eremuak ere beste fenomeno batzuk sor ditzakete, hala nola azalerako hondakinen degradazio aerobikoak. Infragorrien termografiarekin lortutako emaitzak nahasiak izan daitezke. Horrela, adibidez, landaretza duten zoruaren goi-geruzen landaretzarik gabeko azalaren seinale ezberdina ematen dute, temperatura bera badute ere. Gainera, ganbera termiko infragorriekin detektatzen ez diren isurpen-fokuak garraren ionizazio-detektagailuarekin detektatzen direla ikusi da. Era berean, ikusi da balitekeela geruzan bisualki identifikatutako arrailek edo zuloek metanoa isuri ahal izatea, baina baliteke hala ez izatea ere bai.

- Egun, ez dago zabortegi oso baten metanoaren isurpen globalen batezbestekoa neurtzeko lehentasunezko metodo gisa aintzatespen handia duen *neurketa-metodo kuantitatiborik*. Zabortegietatik datozen metano-isurpenak neurtzeko zailtasun nagusia isurpenen espazio- eta denbora-aldakortasuna da, bai eta egungo zabortegien dimentsioak ere. Neurketa horiek gauzatzeko, metodo ezberdinak proposatu dira. Gehien aplikatzen diren metodoak fluxu-ganbera itxietan oinarritutakoak dira. Fluxu-ganbera itxiak dira lehentasunezko metodoa, zabortegi bateko eremu txikietan neurketak gauzatzeko. Nolanahi ere, adostasun gero eta handiagoa dago, fluxu-ganbera itxiak isurpenen espazio-aldakortasuna biltzeko gai badira ere, horiek ez dituztela ia inoiz lortzen zabortegi osorako emaitza adierazgarriak, eta isurpenak gutxiesteko joera dutela. Baldintza horiek gertatu egiten dira, laukietako neurketetarako ezarritako prozedurak errespetatu eta interpolazioko metodo geoestatistikoak erabiltzen badira ere. Isurpenak gutxiesteko joera minimizatu egin daiteke, isurpenen identifikazio eta kuantifikazio zorrotzaren bidez, isurpen-fokuetan. Aplikatutako beste metodo batzuk neurketa mikro-meteorologikoetan oinarritutako metodoak, masen oreka-metodoak eta mototsen neurketak dira. Guztiek aurkezten dituzte abantailak eta desabantailak, bai eta murrizketa espezifikokoak ere, zabortegiaren dimentsioei, topografiari, eskuragarritasunari eta, adibidez, zabortegiaren alboko metano-iturriei dagokienez.

Hainbat kasutan, neurketa horiek gauzatzearen kostua faktore garrantzitsua izango da eta, askotan, erabakigarria. Hondakinen konposizioari buruzko informazio gutxi dagoen kasuetan, erabilgarria izan liteke isurpenen neurketak gauzatzea. Nabarmenezkoa da baldintza horietan, balitekeela ereduetatik ondorioztatutako sorkuntza-tasak zehatzak edo fidagarriak ez izatea. Ereduetatik abiatutako lortutako tasak neurketen bidez lortutako oxidazio- eta isurpen-tasekin konparatzerakoan (baita neurketak balore adierazle gisa soilik erabili daitezkeenean ere), hobe ulertu daitezke gasen sorkuntza, oxidazioa eta isurpena.

Ganbarekin egindako neurketetan gehien erabilitako ikuspegia fluxu-ganbera estatikoekin egindako neurketak dira. Fluxu-ganbera estatikoekin egindako neurketak metanoaren isurpena kalkulatzeko ahalbidetzen du, metanoaren kontzentrazioaren hazkundearen erregresio linealetik abiatuta, analisiaren denborazko sekuentzia batean; isurpen-tasa isurpenaren azaleraren eta fluxu-ganberaren bolumen iraunkorraren artean existitzen den harremanaren bidez lortzen da. Fluxu-ganbera estatikoekin egindako neurketei dagokienez, garrantzitsua da hurrengo aspektuak kontuan izatea.

- Oxidazioa hezetasunaren eta tenperaturaren menpe dagoenez, garrantzitsua da neurketa-mota hori ganbarekin egitea, adierazgarriak diren urtaro-aldietan. Klima moderatuak dituzten Europako eskualdeetan, zoruaren batez besteko tenperatura apiriletik maiatzera eta irailetik urrira erregistratzen da. Normalean, apirilean du zoruak eremu-kapazitatean zoruuko ur-edukia, hau da, ura atxikitzeko gehieneko gaitasuna zifratzeko aukera handiena. Iraila lehorra izan daiteke. Baliteke urrian eremu-kapazitatea berriro lortu ahal izatea. Neguan, tenperatura baxuek oxidazioaren urteko batezbesteko tasa gutxiestea eta gas-isurpenaren urteko batezbesteko tasa gehiegi balioestea eragin dezakete. Udan, tenperatura altuek aurkako efektua sor dezakete. Zenbait eskualdetan, urtaro lehorren eta euritsuen arteko aldeak tenperaturen arteko aldeek baino eragin garrantzitsuagoa izan dezakete. Eskualde lehorretan, hezetasun-faltak nabarmen murriztu dezake oxidazioa udan.
- Hondakinen masan lehentasunezko masak daudenez, edo zoruaren estalduraren heterogenotasunaren ondorioz, posible da sortutako metanoaren frakzio esanguratsua zuzenean isurtzea, isurpen-fokuak deitutako horien bidez. Isurpen-

foku horietan, metano-fluxua altuegia da oxidazio esanguratsua lortzeko. Zehaztasuna hobetzeko eta isurpen-fokuak alde batera uzteko, garrantzitsua da, lehenengo edo aldi berean, azalera ebaluatzea, isurpen-fokuak (edo lehentasunezko bideak) identifikatzeko. Isurpen-fokuak izan ohi dira atmosferarako metano-isurpen gehien erantzuleak.

- Zehaztasuna are gehiago hobetu daiteke, ahalik eta handienak diren ganbarekin egindako neurketa ugari eginez. Nolanahi ere, badira ere mugapen ekonomikoak eta praktikoak. Horregatik, arrazoizko konpromisoko irtenbidea aurkitu behar da. Egoera hori zabortegi bakoitzaren menpekoa izan daiteke.
- Gailu eta metodo guztiek detekzio-mugak dituzte. Fluxu-ganbera itxien neurketaren detekzio-muga ganberaren azaleraren eta bolumenaren menpekoa da, bai eta metanoaren eta karbono-dioxidoaren neurketa-gailuen sentsibilitatearen menpekoa ere. Garrantzitsua da egiaztatzea detekzio-muga bat datorrela aurreikusitako metanoaren eta karbono-dioxidoaren isurpenekin.
- Praktikan, ganbera gardenak zein opakuak erabiltzen dira. Ganbera opakuek eguzkiaren argia blokeatzen dute, eta fotosintesia zein karbono-dioxidoaren xurgapena gelditzen dituzte. Efektu hori komenigarria da; izan ere, karbono-dioxidoaren xurgapen fotosintetikoak gas horren isurpenak estali ditzake.
- Xurgapen-ponpatik ondorioztatutako aldaketak minimizatzeko (askotan,  $1-2 \text{ l min}^{-1}$ ), neurketa-gailuak ganberara konektatzen dira 15-20 segundoz bakarrik minutuko, adibidez, sei minutuko tartean zehar. Horrela, ganberan depresioa gertatzea saihesten laguntzen da. Normalean, ezin dira analizatzaileen ponparen emariak doitu. Bereziki ganbera txikietan, atmosferako airearen edo hondakinen masatik datozen zabortegi-gasen neurketek xurgapenaren eragina izan dezakete, benetako isurpenak baino tasa handiagoetan.
- Presio-gorakada egon daiteke, ganbera fluxu adbektibo handiko isurpen-fokuan kokatuta badago. Atmosferara irekitako hodi luzearen eta mehearen ganberarekiko konexioak (adibidez, 40-45 segundo minutuko) presioaren gorakada saihestea ahalbidetzen du. Hodiak ganberaren bolumenaren eta atmosferako airearen arteko kontzentrazioaren difusio-oreka saihesteko luzera nahikoa izan behar du. Hiru bideko balbula erabili daiteke, atmosferaren ganbera deskonektatzeko eta analizatzaileara konektatzeko neurketetan (adibidez, 15-20 segundo minutuko).

Analizatzailearen erantzun-astia behatu behar da (ponparen emariaren eta hodian zein neurketa-gelaren konbinazioa), laginketa-denbora zuzena zehazteko.

- Neurketa-asti laburrak gomendatzen dira, ahal izanez gero, hamar minututik beherakoak. Horren gasen gutxieneko pilaketa posiblea bermatzen du, ganberaren azpian. Kasu horretan, presioaren gorakada minimoa da, eta gasen kontzentrazio-gradientea zoruaren eta atmosferaren arteko kontzentrazio-gradientetik gertu mantentzen da. Hori garrantzitsua da; izan ere, difusio-fluxua kontzentrazio-gradientearen arabera da. Ganberaren neurketaren detekzio-muga nahikoa baxua bada bakarrik egin daiteke lan neurketa-denbora laburrekin. Ondorioz, beharrezkoa izan daiteke ganberaren azalera eta bolumena kokapenaren isurpen-tasa espezifikora egokitzea, edo sentzibilitate handiagoko neurketa-gailua hautatzea.
- Ganbarek zorura lastatutako gasekiko estankoak diren plakak izan ditzakete, edo U profila izan dezakete hondoa, urez asetako aparraren betegarriarekin, azalerako ganbera zigilatzeke.
- Garrantzitsua da metano-isurpenak presio barometriko egonkorrean neurtzea. Presio barometrikoaren beherakadak metanoaren fluxu handiagoa eragiten du hondakinen masaren barneko «biltegitratze-bolumenetik»; horrek metanoaren isurpenen gehiegizko balioespena eragiten du. Presio barometrikoaren gorakadak metano-isurpenak inhibitzen ditu, eta metanoaren gorakada dakar hondakinen masaren barnealdeko «biltegitratze-bolumenean». Ondorioz, presio barometrikoaren gorakadak metano-isurpenen gutxiespena eragiten du.

Metanoaren eta karbono-dioxidoaren isurpenak ganberaren barneko kontzentrazioaren handitze-tasaren, ganberaren bolumenaren eta neurketa-azaleraren artean existitzen den erlazioaren bidez lortzen dira. Isurpenak formula honen bidez kalkulatu daitezke:

$$E = (m * V) / A$$

Horrela:

$$E = \text{isurpena} [\text{m}^3 \text{h}^{-1} \text{m}^{-2}]$$

$m$  = handiagotzearen erregresio linealaren aldapa kontzentrazioan [ $\text{m}^3 \text{m}^{-3} \text{h}^{-1}$ ]

$V$  = ganberaren bolumena [ $\text{m}^3$ ],

$A$  = ganberaren neurketa-azalera [ $\text{m}^2$ ].

Aurretik aipatutako gaiak fluxu-ganbera dinamikoekin edo haize-tunelekin (horiek ganbera dinamiko pasibo handietan egindako neurketatzat jo daitezke) egindako neurketei dira aplikagarriak hein handi batean. Fluxu-ganbera dinamikoarekin egindako neurketek metano-isurpenak kalkulatzeko dituzte, ganberaren bidezko fluxu-analisi etengabearen aldi baterako sekuentzian metanoaren sarrera- eta irteera-kontzentrazioaren eta ganberaren isurpen iraunkorren azaleraren arteko aldearen erregresio lineala kontuan hartuz. Fluxu-ganbera dinamikoaren maneia konplexuagotzat jotzen da, gasaren sarrera- eta irteera-fluxu iraunkorra behar duela, ganberaren sarrera- eta irteera-portuetatik. Gainera, ez da alderik egon behar sarrerako eta irteerako presioaren artean. Horrek sarrerako eta irteerako irekiduren tamainaren diseinu zorrotza behar du. Isurpen ezberdineko egoeretan, baliteke beharrezkoa izatea sarrerako eta irteerako irekiduren emaria eta tamaina aldatu behar izatea. Halaber, emari-neurgailuak edo emariaren erregulatuak behar izan daitezke sarreran eta irteeran. Bestalde, ganbera estatikoen kasuan baino lagin-kopuru bikoitza (sarrera eta irteera) aztertu behar da. Fluxu-ganbera estatikoen aurrean, dinamikoaren abantaila da lehenengoetan ez dela kontzentrazioaren gorakadak sortzen (horrek difusio-fluxua zailtzen du), ezta presioaren gorakadak ere (horrek fluxu adbektiboa zailtzen du). Desabantaila horiek erraz saihestu daitezke, hainbat jardueraren bidez, fluxu-ganbera estatikoarekin egindako neurketetan, aurretik aipatutako aspektuak planteatzen direnean.

Metanoaren oxidazio-iragazki itxien kasuan, errendimenduaren egiaztapena gauzatu daiteke, sartzen eta irteten diren metano-kargen masen orekaren bidez. Metanoaren oxidazioaren erabilitako iragazki irekiei, leihoei edo estaldurei dagokienez, FIB eramangarria (garraren ionizazio-detektagailua), sintonizatu daitekeen diodo-laserra (TDL) edo gasaren beste edozer analizatzaile eramangarria erabiltzea gomendatzen da, isurpen-fokuak detektatzeko; ondoren, fluxuen kuantifikazioa egin daiteke, ganberarekin egindako neurketen bidez. Oxidazio-tasak ebaluatzeko, metanoa neurtzeaz gain, karbono-dioxidoa ere neurtu behar da. Karbono-dioxidoaren analizatzailea jarri daiteke ganberaren barnealdean edo gasaren fluxua, metanoaren analizatzailearen norabidean.

Fluxu-ganberako neurketen emaitza egiaztatzeko, kalkulaturako oxidazio-tasa estaldura-zoruaren azpian (adibidez, m 1eko sakoneran) eta horren azaleran (adibidez, fluxu-ganberaren datuak) neurtutako CO<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub> ratioetan izandako aldaketatik abiatuta lortutako oxidazio-tasarekin konparatu daiteke. CO<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub> ratioaren irizpideak zoru-arnasketa oso kaskarra, gasen migrazio bertikala eta sistemaren egoera egonkorra onartzen ditu. Kalkuluaren emaitza karbono-dioxidoan oxidatzen den metanoaren ehunekoa da. Ehunekoa modelizatutako gasen sorkuntzarengatik biderkatzen bada, oxidazio-tasa bat kalkulatu daiteke CH<sub>4</sub>.urte<sup>-1</sup> kg-etan.

#### 3.10.4 Gasen sorkuntzaren murrizketa

Zabortegei-gasen proiektu baten gauzapenean, berreskuratutako gasaren kopurua eta kalitatea ez da iraunkorra. 2.2 grafikoan adierazi bezala, berreskuratutako gasaren kopurua gutxika murrizten da, denbora pasatu ahala. Gaseko metanoaren kontzentrazioa % 50 eta % 60 artekoa da, eta ez da nabarmen aldatzen zabortegeiaren balio-bizitzan zehar. Nolanahi ere, zabortegei-gasen ekoizpena murrizten denean, eta gero eta zailagoa denean gas nahikoa biltzea hori aprobetxatzeko, gero eta zailagoa da ere bai, kalitate onargarriko nahikoa zabortegei-gas berreskuratzea. Hobietako xurgapen-presioaren gorakadak bolumeneko % 50 azpiko murrizketa eragiten du metanoaren kontzentrazioan.

Denbora pasatu ahala, berreskuratutako gasaren kopuruaren eta kalitatearen murrizketak erakunde ustiatzaileak erabaki jakin batzuk hartzea eragiten du:

- Ustiapen-fasean eta amaitu bezain laster, askotan, aprobetxamendu-gaitasuna baino handiagoa den gas-soberakina sortzen da. Horregatik, isurpenak murrizteko, gasen berreskurapena optimizatu behar da. Horrek esan nahi du aprobetxatzeko kalitate nahikoa duten zabortegei-gasen kopuru handiagoak lortzen direla. Aprobetxatu ezin den berreskuratutako zabortegei-gasaren soberakina erre egin behar da. Erretako gas-kopurua handia bada eta ekoizpenak handia izaten luze jarraituko duela pentsatzeko arrazoiak badaude, sistemaren aprobetxamendu-gaitasuna handitzea hautatu daiteke. Hori posible da gas-motorrek moduluetan, kapazitate txikietan funtzionatu ahal izateari esker (baita zabortegei-gasen 100 m<sup>3</sup>-ra orduko ere) eta, zabortegei jakin batean hainbat urtez funtzionatu ondoren, kokapen berri batera mugitu ahal izateari esker, berreskuratutako gasen kopurua murrizten bada.

- Aldi jakin baten ondoren, gasen berreskurapena eta kalitatea murriztu egingo dira. Kasu gehienetan, gasaren kalitatea maila onargarrietan mantendu daiteke, hobietan xurgapen-presioa murriztuta, berreskuratutako gas-kopuruaren kalterako. Ondorioz, baliteke berreskuratutako gas-kopurua nahikoa ez izatea gasaren aprobeixamendu-ekipamenduak euren gaitasunaren % 100era eragiteko. Ekipamenduak modularki eraikita badaude (adibidez, hainbat gas-motor erabilia), gelditu eta beste zabortegei batean birkokatu daitezke.

Saihestezina da une jakin batean zabortegeiak aprobeixamendu-proiektua gauzatzen jarraitzeko nahikoa gas ez sortzea, murriztutako gaitasunarekin bada ere. Kasu horretan, isurpenak gasa zuzietan erreta edo metanoaren oxidazio-teknikak erabilia leuntzen dira.

- Egun, berotze-gaitasun txikiko gasak prozesatu ditzaketen zuziak daude, bolumeneko % 15era arteko metano-kontzentrazioarekin eta  $1 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \text{ h}^{-1}$ -ko gutxieneko gaitasunarekin. Gasak berreskuratzeke sistema badago eta epe nahikoan zehar erabiltzea aurreikusten bada, errentagarriagoa izango da zuzi txikia instalatzea, metanoaren oxidazio-sistema mikrobianoa instalatzea baino.
- Zuzien ordez, metanoaren oxidazio-teknikak erabili daitezke, hala nola metanoaren oxidazio-geruzak, leihoak edo iragazkiak. Teknika horiek zehatzago deskribatzen dira 3.8 kapitulua eta, ahal izanez gero, jadanik ezarrira egon beharko lirateke gasa oraindik modu aktiboan berreskuratzen denean (berreskurapen-sistemak bildu ezin duen metanoa oxidatzeko). Gasen bilketa-sistemaren eta metanoaren oxidazio-leiho ezberdinen arteko konexioa gauzatzea prozesu nahiko sinplea da. EBko zenbait estatu kidek  $5 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ -tik beherako zorua estaltzen duten metano-kargak dituzten metanoaren tratamendu pasiboa soilik erabiltzea gomendatzen badute ere (ikus 2.5 atala, 2.4 taula), ikuspegi teknikitik, metanoaren oxidazio mikrobianoak  $40 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ -ra arte tratatzea ahalbidetzen du. Nolanahi ere, kasu honetan, metanoaren oxidazio-sistemak zabortegeko azalera oso handia behar du eta, ondorioz, gasaren etengabeko errekuntza baino teknika garestiagoa izan daiteke.

Zuzia edo metanoaren oxidazio-sistema erabiltzeko erabakia gas horren isurpenen leunketa-prozesuaren errentagarritasunaren ebaluazioan oinarritu behar da (ikus 6. kapitulua).



### 3.10.5 Ebaluazioa eta jakinarazteko betebeharra

Erakunde ustiatzaileak kontrolari buruzko datu guztiak jasotzen ditu txosten batean. Baimenean edo KITEEren araudian ezarritakoaren arabera, txostenak urtero aurkezten zaizkio Ingurumen Organoari. Txosten horiek aurkeztu aurretik, erakunde ustiatzaileak datuen koherentzia ebaluatzen du, aurreko urteetan jakinarazitako datuekin konparatuta. Aurreko urteei dagokienez nolabaiteko desbideraketarik behatuz gero, hori arrazoitzen duen azalpena sartu beharko da txostenean. Aurreikusitako aurrerapenetan desbideraketak ikusiz gero, erakunde ustiatzaileak zabortege-gasen kontrol-neurriak oraindik egokiak eta errentagarriak diren ebaluatu beharko luke bere interesarengatik. Bost urtean behin, gutxienez, zabortege-gasen kontrol-neurrien errentagarritasunari buruzko ebaluazioa aurkeztu beharko zaio Ingurumen Organoari, aldaketarik sartzea beharrezkoa ez bada ere. Ingurumen Organoak urteko txostenak zein bost urtean behin aurkeztutako ebaluazioak ebaluatzen ditu. Ebaluazio horren ondorioz estimatu daiteke ez dela beharrezkoa inolako ekintzarik gauzatzea. Kasu horretan, ingurumen-organoak ebaluazioa onartzen du, eta erakunde ustiatzaileak zabortege-gasen kontrol-neurriak aplikatzen jarraitzen du. Nolanahi ere, ingurumen-organoak gauzatutako ebaluazioak ere estimatu dezake aplikatutako kontrol-neurriak eragiketa-hein normaletik kanpo daudela (ikus 3.10.6 atala). Kasu horretan, beharrezkoa (edo komenigarria) izango da aplikatutako gasen kontrol-neurriak aldatzea. Jarraian, ingurumen-organoak erabaki dezake erakunde ustiatzaileak zabortege-gasen kontrol-plan eguneratua aurkeztea, baina erakunde ustiatzaileak berak bere ekimenez aurkeztu dezake plan hori. Sortutako gasen murrizketak edo 3.10.4 atalean deskribatutako beste kontsiderazio batzuk erakunde ustiatzaileak azken aukera hautatzea eragin dezakete.

Aurretik aipatutako esparru teorikoaren aplikazio praktiko bezala, erakunde ustiatzaileek Ingurumen Organoari zabortege bakoitzeko gas-intzidentzia ebaluatzea ahalbidetuko dioten gas-kontrolaren eta ustiapenaren parametroen berri eman beharko diete urtero eta euren ingurumeneko zaintza-planetan, ingurumen Baimen Integratuetan ezarritako daten eta baldintzen arabera bidalita.

Funtzionamendu anomaloa, gasen maila anomaloen edo handien detekzioa, usain biziak eta errepikakorrek eta bestelako gertaerak Ingurumen Organoari jakinarazi beharko litzaizkioke berehala, erakunde ustiatzailearen eskakizunik gabe.

Itxitakoa edo Europako Zuzentaraua indarrean sartu aurreko erregimen administratiboak dituzten zabortegietarako, Ingurumen Organoak emaitzen kontrolerako eta komunikaziorako berezko esparrua ezarri beharko luke administrazioarekin.

### 3.10.6 Ebaluazioa, onarpena eta erabakiak hartzea

Kasu guztietan, erakunde ustiatzailearen erantzukizuna da zabortegi-gasen kontrol-neurrien diseinu, mantentze-lan eta eragiketa zuzenak bermatzea. Kontrol-neurrien diseinu, mantentze-lan eta eragiketa egokiak kontrolatutako parametroetan eta jakinarazitako informazioan islatuko dira. Txostenak ebaluatzerakoan, ingurumen-organoak neurri horien diseinua, mantentze-lanak eta eragiketa egokiak direla egiaztatuko du.

Berreskurapenaren errendimenduaren, oxidazioaren eta isurpenen zaintzari dagokionez, 3.8 taulan adierazitako aspektuak 3.9 taularen arabera ebaluatu daitezke. 3.9 taulan, ebaluazio-aspektu kualitatiboak zein kuantitatiboak sartzen dira.

3.9. TAULA: ZABORTEGI-GASEN ZAINZA-DATUEN EBALUAZIOA

	Unitatea	Ebaluazio-aspektuak
<b>H: Metanoaren sorkuntza</b>		
Aurreko urtean isuritako hondakinetan oinarritutako estimazioaren eguneraketa	kg CH <sub>4</sub> .urtea <sup>-1</sup>	Garapen koherentea aurreko urteetako datuekin konparatuta
<b>B: Metanoaren berreskurapena</b>		
Konpresorearen funtzionamendu-orduak	ordua	% 95 baino gehiago edo 8300 ordu/urteko
Gasaren emaria (soplanteen estazioa pilatua)	m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>	Gas-emari iraunkorra, etenaldi minimoekin
Gasaren presioa (emariaren neurketaren ordez)	mbar	Gas-presio iraunkorra
Gasaren temperatura (emariaren neurketaren ordez)	°C	Temperaturaren (urtaro-) gorabehera koherenteak
CH <sub>4</sub> kontzentrazioa	CH <sub>4</sub> metanoaren % bolumenean	Metanoaren kontzentrazio iraunkorrak
Asteko metanoaren berreskurapen-tasaren zehaztapena	kg CH <sub>4</sub> .astea <sup>-1</sup>	Berreskurapen-tasa iraunkorra
Urteko metanoaren berreskurapen-tasaren zehaztapena	kg CH <sub>4</sub> .urtea <sup>-1</sup>	Urteko sorkuntza-tasaren % 40 eta % 70 arteko berreskurapen-tasa iraunkorra (azalerako zigilatzerik gabeko zabortegiak)
<b>C. Metanoaren oxidazioa</b>		

	Unitatea	Ebaluazio-aspektuak
IPCCren berezko balorea aplikatzea	kg CH <sub>4</sub> .urtea <sup>-1</sup>	Garapen koherentea aurreko urteetako datuekin konparatuta
Aldizka: oxidazioaren modelizazioa ( 2.3, 2.4, 3.8 atalak)	kg CH <sub>4</sub> .urtea <sup>-1</sup>	Garapen koherentea aurreko urteetako datuekin konparatuta, ereduaren aplikazio egokia
Aldizka: oxidazioaren modelizazioa ( 3.11, 3, 4 atalak)	kg CH <sub>4</sub> .urtea <sup>-1</sup>	Garapen koherentea aurreko urteetako datuekin konparatuta, ereduaren aplikazio egokia
<b>D: Metano-isurpenak</b>		
Kalkulua: A-B-C=D	kg CH <sub>4</sub> .urtea <sup>-1</sup>	Garapen koherentea aurreko urteetako datuekin konparatuta
Aldizka: isurpenen kontrola ( 3.11.3 atala)	kg CH <sub>4</sub> .urtea <sup>-1</sup>	Garapen koherentea aurreko urteetako datuekin konparatuta
<b>E: Beste gas batzuk (beharrezkoa izanez gero)</b>		
CO, H <sub>2</sub> S, merkaptanoak, CS <sub>2</sub> , COS, (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S, CFC, HCFC, binilo-kloruroa, klorometanoak	mg.m <sup>-3</sup>	Zabortege-gasen konposizio tipikoarekin konparagarriak diren kontzentrazioak (1. Eranskina). Konposizio-hein tipikoa gainditzen badu, komenigarria da gasen murrizketa-neurriak aplikatzearen beharra eta errentagarria aztertzea.
<b>F: Lurpeko migrazioa (beharrezkoa izanez gero)</b>		
Metanoaren kontzentrazioa gas-zundetan	CH <sub>4</sub> metanoaren % bolumenean	% 1etik beherako metano-kontzentrazioak (Oharra: hezetasun-maila altua eta materia organikoaren eduki handia duten zoruetan, metanoaren sorkuntza eragingo duten baldintza anaerobikoak sor daitezke)

Zaintzak frogatzen badu gasen kontrol-neurriak eragiketa-muga normaletik kanpo daudela (3.9 taulan adierazi bezala), eta horren inguruko azalpen egokirik sartzen ez bada txostenean, ingurumen-organoak jakinarazitako datuei buruzko azalpena eskatu diezaioke erakunde ustiatzaileari. Azalpena egokia bada, txostena eta 5 urtean behin aurkeztutako ebaluazioa onartu egin daitezke. Erakunde ustiatzaileak zabortege-gasen kontrol-neurriak ezartzen ditu. Nolanahi ere, aldaketak edo aurreikusitako gabeko bilakaera izan daitezke gasen sorkuntza, berreskurapenean edo oxidazioan, eta baliteke horien ondorioz, erakunde ustiatzaileak ekintza jakin batzuk gauzatu behar izatea. Kasu horretan, ingurumen-organoak erabakiko du erakunde ustiatzaileak zabortege-gasen kontrol-neurrien plan eguneratua aurkeztu behar duela, eta bertan egoera hori aztertuko dela.

## 4 ITXIERAREN ONDOKO MANTENTZE FASEA

### 4.1 Ekintzak

- Erakunde ustiatzailea itxieraren ondoko mantentze-fasea hastea eskatzen du. Eskuera horrek zabortege-gasen kontrol-plan eguneratua hartzen du barne.
- Zabortege-gasen kontrol-neurrien praktikan jartzea, mantentzea eta zaintza (iraunkorra).
- Erakunde ustiatzaileak sortutako zabortege-gasei (eredua), horien berreskurapenari (neurketa) eta isurpenen estimazioari buruzko txostenen ebaluazioa eta aurkezpena egiten ditu urtero.
- Bost urtean behin, zabortege-gasen kontrol-plana ebaluatu/birpentsatu behar da. Zabortegeiaren ustiapen-fasean, hartutako kontrol-neurriak aldatzea egokitzat jo daiteke, hondakinen kopuruan eta konposizioan izandako ezusteko aldaketen, zabortege-gasen sorkuntza-tasen eta gasaren kalitatearen ondorioz. Hondakin biodegradagarrien kopuru esanguratsuak dituzten zabortegeietan, probableena da gauzatutako ebaluazioak itxiera ondoko mantentze-fasean sortutako zabortege-gasen kontrola amaitzea bideragarritzat ematea, ustiapen-fasean egin ordez.
- Zabortege-gasen kontrol-planaren ebaluazioaren/birpentsatzearen onarpena ingurumen-organoaren aldetik, zabortege-gasen kontrol-neurriak murrizteko edo amaitutzat jotzeko erabakia barne hartuta.
- Zabortege-gasen kontrol-neurrien berrezarpena (beharrezkoa denean) edo desegitea.
- Zabortege-gasen kontrol aktiboaren amaiera.

4.1. grafikoak fluxu-diagrama adierazten du; bertan, itxieraren ondoko mantentze-faseko zabortege-gasen kontrolari buruzko ekintzak eta ardurak deskribatzen dira.

## 4.2 Itxieraren ondoko mantentze-fasea hasteko eskaera

Itxieraren ondoko mantentze-fasearen hasierak prozedura formala gauzatzea inplikatzeko du eta, horren bidez, erakunde ustiatzaileak ingurumen-organoari jakinarazten dio hondakinen onarpena amaitu duela, eta hondakinen onarpenari, laginketari, analisiari eta deuseztapenari buruzko betebeharrak baimenetik kentzeko eskatzen du. Eusko Jaurlaritzak ustiapen-fasea amaitzen denean eta itxieraren ondoko mantentze-fasea hasten denean aplikatu eta eraiki behar diren neurrien eta instalazioen zerrenda sartzen du ingurumen-baimen guztietan. Neurri horiek aplikatu eta Eusko Jaurlaritzari txostena aurkeztu ondoren, zabortegea ikuskatzen da, araudi egoki guztiak betetzen direla bermatzeko. Aplikatutako neurri guztiak eta araudiaren betearazpena egiaztatu ondoren, Eusko Jaurlaritzak itxieraren ondoko mantentze-fasearen hasieraren berri ematen duen ebazpena sinatzen du.

Erakundea ustiatzailea da zabortegearen ezaugarriak hoberen ezagutzen dituena. Erakunde ustiatzaileak ustiapen-fasean hartzen dituen erabakiek itxieraren ondoko mantentze-fasean jarraitu beharreko urratsetan eragiten dute edo eragin dezakete. Horregatik, jardunbide egokitzat jotzen da erakunde ustiatzaileak itxieraren ondoko mantentze-fasean ustiapen-fasean hartutako erabakiek izango dituzten ondorioen kontzientzia izatea. Ondorioz, jardunbide egokitzat jotzen da erakunde ustiatzaileak ingurumen-organoari itxieraren ondoko mantentze-lanei buruzko plana aurkeztea, gehienez, hondakinak deuseztatze eragiketarako hasi eta bost urte beranduago. Itxieraren ondoko mantentze-plana bost urtean behin eguneratzen da, horrela, planetik eta jatorrizko diseinutik desbideratzen diren eta hasieran onartutako ingurumen-prozeduretan edo neurrietan aldaketak sartzea ahalbidetzeko. Itxieraren ondoko mantentze-planean, itxieraren ondoko mantentze-fasean gauzatzen diren jarduerak deskribatzen dira, aurreikusitako diseinuan eta eraikuntzan oinarrituta, bai eta aurreko urteetan hartutako esperientzian ere. Itxieraren ondoko mantentze-fasea hasi aurretik, erakunde ustiatzaileak plan eguneratua prestatzen du, eta ingurumen-organoari aurkezten dio. Ingurumen-organoak plana onartu ondoren, horrek baimena aldatzen du, lixibiatuen mantentze-lanei, bilketari eta tratamenduari, gasaren kontrolari, zaintzari eta txostenak aurkezteko betebeharrari buruzko baldintza esanguratsuak soilik sar ditzan.

Era berean, itxieraren ondoko mantentze-planak gasen kontrol-plana sartzen du. Ondoko tratamendu-fasea hasterakoan, gasen kontrol-neurriak aldatzea beharrezkoa ez den kasuetan, ustiapen-fasean aplikatutako gasen azken kontrol-plan eraginkorraren kopia erabili daiteke.

Gasen kontrol-neurriak egoera berri batera egokitzea beharrezkoa izanez gero, jadanik existitzen den kontrol-plana eguneratu beharko litzateke. Gasen kontrolari buruzko plan eguneratuaren baimena lortzeko, zabortegearen erakunde ustiatzaileak 3. kapituluan deskribatutako urratsak jarraitu behar ditu,

3.2 atala, zabortege-gasen kontrolerako azken aurrerapenei eta eskuragarri dagoen teknologia onenari buruzkoa;

3.3 atala, zabortege-gasen kontrola gauzatzeko aukera onenaren hautaketari buruzkoa;

3.4 atala, gasaren bilketa-hobien (bir)diseinuari buruzkoa, beharrezkoa izanez gero;

3.5 atala, hobien sistemaren (bir)diseinuari buruzkoa, beharrezkoa izanez gero;

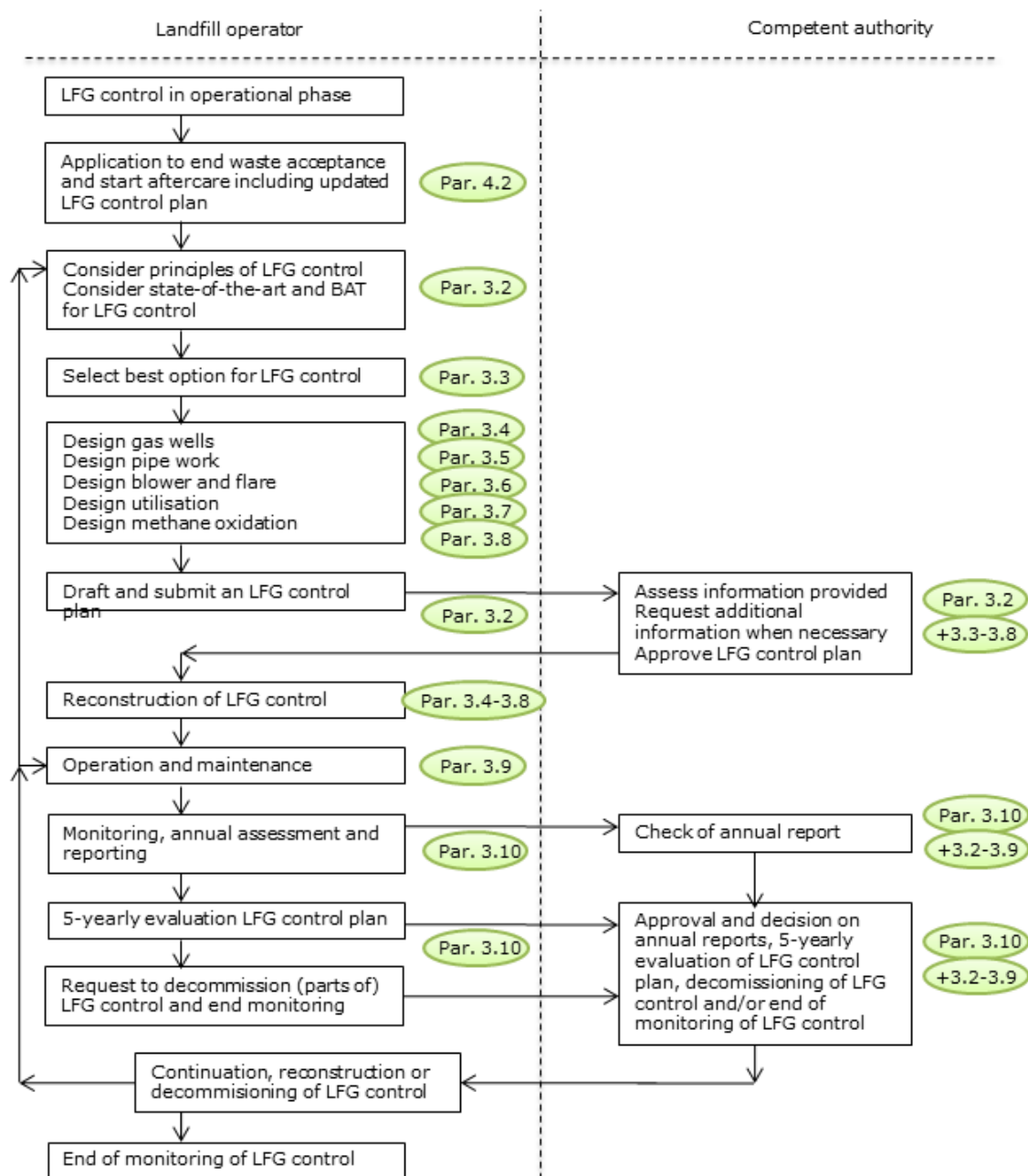
3.6 atala, soplanteen eta zuzien (bir)diseinuari buruzkoa, beharrezkoa izanez gero;

3.7 atala, gasen aprobetxamendu-sistemaren (bir)diseinuari buruzkoa, beharrezkoa izanez gero;

3.8 atala, metanoaren oxidazio-sistemaren (bir)diseinuari buruzkoa, beharrezkoa izanez gero;

Ikerketaren emaitzak zabortege-gasen kontrol-plan eguneratuan sartuko dira. Erakunde ustiatzaileak zabortege-gasen kontrol-plana aurkezten dio ingurumen-organoari. Ingurumen-organoak ebaluatu eta onartu ondoren, erakunde ustiatzaileak dagozkion zabortege-gasen kontrol-neurrien ezarpena eta aplikazioa hasten ditu.

4.1. Grafikoa: Ondoko tratamendu-faseko zabortege-gasen kontrolerako ekintzei eta ardurei buruzko fluxu-diagrama



### 4.3 Eragiketa eta zainketa

Eragiketa eta mantentze-lanak aldaketarik gabe mantentzen dira, ustiapen-faseari dagokionez, edo aldatu egiten dira, gasen kontrol-plan eguneratuaren arabera, neurriak beste batzuegatik ordezkatu direnean. Nolanahi ere, bi kasuetan, eragiketa eta mantentze-lanak 3.9 atalean deskribatutako printzipioen arabera gauzatuko dira.

### 4.4 Zaintza eta jakinarazteko betebeharra

Kontrollean, ustiapeneko zein mantentze-lanetako printzipio berak aplikatzen dira. Kontrol-jarduerak aldaketarik gabe mantentzen dira, ustiapen-faseari dagokionez, edo aldatu egiten dira, gasen kontrol-plan eguneratuaren arabera, neurriak beste batzuegatik ordezkatu direnean eta kontrol ezberdina behar dutenean. Nolanahi ere, bi kasuetan, kontrola 3.10.1 eta 3.10.3 atalen artean deskribatutako printzipioen arabera gauzatu behar da. Hondakinen isurpenari buruzko Europako Zuzentarauaren III. Eranskinak kontrol-tarte handiagoak ezartzen ditu itxieraren ondoko mantentze-fasean, ustiapen-fasean baino. 3.8 taulan jasotako kontrol-maiztasunak errendimenduaren ebaluazio egokirako gomendatutako gutxieneko tarteak dira. Soilik erakunde ustiatzaileak ingurumen-organoari frogatzen badio kontrol-parametro espezifikoak egonkor mantendu direla eta ez dela beharrezkoa izan kontrol-neurriak doitzea, ingurumen-organoak kontrol-maiztasun luzeagoak baloratu eta onartu ahal izango ditu. Gainera, itxieraren ondoko mantentze-fasean, gasen sorkuntza txikiagoak aldaketak behar izan ditzake gasen kontrol-neurrietan. Erakunde ustiatzaileak gasen beste kontrol-neurri baten hautaketa laburtu beharko du, metano-isurpenen murrizketaren errentagarritasunaren ebaluazioan oinarrituta. Ebaluazioa eta txostenen aurkezpena 3.10.4 eta 3.10.6 arteko ataletan deskribatutako printzipioen arabera gauzatuko dira.

### 4.5 Zabortegei-gasen kontrolaren zaintzaren amaiera

Kontuan izan behar da materia organikoaren kopuru esanguratsua erabiltzen duten metanoaren oxidazio-sistema biologikoak kontuz aztertu behar direla, zabortegei-gasen kontrolaren zaintzaren amaierara begira. 3.9.6 atalean aipatu bezala, konpost bezalako materia organikoan oinarritutako metanoaren oxidazio-sistemek buxadurak eta finkapenak izateko joera dute. Beraz, aldizkako mantentze-lanak gauzatu behar dira. Zaintzaren amaiera epe luzera egonkorrak izango diren kontrol pasiboko sistemetan bakarrik eman daiteke.



Erakunde ustiatzaileak zabortegi-gasen kontrolaren zaintzaren amaiera eskatu ahal izango du soilik, gasen kontrol aktiboa pasiboarengatik ordezkatu denean, eta gasen kontrol pasiboaren zaintza-datuek espezifikatutako irizpideen betearazpena jakinarazten duten heinean, ondoz ondoko hainbat urtez. Erakunde ustiatzaileak zaintza-datuen txostena eta ebaluazioa sartu behar ditu bere eskaeran. Ingurumen-organoak eskaera ebaluatzen du, eta baimena ematen du, horrek espezifikatutako irizpideak betetzen dituenean. EBko hiru estatu kidek soilik proposatu dituzte irizpideak gasen kontrol pasiboaren zaintzaren amaierarako. Irizpide horiek 4.1. taulan jasotzen dira.

Adibidez, Austriako irizpideak isurpen-neurketak (garestiak) eskatzen ditu egiaztapenerako, baina erakunde ustiatzaileei ez zaiela hain garestia den zaintza-prozedura ezarri behar pentsatzen da. Hobietako gas-kontzentrazioetarako Britainia Handiaren irizpideari dagokionez, horrek hondakinen masaren aireztapen iraunkorra eta osoa behar du, eta horrek ezinezkoa dirudi. «Landaretzan kalterik izan denaren froga bisualik gabe» irizpidea irizpide sinplea eta egokia da isurpen-fokuak identifikatzeko eta, ondorioz, sartu egin beharko litzateke.

Alemaniko proposamenak gasen kontrol pasiboaren irizpideak hamar urtez betetzea eskatzen du. Aipatutako epea ez da gehiegizkoa, kontuan izanda irizpideak gasen kontrol pasiboa hasi aurretik ere bete behar direla. Normalean esan nahi du (gertaerak gertatu ezean) zaintza gasen kontrol pasiboa hasi eta hamar urte ondoren amaitu daitekeela. Hamar urte hauetan mantentze-lanik behar izan ez dela gehitzea proposatzen da.

2.5 atalean azaldu bezala, gainezarpen nabarmena dago zuzien eta metanoaren oxidazio-sistemen aukera teknikoetan. Ondorioz, desegokia dirudi muga-balore zorrotzak aplikatzea gasen kontrol aktiboko sistematik pasiborako trantsiziorako. Kostu/etekin analisisian oinarritutako erabakia hartzea komeni da. Kasu horretan, sorkuntza- eta karga-irizpideak ez dira aplikagarriak, zaintzaren amaiera erabakitzerakoan. Beraz, azalerako kontzentrazioa soilik mantentzen da zaintza-irizpide gisa. Nolanahi ere, 25 ppm-ko azalerako kontzentrazioa baxuegia da, eta zabortegitik kanpo kokatutako iturrien eragina izan dezake. Gehienetan, zabortegi-gasen konposizioa dela eta, 1000ko diluzio-tasarekin, gasaren konposatu guztiak toxikotasun-mailen azpitik daude. Kontuan izan behar da komeni dela ebaluazioa egitea, zabortegi-gasek «ohiko heinaren» barneko konposizioa dutela egiaztatzeko. 1. eranskinak

zaborte-gasetan dauden konposatu-kontzentrazio tipikoak jasotzen ditu. Metanoa berez ez da toxikoa. 500 ppm-tik beherako baloreekin, metanoa kontzentrazio leherkorrek izatetik urrun dago. Segurtasun handiagoa izateko, eta noizbehinkako anomaliak islatzeko, nahikoa da 500 ppm-ko muga-balorea erabiltzea, 90 pertzentil gisa.

**4.1. TAULA: EBKO HIRU ESTATU KIDETAN GASEN KONTROLAREN ZAINZA AMAITZEKO IRIZPIDEAK**

Herraldea	Austria	Alemania	Erresuma Batua
Gasen kontrolaren zaintzaren amaiera, honako kasu hauetan:	< 0,5 m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> (< 0,86 g.m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup> ) azalerako isurpenen betearazpena 10 urtez.	Berreskurapeneko tratamenduko irizpide pasiboan betearazpena 10 urtez: <25 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> metano-sorkuntza <5 m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> (<8,6 g.m <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup> ) estaldurako metano-karga < 25 ppm-ko hidrokarburoen azalerako kontzentrazioa Metodoa: Azaleraren ebaluazioa garraren ionizazio-detektorearekin bi urtean behin, adostutako 5 detekzioen ondoren: urtean behin, 25 m-ro banandutako sarea, 80 pertzentila.	eta pasiboan onartezinetan sortu. < % 1,5 CH <sub>4</sub> eta < % 5 CO <sub>2</sub> hondakin-masa soan, 2 urtez, gutxienez. < 0,015 m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> .h <sup>-1</sup> eta < 0,022 m <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> .h <sup>-1</sup> gas-emariak zulaketetan, 2 urtez, gutxienez. Kalteen froga bisualik gabe landaretzan, eta gasen kontzentrazio-daturik gabe zoruan.
Iturria	Fellner, J. & Prantl, R. (eds) (2008) ÖWAV-Positionspapier Konzeptionelle Überlegungen zur Entlassung aus der Deponienachsorge	Stegmann, R., Heyer, K-U., Hupe, K., Willand, A. (2006) Deponienachsorge – Handlungsoptionen, Dauer, Kosten und quantitative Kriterien für die Entlassung aus der Nachsorge	Erresuma Batuko eta Ingurumen Agentzia (2010) The surrender of permits for the permanent deposit of waste
Egoera legala	Adituen proposamena	Aipamena indarrean dagoen araudian	Indarreko araudia

Zabortege-gasen kontrolaren amaiera erabakitzeke Eusko Jaurlaritzaren irizpideak honako hauek dira:

- Zabortege-gasen kontrola mantentze-lanik behar ez duten neurri pasiboen bidez gauzatu behar da.
- Gasen kontrol pasiboaren zaintzaren amaierarako eskaera mantentze-lanik gabeko hamar urte igaro ondoren aurkeztu daiteke.
- Mantentze-lanik gabeko aldi horretan, zabortege-gasen kontrol pasiboak honako irizpide hauek bete behar ditu:
  - Ez da kalte bisualik ikusten landaretzan.
  - Hidrokarburoen kontzentrazioaren 90 pertzentila 500 ppm  $C_xH_{urte}$  baino txikiagoa da.
  - Azalerako kontzentrazioen zehaztapenean erabilitako metodoa analizatzaile egokia erabiliz gauzaten da, 25 metrora (metanoaren oxidazio-estalduretarako) edo 5 metrora (metanoaren oxidazio-iragazkietarako eta leihoetarako= bereizitako sarearen bidez zatikatutako ikerketa-eremuarekin, hasieran urtean bi aldiz eginda eta, ondoren, adostutako bost ebaluazioen ondoren, urtean behin eginda.
  - Oxidazioaren emaitzei buruzko informazio adierazlea izan nahi bada, karbono-dioxidoaren ebaluazio gehigarria egin daiteke).

## 5 METANO ISURPENAK MURRIZTEKO BESTE AUKERA BATZUK

Zabortege-gasen berreskurapenaz, gain, metano-isurpenak murrizteko potentziala duten hainbat aukera daude. Neurri horiek jarraian deskribatzen dira. Nolanahi ere, dokumentatutako informazio gutxi dago eta, hori dela eta, kapitulu hau ez da metano-isurpenen murrizketa-aukera horien jarraibidetzat jotzen.

### 5.1 Lixibiatuen birzirkulazioa

Jarraian deskribatu bezala, hezetasuna da biodegradazio-prozesuaren faktore garrantzitsuenetako bat. Zabortege-gasen sorkuntza eragiten duten prozesu biologiko guztiak fase akuosoan gertatzen dira. Era berean, hezetasunaren mugimenduak biodegradaziorako baldintza onuragarrien sorkuntza zehatza eragiten du. Biodegradazioaren azpiproduktu azidoak bezalako osagai inhibitzaileak deuseztatu egiten dira, eta elikagaiak ekartzen dira. Beraz, hezetasunaren kopuruaren zein mugikortasunaren gorakadak biodegradazioaren prozesua areagotzen du. Uraren infiltrazioa edo lixibiatuen birzirkulazioa biodegradazioa nabarmentzeko oso teknika ezagunak dira.

#### Abantailak

Lixibiatuen birzirkulazioaren abantaila potentzialak honako hauek dira:

- *Kalitatearen hobekuntza eta lixibiatuen kopuruaren murrizketa.* Egonkortasunaren hobekuntzari esker, DBOren, DQOren eta Nkj-ren kontzentrazioak murrizten dira. Metal astunak hondakinetan immobilizatzen dira eta, ondorioz, metal horien kontzentrazioak ere murriztu egiten dira lixibiatuetan.
- Ingurumen-arriskuen murrizketa epe luzera: etorkizunean, zorutik eta lurpeko uretatik datozen gasen isurpenak berriz handitzeko arriskua murrizten da (adibidez, prezipitazioen patroian izandako aldakuntzen ondorioz). Horrek zabortegearen ondoko tratamendua sinplifikatzea ahalbidetzen du (arriskuen ebaluazio zorrotza gauzatu eta ingurumen-organoak baimena lortu ondoren).

- *Gas-sorkuntzaren handiagotzea.* Gas-sorkuntzaren handiagotzeak horren berreskurapena eta aprobetxamendua hobetzen ditu.
- *Hondakinen egonkortze azkarra eta osoa;* horri esker, hondakinak isurtzeko espazio handiagoa lortzen da, baimenak ezarritako mugen barnean.
- *Zabortegearen kostuen murrizketa orokorra,* lixibiatuen tratamenduaren kostuen murrizketari, gasen ekoizpenaren gorakadari, hondakinetarako espazio handiagoari eta hain konplexua ez den zabortegearen itxieraren ondoko mantentze-lanari esker.

### Arriskuak

Nolanahi ere, uraren infiltrazioak edo lixibiatuen birzirkulazioak ere zenbait arrisku ekartzen dituzte:

- Metano-isurpenak handitu egin daitezke zabortege-gasen sorkuntza estimulatzerakoan, beharrezko gas-isurpenen kontrol-neurrien aplikazioa bermatzen ez bada (zabortege-gasen berreskurapena hobetzea, edo geruza iragazgaitza edo metanoaren oxidazio-geruza instalatzea).
- Metano-isurpenen gorakadak ere usain txarren handiagotzea ekarri dezake.
- Uraren infiltrazio desberdinak beste arazo batzuk eragin ditzaketen finkapen irregularrak eragin ditzake, hala nola estalduren hausturak edo kalteak zabortege-gasen berreskurapen-ekipamenduaren bilketa-sisteman.
- Birziklatutako lixibiatuetan izan daitekeen biodegradagarriak ez diren kutsatzaile jakin batzuen pilaketa, hala nola  $N_{kj}$  eta  $Cl^-$ . Kontzentrazio horiek altuegiak direnean, lixibiatuak tratatzeko eskuragarri dauden aukerak mugatuak izan daitezke.
- Behealdeko estaldura-sistema izan ezean (oinarriaren impermeabilizazioa), edo behealdeko estaldura-sistemako karga hidraulikoa modu esanguratsuan handitzen bada, zorura eta lurpeko uretara isurpenak gertatzeko arriskua ere handitzen da.
- Zabortegea urez gainasetuta badago eta etengabe ura gehitzen jarraitzen bada, uraren kontrolik gabeko askapena gertatu daiteke (zabortegearen alboetan edo azaleran); horrek jariatze-uren kutsadura eragiten du.
- Hondakinak lixibiatuekin gainasetzeak poroen gasa garraiatzeko gaitasuna murrizten du ere bai. Horrek gasen berreskurapen-eraginkortasunaren murrizketa ekarri dezake berekin.

- Era berean, hondakinak gainasetasunak ere egonkortasun mekanikoko arazoak eragin ditzake.
- Kostuen gorakada, zabortege-gas gehigarriak berreskuratzeko eta etekin ekonomikoen sorkuntza ekartzen duten deskribatutako beste abantaila batzuen onura izateko ezintasunaren ondorioz.

Kalkulatu da, mundu osoan, 100 proiektu baino gehiago garatu direla, lixibiatuen infiltrazioaren inguruan. Nolanahi ere, proiektu horien helburuak desberdinak dira euren artean eta, askotan, aurretik deskribatutako abantaila batean oinarritzen dira; ondorioz, horrek lixibiatuen infiltrazio-prozesuaren diseinuari eta eragiketari eragiten die. 70eko eta 80ko hamarkadetan gauzatutako lehen infiltrazio-prozesuak lixibiatuen tratamendura zeuden zuzenduta, nagusiki. Ondorioz, biodegradazioa erratzeko beharreko ur-kopuruaren frakzio bat soilik iragazten zen. Aurretik deskribatutako abantaila batean edo bitan soilik oinarritutako ikuspegiak inplikatzeko ere lixibiatuen infiltrazioak proiektu gehienetan duen eraginaren kontrola mugatua dela askotan eta, ondorioz, eraginei buruzko informazio gutxi dagoela.

### **Infiltrazio-sistemak**

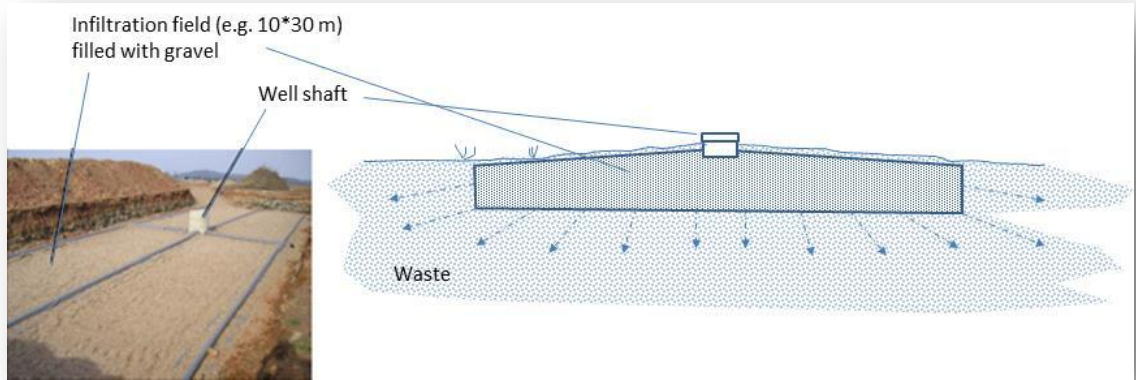
Metodo ezberdinak deskribatu dira uraren infiltrazioaren edo lixibiatuen birzirkulazioaren inguruan. Metodo interesgarrienak hauek dira:

Askotan, hondakinen goi-geruzan hondeatzen diren *sistema horizontalak*. Zulatutako drainatze horizontalek infiltrazio-sistemaren nukleoa eratzen dute eta, adibidez, zuraren txiribilez, legarrez edo beste material lodi batez inguratuta egon daitezke, infiltrazioa hobetzeko. Sistema horizontala instalatu ondoren, hondakin berriak utzi daitezke sistemaren goialdean, horrela, infiltrazio-sistemak sortuta sakonera ezberdinetan. Sistema horizontalak lixibiatuak infiltratzeko modu nahiko errentagarria dira, eta horien banaketa nahiko uniformea lortzea ahalbidetzen dute. Sistema horizontalak hondakinen finkapen irregularrekiko sentikorrak dira. Ezaugarri horietako sistemak zati malguak edo hedapen teleskopikoko elementuak izan behar ditu, adibidez, irriगतutako eta irriगतu gabeko hondakinen artean espero daitezkeen finkapen diferentzialei edo, adibidez, hondarren egindako zabortege-alboei aurre egiteko.

5.1. irudia: Zanga horizontalak



Hondakinetako infiltrazio-eremuak zabalak eta sakonera txikikoak dira (normalean, m 1eko sakonera eta 20 m x 20 m-ko azalera dituzte), eta legarrez eta lixibiatuez betetzen dira, goialdean kokatutako hobiaren bidez. Ezaugarri horietako infiltrazio-eremuak modu etenean jardun dezake. Infiltrazio-eremuak aldi labur samarrean betetzen dira; ondoren, lixibiatuak hondakinetarantz iragazten dira. Infiltrazio-eremuak zaborteziaren goi-geruzaren azpian hondeatu ohi dira; hala ere, hondakinen goialdean ere kokatu daitezke, partzialki. Orokorrean, infiltrazio-eremuak oraindik inpermeabilizatu ez diren zaborteziaren bakarrak erabiltzen dira. Sistematik ondorioztatutako kontrolatu gabeko gas-isurpenak saihesteko, infiltrazio-eremuaren esparrua gasekiko estankokoak diren estaldurarekin/zigilatzearekin ekipatuta egon daiteke.

**5.2. irudia: Infiltrazio-eremuak (IFAS Hamburg-en irudia)**

Euren artean distantzia txikira kokatutako sakonera txikiko lantza bertikalak lehentasunezko aukera izan daitezke, azalerako zigilatzea jadanik aplikatu denean. Lantza horiek 2 eta 3 m arteko luzera duten altzairuzko hodiekin eginda egon daitezke, behealdeko sekzioan zulatuta, eta presioz edo isurpen-ontziko zulaketaren bidez sartuta. Euren artean nahiko gertu kokatuta egonez gero (5 eta 15 m artean), banaketa uniformeak lortzen da zaborteziaren azalera eta bolumen osoan. Halaber, hainbat lantza instalatu daitezke, banaketa-gailuak dituen hodiaren edo mahukaren bidez. Infiltrazio-prozesua amaitu ondoren, zaborteziatik kendu daitezke.

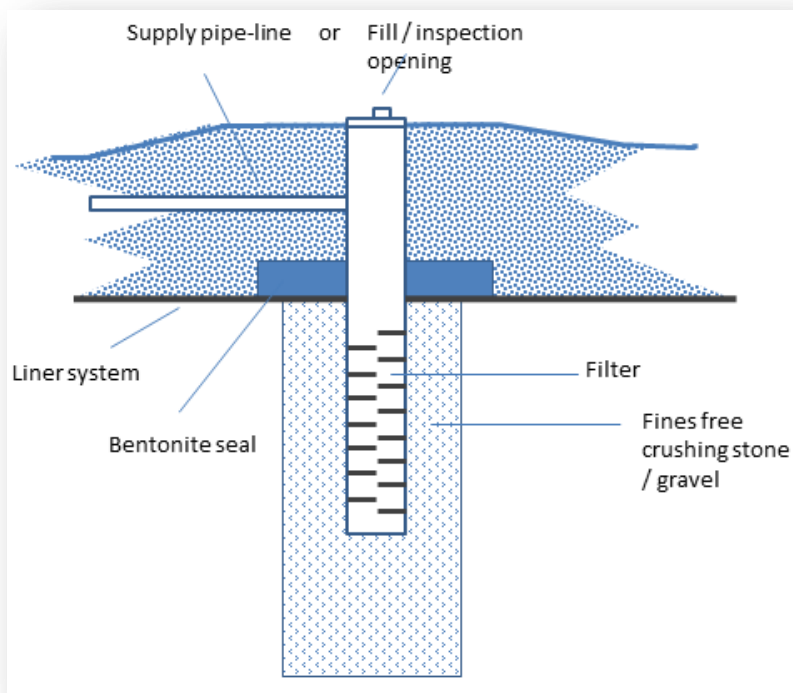


**5.3. irudia:** Oso sakonak ez diren lantza bertikalak («pika» moduko egiturak, hondakinetan sartuak)



*Hobi bertikalak* erabili daitezke, infiltrazioa gauzatzeko. Jadanik existitzen diren gasaren bilketa-hobiak izan daitezke, kasu honetan, infiltraziorako egokituak. Nolanahi ere, lixibiatuen infiltrazio homogeneoa lortzeko, gasaren erauzketaren kasuan baino hobien dentsitate handiagoa behar da. Lixibiatuen infiltrazioa gauzatzeko, hobiak 15 eta 35 metro arteko distantzia izan behar dute; aldiz, normalean, gasa biltzeko hobiak 50 eta 70 metro arteko distantzia dute. Horrela, infiltrazio-prozesurako ere espezifikoki diseinatutako hobi gehigarriak behar dira. Infiltrazio-hobiak 5 eta 15 m arteko altuera eta m 1 eta 2 arteko diametroa dute. Llegar lodiz edo eraikuntzako eta eraispenetako prozesatutako materialez beteta egon daitezke (5.4. grafikoa). Ura azalerako estalduran edo hondakinen goi-geruzan instalatutako hodian bidez hornitu daiteke hobietara. Lantza bertikalekin konparatuta, hobi horiek hobe elikatu daitezke infiltrazio-ziklo bakoitzeko bolumen handiagoeekin; izan ere, poro-bolumen handiagoa dute zutabean. Hobi bertikalen ahulgune bat horien pisua da, adibidez,

legarrarekin betetzen direnean. Lixibiatuak gehitzen direnean eta hobiaren azpiko biodegradazioa areagotzen denean, hobia hondakinetan hondoratu litzateke, horien pisuaren ondorioz.



5.4. grafikoa:  
Infiltrazio  
bertikaleko hobia

Ez dago jarraibide argirik, egoera bakoitzean hobia den sistemari dagokionez. Azalera jadanik inpermeabilizatuta dagoen kasuetan bakarrik, izan liteke hobia hobi bertikalak erabiltzea; izan ere, inpermeabilizazio-estaldurari gauzatzen zaizkio kalteak askoz txikiagoak dira infiltrazio-eremuen drainatze horizontalekin konparatuta.

#### Gomendio operatiboak

Infiltratu beharreko *lixibiatuen kopuruari* buruzko informazio kuantitatiboa eskasa edo garrantzi txikikoa da. Ogikoa dirudi pentsatzea infiltrazio gehigarria esanguratsua izan behar dela, zabortegia inpermeabilizatuta ez dagoen aldian gertatzen den infiltrazio naturalarekin konparatuta. Horrela, infiltratu beharreko lixibiatuen kopurua 300 mm eta 1500 mm artekoa izan behar da urteko ( $0,3 \text{ m-tik } 1,5 \text{ m}^3\text{-ra m}^{-2} \text{ urte}^{-1}$ ).

Infiltrazioa modu jarraituan edo etenean gauzatu daiteke (adibidez, ur-kopuru txikiak gehitu daitezke eguneko 24 orduetan zehar, edo kopuru handiagoak, adibidez, ordubete egunean). Infiltrazio-sistemak ura jasateko nolabaiteko gaitasuna duenean (adibidez, infiltrazio-eremuen kasuan), infiltrazio etena uraren iragazte erdi-jarraitua bihurtuko da hondakinetan. Ondorioz, modu operatibo etena aukera hobea izan daitekek infiltrazio homogeneoa lortzeko. Adibidez, sistema horizontala ur-kopuru txikiekin elikatzen bada, eguneko 24 orduetan, baliteke uraren zati handi bat sistemaren lehen metroetan infiltratzea. Aldiz, ura erritmo handiagoarekin gehituz gero, sistema osoa beteko da, eta ura infiltrazio-sistema osoan erion ahal izango da.

Infiltrazioan, *azalerako ur garbia (ur geza, ez gazikara edo gazia) zein lixibiatuak* erabili daitezke. Lixibiatuen infiltrazioak abantaila jakin batzuk aurkezten ditu, ur garbiaren infiltrazioari dagokionez:

- Kostu txikiak. Azalerako ura inolako kosturik gabe erabili badaiteke ere, lixibiatuen erabilerak tratamendu-kosteen murrizketa dakar berekin. Zabortegiari ur gehiago gehitzen bazaio, kasu gehienetan, lixibiatuen ekoizpena handituko da eta, ondorioz, tratamenduaren ondoriozko kostuak ere handituko dira. Salbuespen gisa, nabarmentzekoa da klima lehorretan ur-kopuru nabarmenak ekarri daitezkeela, lixibiatuen sorkuntza gehigarria lortu arte. Aldiz, uraren kostuak ere askoz handiagoak izan daitezke eskualde lehorretan. Arreta berezia jarri behar zaio amonioa edo gatzak bezalako sustantzia inhibitzaileen kontzentrazioari. Horiek pilatzeko joera izanez gero, lixibiatuak aurretik tratatu beharko dira, horiek birzirkulatu aurretik.
- Konposizioa. Biodegradazio kontsolidatua duten zabortegiaren zatietatik datozen lixibiatuek erregulazio-gaitasun handiagoa dute eta pHa hobetu dezakete, hondakinen azidotzea gertatu den eta, ondorioz, biodegradazioa izan den eremuetan. Lixibiatuek ere funtsezko elikagaiak dituzte, biodegradazio-prozesurako.
- 
- Beste aldetik, lixibiatuek pH azidoa (6tik beherakoa) badute edo kutsatuta badaude (adibidez,  $N_{kj} > 3000 \text{ mg.l-1}$ ;  $Ca$  eta  $Mg > 1000-2000 \text{ mg.l-1}$ ), infiltrazioa gelditu egiten da, izan litekeen biodegradazioaren inhibizioaren edo karbonatoen prezipitazioaren eta infiltrazio-sistemaren ondoko pilaketaren ondorioz.

*Infiltrazioak ingurumenean dituen efektuak zorrozki ikuskatu behar dira. Zabortegia maiz ikuskatu eta kontrolatu behar da, bereziki, honako hauei dagokienez:*

- Gehikuntza baten adierazleak gasen sorkuntza (arrailen eta pitzaduren presentzia zabortegiaren estalduran, usain txarrak, kalteak landaretzan).
- Karga hidraulikoa azpiko estalduran. Karga hidraulikoan gorakada ikusiz gero, ekintzak hasi behar dira, minimizatzeke (infiltrazioa murriztea, drainatzea handitzea).
- Infiltrazio-ura zabortegiaren azalerara edo alboetara drainatzeak zabortegiaren jariatze-uren kutsadura eragin dezake.

## 5.2 Zabortegi biorreaktoreak

Zabortegi biorreaktorea (gela hezea bezala ere ezagutzen da) prozesu fisikoak eta biologikoak hein handi batean kontrolatuta dituen zabortegia da. Hondakinak aldi mugatu batean irekita irauten duen gelan isurtzen dira (normalean, 6 eta 12 hilabete artean). Itxi ondoren, biodegradazio-prozesua areagotzen da lixibiatuen birzirkulazio intentsiboaren bidez. Prozesu horren bidez, material biogenikoa erabat biogas bihurtzea espero da, 3 eta 8 urte arteko aldian. Sortutako biogasa adibidez zabortegiaren azalerako inpermeabilizazio-geruzaren azpian kokatutako gasaren berreskurapen-sistema erabiliz berreskuratu daiteke. Hondakinen biodegradazio osoa gertatu ondoren, horiek ur garbiarekin garbitu daitezke, hondakin-kutsatzaileak deuseztatzeko.

Zabortegi tradizionalekin konparatuta, zabortegi biorreaktorearen abantailak honako hauek dira:

- Metano-isurpen baxuak edo kaskarrak.
- Zabortegi-gasen berreskurapen ezin hobea, hondakinen kopuru handi bat energia bihurtzen da.
- Lurpeko uren eta zoruaren kutsadura-potentzialaren murrizketa drastikoa. Zenbait kasutan hondakinak berreskuratzeko aukera ere planteatu daiteke (tratamendu mekanikoaren ondoren, beharrezkoa izanez gero, adibidez, zikinkeria bisualak deuseztatzeko, plastikoen kasuan bezala). Hori hobi irekien paisaia-berreraikuntzarako, adibidez, izan liteke kontuan.

- Hondakinen berreskurapena bideragarria izan ezean, horiek gordailatuta jarraitu dezakete. Euren potentzial kutsatzaile txikiari esker, estalduraren ezaugarriak eta horien ondorengo tratamendua nabarmen sinplifikatu daitezke.

Hondakinen tratamendua erreaktore biologikoetan euren isurpena baino garestiagoa da. Prozesu horretatik ondorioztatutako kostu gehigarriak ez dira justifikatuta gelditzen, lortutako metano-isurpenen murrizketaren arabera. Nolanahi ere, zoruaren eta lurpeko uren kutsadura-potentzial baxutik ondorioztatutako onurak, tratatutako materialen berrerabilpen-aukera ezberdinak eta itxieraren ondoko mantentze-lan konplexua faktore garrantzitsuagoak dira zabortege biorreaktoreen kasuan. Gomendio operatiboak «State-of-the-art practices and implementation recommendations for non-hazardous waste management in bioreactor landfills» (FNADE/ADEME, 2007) dokumentuan deskribatzen dira <http://www.sustainablelandfillfoundation.eu/documenten/Working%20group%20bioreactor/FNADE%20Bioreactor%20landfill%20guideline.pdf>.

### 5.3 Zabortege aerobikoak

Zabortege-gasak hondakinetan dagoen material biogenikoa baldintza anaerobikoetan (oxigenorik gabe) degradatzen denean sortzen da. Oxigenoa dagoenean (baldintza aerobikoak), hondakinak degradatu egiten dira, konpostaje-prozesuaren bidez, zabortege-gasik sortu gabe eta karbono-dioxidoa soilik isurita. Azken urteetan, arreta berezia jarri izan zaie aire-injekzioari eta ondoriozko egonkortze aerobikoari.

#### Abantailak

- Aire-injekzioaren zenbait abantaila honako hauek dira:
- Hondakinen *egonkortze azkarragoa eta osoa*. Zabortege aerobikoetako degradazio-prozesua lixibiatuen infiltrazioan ikusitakoa baino azkarragoa da; ondorioz, azkarrago lortzen da ere bai espazio handiagoan, eta hondakin berriak onartu daitezke, existitzen diren baimenen esparruan.
- *Metano-isurpenen leunketa*; izan ere, prozesu horretan, metanoa sortzeko aukera deuseztatzen da.
- Zabortege-gasen sorkuntzari lotutako *beste ingurumen-arazo batzuen murrizketa*. Usain txarrak ere murrizten dira, eta segurtasuna hobetzen da.

- *Lixibiatuen kalitatea hobetzea.* Egonkortasunaren hobekuntzari esker, DBOren, DQOren eta  $N_{kj}$ -ren kontzentrazioak murrizten dira, lixibiatuetan. Metal astunak hondakinetan immobilizatzen dira.
- *Ingurumen-arriskuen murrizketa epe luzera.* Etorkizunean, aireztapena amaitu ondoren, zorurako eta lurpeko uretarako isurpenak handitzeko arrisku txikiagoa dago. Horregatik, ondoko tratamendua sinplifikatu daiteke, arriskuen ebaluazio zorrotza egin ondoren eta, betiere, ingurumen-organoarekin adostuta).
- *Zaborteziaren kostuen murrizketa orokorra,* lixibiatuen tratamenduaren kostuen murrizketari, hondakinetarako espazio handiagoari eta hain konplexua ez den zaborteziaren itxieraren ondoko mantentze-lanari esker.

### **Desabantailak eta arriskuak**

Hondakinen isurpen aerobikoak ere zenbait desabantaila aurkezten ditu:

- *Energiaren kontsumo garbi handia.* Transformazio aerobikoak aire-kopuru handia behar du. Aire horren injekzioak energiaren kopuru handia kontsumitzen du. Gainera, bihurketa anaerobikoak berreskuratu eta aprobetxatu daitezkeen zabortezi-gasak ekoizten baditu ere, bihurketa aerobikoak hondakinen eduki energetikoa suntsitzen du. Bihurketa aerobikoak energia-kopuru oso handiak kontsumitzen ditu. Bereziki, zaborteziak baldintza aerobiko batzuk mantentzen dituzenean hasieratik (ikus jarraian). Eskaera energetikoa murriztu egin daiteke, presio txikiko aireztapenaren edo gehiegizko erauzketaren bidez.
- Bihurketa aerobikoaren prozesuan zehar, bero-kopuru esanguratsua ekoizten da; horrek larrtasun ezberdineko gertaerak eragin ditzake, hala nola erredurak ekipamenduen zati beroak ukitzerakoan, edo hondakinen errekuntza espontaneoak eragindako istripuak. Ondorioz, temperatura kontrolatzea komeni da, zaborteziaren suteak sortzea saihesteko.
- Zabortezi aerobikoek aire beroaren kopuru handia askatzen dute; horrek hondakinen hezetasun-kopuru handiak deuseztatzea eragiten du eta, ondorioz, biodegradazioa inhibitzeko arriskua existitzen da. Arazo hori saihesteko, zabortezi aerobiko gehienek hezedura-sistema dute ere bai.

- Aireztapen desberdinak estaldurako zigilatze-sistemen haustura edo zabortegiko beste instalazio batzuen kalteak (adibidez, lixibiatuen bilketa-sisteman) beste arazo batzuk eragin ditzaketen finkapen irregularrak edo diferentzialak sortzen ditu.
- *Kostu handiagoak*, abantailak nahikoak ez direnean, kostuen aurrean.

Egun, aireztapen-proiektu gehienak Estatu Batuetan eta Alemanian garatzen dira. Askotan, Estatu Batuetako proiektuak hondakinak isuri bezain laster biodegradatzera zuzenduta daude, horrela, hondakin berrien onarpenerako tokia utzita. Europan (nagusiki, Alemanian), aireztapen-proiektuen helburua zabortegi zaharrak guztiz egonkortzea da (nagusiki). Zabortegi bat guztiz egonkortzeko, oxigeno-kopuru handi bat behar da; ondorioz, aireztapen-prozesuak energia-eskaera handia behar du. Prozesu horretan ere, hondakinen potentzial energetikoa deuseztatzen da. Europan, aireztapena degradazio anaerobikoak hasierako metanoaren sorkuntza-potentzialaren % 75 eta % 90 artean jadanik deuseztatu duenean bakarrik erabiltzen da. Batzuetan, aireztapena

zabortegien egonkortzea hobetzea helburu duen 2 etapako ikuspegiaren zatitzat jotzen da. Lehen etapan, lixibiatuak txertatzen dira, zabortegi-gasen bihurketa anaerobikoa eta berreskurapena zein aprobetxamendua optimizatzeko. Bigarren etapan, biodegradazioa osatzen da, hondakinen aireztapenaren bidez.

Proiektu gehienetan, aireztapenaren efektuak ez dira zorrozki kontrolatzen, edo lortutako emaitzak ez dira argitaratzen. Informazio-falta horrek aurretik adierazitako abantailak eta desabantailak zein heinetan betetzen diren kuantifikatzea zailtzen du, bai eta emaitzak aireztapen-sistemen diseinuarekin eta funtzionamenduarekin erlazionatzea ere.

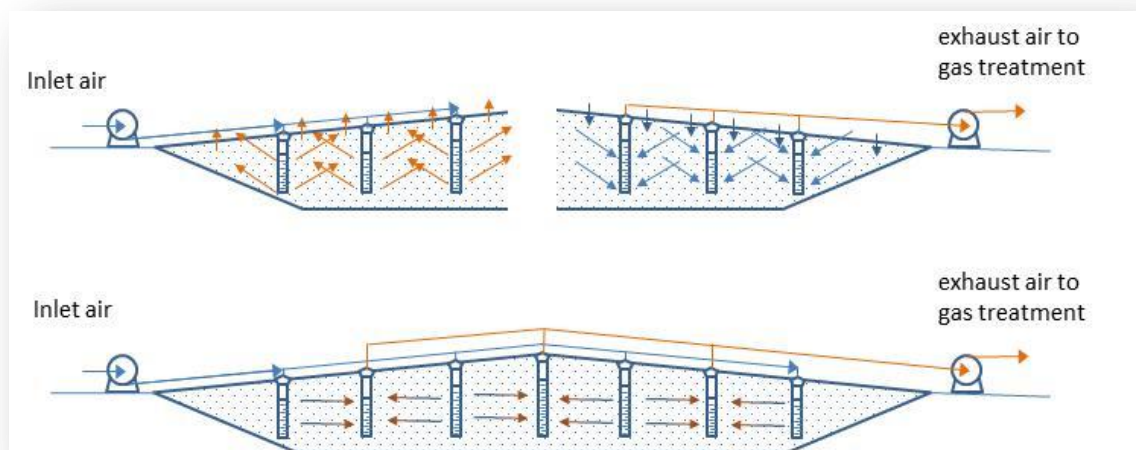
Teknologia horren orientazioa oso proiektu zehatzetarantz zuzenduta egon behar da; adibidez: Zabortegi zaharraren egonkortze azkarra, batetik, metanoaren kontrolik gabeko isurpen-arriskuak deuseztatzeko eta, bestetik, kokapenaren erabilera berriko proiektuen garapena errazteko, hala nola eremu industrialen edo dibertimenduzko eremuen urbanizazioa.

### **Aireztapen-sistemak**

Askotan, aireztapen-sistemak hobi bertikalak dira, eta airea txertatzen da horien bidez. Sistema ezberdinen arteko alde nagusiak dira airearen injekzioan bakarrik oinarritutako

sistemak, gehiegizko xurgapenean oinarritutakoak (atmosfera-ko airea isurpen-ontzira xurgatzea) edo airearen injekzioa eta erauzketa konbinatzen dituztenak daudela. Azken kasu horretan, infiltratutako airearen norabidea arte aldakorretan aldatzen da.

**5.5. Grafikoa:** Hiru aireztapen-sistema: eskuineko goialdeko irudia, gehiegizko xurgapena; ezkerreko goialdeko irudia, aire-injekzioa; behealdeko irudia, airearen injekzioaren eta erauzketa konbinazioa. Txertatutako airea kolore urdinean; ihes-aria, marroian.



Gehiegizko xurgapen-sistemetan, hondakin guztiak aireztatu egiten dira, gas-kopuru handiak ohiko gas-hobietatik depresioaren gehikuntzaren bidez erauzita. Teknika horretan, atmosfera-ko airea hondakinetarantz xurgatzen da, zabortegiko azaleraren bidez, edo hobietarako sarrera pasiboaren bidez. Nolanahi ere, metodo horren ezarpena 10 m-ko lodierako edo txikiagoak diren kokapenetara mugatuta egon daiteke; izan ere, sakonera txikiagoarekin, baliteke hondakinen aireztapen azkarra ezin bermatu izatea. Gehiegizko xurgapenak airearen injekzioaren gaineko abantaila aurkezten du. Abantaila nagusia da hondakinetatik datozen gasak tratatu daitezkeela, adibidez, metanoaren oxidazio-iragazkian, usaina eta metanoaren zati bat deuseztatzeko, erauzketa-sistemaren beharrik gabe.

Gehiegizko xurgapen-sistema jadanik existitzen den gasen berreskurapen-sisteman eta bilketa-hobien, bilketa-sistemaren eta jadanik eskuragarri dagoen soplantearen erabilera oinarritu daiteke. Nolanahi ere, hainbat kasutan, hondakinen aireztapenak zabortegi-gasen



berreskurapen-sistemaren kasuan baino hobien dentsitate handiagoa, xurgapen-presio handiagoa hobietan eta kalitate okerragoko xurgatutako gasaren kopuru askoz handiagoa behar izan ditzake. Beraz, baliteke beharrezkoa izatea aldaketa esanguratsuak sartzea, gehiegizko xurgapeneko aireztapen-sistema sartu ahal izateko.

Airearen injekzio aktiboa, erauzketa aktiborik gabe: Tokiko egonkortze aerobikorako metodo sinpleena aireztapen-hobien erabileran datza, ihes-gasen kontrolatutako biltarik gabe. Sistema horren aldaera BioPuster prozesua da; horrek oxigenoarekin aberastutako airea eta 6 baretara arteko presio-bultzadak konbinatzen ditu, poroetan dagoen hondar-material biogenikora iristeko. Txertatutako aireak hondakinen material biogenikoarekin erreakzionatzen du, eta ihes-aria isurtzen da atmosferara zabortegearen azaleraren bidez eta, askotan, baita partzialki ere, bere arrailen eta pitzaduren bidez. Bere desabantaila da balitekeela metanoaren eta usainen hondar-kopuruaren kontrolik gabeko askapena izatea atmosferara. Egoera hori konpondu egin daiteke zabortegearen goialdeko geruzaren oxidazio-gaitasuna hobetuta (ikus 3.8 Metanoaren oxidazioa atala).

Airearen injekzio aktiboaren sistema ere zabortege-gasak berreskuratzeko jadanik existitzen den sisteman oinarritu daiteke.

Injekzioa eta erauzketa: Zabortegeira airea eramaten duen bilteta-hobien sistema eta kutsatutako hondar-gasen aldi bereko erauzketa bilteta-hobien ondoko bigarren sistemaren bidez konbinatzen dituen sistema. Erauzitako airearen kontzentrazioak txertatutako airea baino handiagoa izaten jarraitzen badu, depresio iraunkorra mantentzen da zabortegean, eta zehaztugabeko isuriak arintzen dira. Noizean behin, hobien funtzionamendua aldatu egin daiteke: injekzio-hobiak xurgapen-hobi bihurtzen dira, eta alderantziz. Praktikan, aldaketa hori gertatzeko maiztasuna hainbat ordukoa edo astekoa izan daiteke. Hondakinetatik datozen gasak metanoaren oxidazio-iragazkian tratatu daitezke, adibidez, horrela, askatzen duten usaina eta horien metano-edukia murrizteko. Beste aireztapen-sistema batzuekin konparatuta, sistema horren desabantaila da kostua handiagoa dela; izan ere, bi hodiko eta bi soplanteko sistemak erabili behar dira.



## 6 KOSTU/ETEKIN ANALISIA

### 6.1 Metano-isurpenen murrizketaren eraginkortasuna

Metanoaren isurpenak murriztera zuzendutako aukera ezberdinen errentagarritasuna konparatu ahal izateko, lehenik eta behin, horien eraginkortasuna zehaztu behar da. Prozesu hori aukera bakoitzaren mugaketak oso kontuan izanda gauzatu behar da.

Zabortegetan isuritako karbono-dioxidoaren jatorria biomasa da. Ziklo laburreko karbono-dioxido bezala ezagutzen da, eta berotze globalari eragiten ez diola uste da. Beraz, printzipio hori metanoaren oxidazioak eratutako karbono-dioxidoari aplikagarria da automatikoki. Ondorioz, eta berotze globalaren ikuspegiarekin, zabortegeiek metanoa izan behar dute kontuan soilik. Kasu zehatzetan, eta horien MBP (mundu-berotzearen potentziala; ingelesez *GWP, global warming potential*) handia direla eta, klorofluorokarburoek zabortegeiak berotze globalean duen inpaktuan laguntzen dute. Metanoa energia sortzeko erabili daitekeenez, bereziki esanguratsua da zuziko errekontzaren eta energia-helburuetarako aprobetxamenduaren arteko ingurumen-inpaktuaren aldea ebaluatzerakoan. Horregatik, jarraian jasotako adibideak metanoan oinarritzen dira.

Ondoko kasu sinplifikatuek ez dute kontuan izaten, benetan, gas-motorren gaitasuna ez dagoela diseinatuta gehieneko berreskurapen-tasak lortzeko, eta hori maiz maximizatzen dela motorren beharren arabera. Bestela esanda, praktikan, litekeena baino gas gutxiago berreskuratzen da. Beste aldetik, zuziko errekontzari dagokionez posiblea eta errealista dena ez da zabortegeien erakunde ustiatzaileek ezinbestean praktikan jarri behar dutena. Kontuan izan behar da berreskurapena eta zuziko errekontza maximizatzeak ez duela pizgarri ekonomikorik. Emandako adibideen helburua ez da frogatzea zuziko errekontzak helburu energetikoko aprobetxamenduak baino inpaktu txikiagoa duela berotze globalean. Erakutsi nahi da helburu energetikoetako aprobetxamenduak ez duela beti inpaktu txikiagoa izan behar berotze globalean. Jarraian emandako adibideek argitzea ahalbidetzen dute gasen berreskurapenaren optimizazioak eta metanoaren deuseztapenak helburu energetikoko aprobetxamenduak baino eragin handiagoa dutela berotze globalaren inpaktuan.

**1. kasua.** Zabortegei jakin batek metanoaren 100 kg sortzen ditu orduko. Gas-motorraren gasaren kalitatearen inguruko baldintzak direla eta, berreskurapena ezin da % 50ekoa baino handiagoa izan; hau da, 50 kg metano orduko. Zabortegeiaren geometriak eta zoruaren estalduraren ezaugarriek (zigilatze-sistema) orduko 15 kg metano oxidatzea ahalbidetzen dute. Kasu horretan, zabortegeian izandako metano-isurpenak orduko 35 kg-koak edo karbono-dioxido baliokideko orduko 875 kg-koak izango dira. Ehunekoaren % 90 errealistagoa izango balitzateke ere, uste da berreskuratutako gasen % 100 aprobetxatu daitezkeela eraginkortasunez, energia sortzeko. Gainera, gas-motorrak % 0ko «slip»a edo metano-galera duela ere jasotzen da; hau da, orduko 0 kg metano, edo karbono-dioxido baliokideko 0 kg. Berreskuratutako orduko metano 50 kg-ek kg bakoitzeko 50 MJ-ko energia-edukia dute; horrek orduko 2500 MJ ordezkatzen du. Onartzen da energia-edukiaren % 40 edo 1000 MJ hornidura elektrikoko sarearen energia ordezkatuko duen elektrizitate bihurtu daitezkeela, karbono-dioxido baliokideko 0,075 kg-ko inpaktuarekin, mega-julio bakoitzeko. Eman dezagun energia-edukiaren % 40 edo 1000 MJ bero bihurtu eta energia termikoa ordezkatu dezaketela, karbono-dioxido baliokideko 0,060 kg-ko inpaktuarekin, mega-julio bakoitzeko. Energia ekoizteko zabortegei-gasen aprobetxamendu-proiektuak karbono-dioxido baliokideko  $75 + 60 = 135$  kg aurreztea ahalbidetzen du. Kokapen zehatz horrek berotze global garbian duen inpaktua karbono-dioxido baliokideko  $875 - 135 = 740$  kg-koa da.

**2. kasua.** Zabortegeiak berak helburu energetikoko aprobetxamendu-proiektua uzten du, eta gasak zuzian erretzea hautatzen du. Zuzietako gas-kalitateari buruzko baldintzak txikiagoak dira gas-motorrekin konparatuta; horrek kalitate txikiagoko gasak berreskuratzea ahalbidetzen du. Uste da, % 50 ordez, tenperatura handiko ohiko zuzirako kalitate egokia duen % 60 edo 60 kg metano berreskuratu daitezkeela. Zabortegeiaren geometria eta zoruaren estalduraren ezaugarriak berak dira; hau da, orduko 15 kg metano oxidatzea ahalbidetzen dute. Kasu honetan, zabortegeiko metano-isurpenak orduko 25 kg-koak edo karbono-dioxido baliokideko 625 kg-koak dira. Zuziak % 3ko «slip»a edo metano-galera duela onartuta, horrek orduko 1,8 kg metano, edo karbono-dioxido baliokideko 45 kg esan nahi du. Zabortegei zehatz horrek berotze globalean duen inpaktua karbono-dioxido baliokideko  $625 + 45 = 670$  kg-koa da.

**3. kasua.** Zabortegei berean, tenperatura handiko ohiko zuzia berotze-ahalmen txikiko gasen errekuntzarako oinarri laukoarengatik ordezkutzen da. Onartzen da, % 60 ordeztuz, zuzi berriak berotze-ahalmen txikiko gasen errekuntzako zuzirako kalitate egokiko % 70 edo 70 kg metano berreskuratzea ahalbidetzen du. Zabortegeiaren geometria eta zoruaren estalduraren ezaugarriak berak dira; hau da, orduko 15 kg metano oxidatzea ahalbidetzen dute. Kasu honetan, zabortegiko metano-isurpenak orduko 15 kg-koak edo karbono-dioxido baliokideko 375 kg-koak dira. Zuziak % 1eko «slip»a edo metano-galera duela onartuta, horrek orduko 0,6 kg metano, edo karbono-dioxido baliokideko 15 kg esan nahi du. Zabortegei zehatz horrek berotze globalean duen inpaktua karbono-dioxido baliokideko  $375 + 15 = 390$  kg-koa da.

Errentagarritasuna (kostu/etekin analisiaren analisia ekonomiaren zein ingurumenaren arloan) zabortegei-gasen kontrol-planean sartuz gero, hemen adierazitakoa zehatzago sakondu behar da metano-isurpenen murrizketa-aukera ezberdinetan. Erabilitako lan-hipotesi guztiak deskribatu eta azaldu behar dira, metano-isurpenen aurreikusitako murrizketa kalkulatzeko. Besteak beste, kalkuluak honako hauek hartu beharko ditu barne: ordezkaturako konbinazio energetikoaren tokiko baloreak, berreskurapen- eta aprobetxamendu-unitateen urteko eragiketa-orduen inguruko balore onargarriak eta metanoaren «slip»ari edo galerari buruzko balore onargarriak.

## 6.2 Kostuak edo errentagarritasuna

Metano-isurpenen murrizketari dagokionez, errentagarritasunak irizpide bezala balio izan dezake, neurri baten kostuak «onargarritzat» edo «gehiagizkotzat» jo daitezkeen erabakitzeko. Kontzeptu honek zer kostu izan daitezkeen onargarriak eta noizentzat (ikus hurrengo atala) aztertzen duen eztabaida eragin badezake ere, orokorrean, errentagarritasunaren ebaluazioa tresna erabilgarria izan ohi da erakunde ustiatzailearen eta agintari legegileen artean, kokapen zehatz batean neurri jakin bat ezartzeko.

6.1. TAULA: GASEN BERRESKURAPENAREN ETA ZUZIKO ERREKUNTZAREN INBERTSIOAREN, USTIAPENAREN ETA KUDEAKETAREN KOSTUAK

Zabortege tipikoa	20	ha
Zabortege-gasen bilketa eta zuzi-errekuntza	800	m <sup>3</sup> LFG.h <sup>-1</sup>
Inbertsio kostu tipikoak	900.000 €	
	45.000 €	Ha bakoitzeko
Ustiapenaren eta kudeaketaren urteko kostu tipikoak	80.000 €	
Urteko elektrizitate-konsumoa	20.000 €	

Ingurumenerako, normalean positiboagoa da gasen berreskurapena eta zuziko errekuntza maximizatzea; erakunde ustiatzailearentzat, batzutan, ekonomikoki onuragarriagoa da gas-kopuru txikiagoa hautatzea, baina kalitate handiagokoa, aprobetxamendu-helburuekin. Beraz, erakunde ustiatzailearentzako kostu-etekina errentagarritasun orokorraren oso desberdina izan daiteke. Tokiko kostu-etekin erlazioa dela eta, neurri errentagarriak ezarri nahi ez dituzten erakunde ustiatzaileen kasuetan, gobernu-agintariek erabaki beharko dute neurri horiek (ekonomikoki) bultzatu edo ezarri nahi dituzten. Ondorioz, garrantzitsua neurri baten da kostu-eraginkortasun erlazioa hainbat ikuspegitik kalkulatu ahal izatea.

### 6.3 Zer kostu dira onargarriak?

Zabortegearen titularrari eta agintari eskudunei dagokie behar bezala definitzea zer kostu diren onargarriak egoera zehatz batean; izan ere, definizio hori tokiko baldintzen eta kontsiderazioen menpe dago ere bai; adibidez, beste ingurumen-arazo batzuen existentzia zabortege jakin batean. Jarraian, posible diren irizpide batzuk adierazten dira:

- *Ekonomikoki ezin hobea.* Zabortegearen titularrak eta, adibidez, energia ekoizten duen enpresak zabortege-gasen berreskurapenak eskaintzen dituen aukerak aztertzen dituzte. Biek besteak beste hektarea bakoitzeko bi hobi bertikal dituen (kasu honetan, hektarea bakoitzeko hirugarren hobitik biltzea aurreikusten den gas gehigarriak ez ditu kostu gehigarriak konpentsatzen) eta desgasifikazio-proiektu errentagarriaren aukera irekitzen duen sistema ezartzea erabakitzen dute.
- *Zero kostuak.* Egoera bera baina, kasu honetan, agintariek proiektuan parte hartzen dute. Horiek metano-isurpenen murrizketa gehigarria aztertzen dute, eta hektarea bakoitzeko hirugarren hobia eskatzen dute. Emaitza hain errentagarria ez den

desgasifikazio-proiektua da. Nolanahi ere, gasen aprobetxamendutik lortutako etekinek berreskurapen-kostuak gainditzen dituzte. Bere aldetik, metano-isurpenen murrizketa aurreko kasuan baino handiagoa da.

- *Metano-isurpenen murrizketaren balorazioa:* Adibide bera, baina metano-isurpenen murrizketa gehigarria herrialde batean NEG isurpenen murrizketa handiagorako aukera ekonomikoenetako bat bezala aitortzen da. Beraz, metano-isurpenak murriztera zuzendutako neurri gehigarriak izan daitezke kontuan. Kostuen ehuneko bat zaborteziaren titularra ez den hirugarrengoak har dezake bere gain, adibidez, inbertsiorako gobernuaren diru-laguntzen esleipenaren bidez, edo metano-isurpenen murrizketaren zati baten salmentaren bidez, «karbono-kreditu» gisa.
- *Beste arrazoi batzuk.* Adibide bera, baina zaborteziak usain-arazo larriak aurkezten ditu inguruan. Azterketa sakonagoak erakusten du usain gehiena arestian itxitako zaborteziaren eremu bateko ezponda batetik datorrela. Usainen arazoa zuzentzeko, bilketa-hobi gehigarriak instalatzea pentsatzen da; horiek ez dira eraginkorrak kostuei dagokienez, energiaren ekoizpen potentzialaren zein metano-isurpenen murrizketaren balioaren
- ikuspegitik.

## 6.4 Kostuen eta errentagarritasunaren kuantifikazioa

Errentagarritasunaren ebaluazioa neurri baten lehen diseinuan eta kostuen (inbertsio- eta ustiapen-kostuak, urtean izan litezkeen diru-sarrerak) zein efektuen (urteko isurpenen murrizketa kg-etan) ebaluazioan oinarrituta gauzatu daiteke. Kostuen eta efektuen arteko harremana errentagarritasuna da €/tan, arindutako CH<sub>4</sub> kg bakoitzeko, edo €/tan, saihestutako CO<sub>2</sub> baliokide tona bakoitzeko.

Zabortezi-isurpenei dagokienez, neurri batekin lortutako efektuak eta izan litezkeen diru-sarrerak ez dira egonkorak denbora pasatu ahala; gehienetan, murrizten joaten dira. Kasu horretan, epe luzerako kostuen eta efektuen batezbestekoa ebaluatu behar da (adibidez, neurri baten aurreikusitako balio-bizitza tekniko). Horregatik, kostuen ebaluazioa proiektu baten aldi operatibok kostu eta diru-sarrera guztien balio garbia kalkulatu gauzatu behar da, ekipamenduen amortizazioa barne hartuta. Sinpletasun-arrazoiak direla eta, jarraian

deskribatutako adibideek ez dute irizpide hori jarraitzen. Horrela, emandako adibideak adierazletzat soilik jo behar dira.

«Onargarriztat» jo daitezkeen isurpen-murrizketaren kostuen galderari erantzuteko, metano-isurpenen murrizketa CO<sub>2</sub> baliokideko isurpenen murrizketa bezala adierazten da, metano kg 1 CO<sub>2</sub> baliokideko 21 kg direla emanda <sup>7</sup>). Karbono-dioxidoaren edo CO<sub>2</sub> baliokidearen isurpenen murrizketaren kostu onargarriari buruzko informazioa erraz lortu daiteke; adibidez:

- European, industriako karbono-dioxidoaren isurpenen prezioak CO<sub>2</sub> baliokideko tona bakoitzeko 10 € -13 €tik, 2010ean; CO<sub>2</sub> baliokideko 3 € - 4 €ra jaitsi dira 2014ean. Azken informazioa hurrengo iturrietan kontsultatu daiteke:
  - [http://www.wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2014/05/27/000456286\\_20140527095323/Rendered/PDF/882840AR0Carbo040Box385232B000UO090.pdf](http://www.wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2014/05/27/000456286_20140527095323/Rendered/PDF/882840AR0Carbo040Box385232B000UO090.pdf)
  - <http://www.carbonbrief.org/blog/2014/05/the-state-of-carbon-pricing-around-the-world-in-46-carbon-markets/>
  - <http://financial.thomsonreuters.com/en/resources/articles/point-carbon.html>.
- Enpresek eta partikularrek karbono-dioxidoaren isurpenak konpentsatzeko aukera dute (adibidez, euren bidaietan sortutakoak), Isurpenen Murrizketa Egiaztatuak edo IMEak erositara (karbono-isurpenen konpentsazioa). Konpentsazio-printzipioa zalantzan jarri bada ere, bere prezioek enpresak eta partikularrak CO<sub>2</sub> isurpenen murrizketarengatik ordaintzeko prest daudena interpretatzea ahalbidetzen dute. Bere unean (2010), urre-patroiaren IMEak 10 €-tan saltzen ziren, gutxi gorabehera, CO<sub>2</sub> baliokideko tona bakoitzeko.

Europako Batzordeak merkatuko tresnen bidez erabaki du NEGen murrizketei ekitea. Horretarako, Europar Batasuneko isurketa eskubideen salerosketa araubidea ezarri da. Hondakinen kudeaketaren industria ez da sartzan Europako erregimen horretan. Beraz, «isurpen-muga» edo kuantifikatutako murrizketa-helburuak falta zaizkio. Oinarrizko produktuen fabrikazio-sektoreak ez bezala, hondakinen kudeaketa-industriak ezin ditu bere inputak hautatu, negutegi-efektuko gasen ekoizpenean oinarrituta. Gizarteak sortutako

<sup>7</sup> Bihurketa-faktore hori metanoaren mundu-berotzearen potentzian (MBP) oinarritzen da; zeharkako efektuak 100 urteko aldian daude sartuta eta integratuta. 25eko MBPa IPCCk ematen du 2007ko bere Laugarren Ebalazio Txostenean, eta onartuta dago, orokorrean, metano-isurpenetarako bihurketa-faktore bezala. Nolanahi ere, aurreko 21eko MBP indizea karbono-isurpenen merkataritzarako aplikatzen jarraitzen da. Horregatik erabiltzen da indize hori adibideetan.



hondakinak tratatzeko betebeharra du. Nolanahi ere, hondakinen kudeaketaren Europako industria «partekatutako ahalegina» deitutakoan sartuta dago. Horri jarraiki, NEN isurpenen murrizketari lagundu behar dio (kostuarekin). Egoera horren aurrean, logikoa da hondakinen kudeaketaren industriak NEN isurpenen murrizketa-unitateen salerosketaren merkatuan gertatzen denaren berri izatea, metano-isurpenen murrizketa-neurrien errentagarritasunari buruzko erabakiak hartzeko zabortegetan.

NEG isurpenen murrizketa-unitateen salerosketari buruzko egungo (2015eko martxoa) informazioa kontuan izanda, erakunde ustiatzaileek eta agintari eskudunek kostu-eraginkortasun harreman txikiagoko neurriak «onargarrizat» jotzearen aukera hautatu dezakete (adibidez, 5 € CO<sub>2</sub> baliokideko tona bakoitzeko), eta «gehiegizkotzat» jotzea, harreman horrek CO<sub>2</sub> baliokideko tona bakoitzeko 15 €ak gainditzen dituenean. Horrek CO<sub>2</sub> baliokideko tona bakoitzeko 5 € eta 15 € arteko kostua duten neurrietara murriztuko ditu eztabaidatutako neurrien sorta. Nolanahi ere, gai hori merkatuaren aldaketen menpe dago. Litekeena da hemendik urte batzuetara kostu handiagoak onargarrizat jotzea.

Aipatzekoa da hondakinen isurpenari buruzko Zuzentarauak zabortege-gasen berreskurapena behar duela. Karbono-isurpenen salerosketarako baldintzetako bat «gehigarritasun-irizpidea» deitutakoa da. «Gehigarritasun-irizpideak» esan nahi du murrizketa-neurria gehigarria izan behar dela, eta indarreko araudizko xedapenek ez dutela inposatu behar. Hondakinen isurpenari buruzko Zuzentarauaren aplikazio osoaren ondoren, zabortege-gasak berreskuratzeko Europako proiektuek «gehigarritasun-irizpidea» betetzeari utzi diote, eta karbono-isurpenen salerosketa ez da posible dagoeneko, zabortege-gasen berreskurapen-proiektuetan.

Neurri jakin bat praktikan jartzeko azken erabakian, beste faktore batzuk izan behar dira kontuan, hala nola usain txarrak, gasek izan dezaketen migrazioa eta erakunde ustiatzailearen egoera ekonomikoa.

**6.2. TAULA: ZABORTEGI-GASEN BERRESKURAPENAREN ETA APROBETXAMENDUAREN EFEKTUAK ETA BALIOA**

<b>Zabortege-gasen sorkuntza</b>	120	m <sup>3</sup> hondakinen tona bakoitzeko	
<b>Zabortege-gasen berreskurapena</b>	48	m <sup>3</sup> hondakinen tona bakoitzeko	% 40ko berreskurapen-eraginkortasuna kontuan izanda [1]
<b>Zabortege-gasen aprobetxamendua</b>	32	m <sup>3</sup> hondakinen tona bakoitzeko	Berreskuratutako zabortege-gasen % 67aren aprobetxamendua kontuan izanda
<b>Metanoaren arinketa</b>	17	kg hondakinen tona bakoitzeko	% 50eko metano edukia kontuan hartuta zabortege-gasetan
<b>Elektrizitate-sorkuntza</b>	58	kWh hondakinen tona bakoitzeko	1,8 kWh kontuan hartuta, aprobetxatutako zabortege-gasen m <sup>3</sup> bakoitzeko
<b>Karbono-dioxidoaren murrizketa</b>			
<b>- metanoaren berreskurapenarengatik</b>	360	Kg CO <sub>2</sub> baliokide, hondakinen tona bakoitzeko	21eko metano MBP kontuan hartuta
<b>- zabortege-gasen aprobetxamenduarengatik</b>	32	m <sub>2</sub> hondakinen tona bakoitzeko	CO <sub>2</sub> ko kg 1 kontuan hartuta, aprobetxatutako zabortege-gasen m <sup>3</sup> bakoitzeko
<b>Balioa</b>			
<b>- metanoaren berreskurapenarengatik</b>	3,6-5,4	€ hondakinen tona bakoitzeko	10-15 € kontuan hartuta, CO <sub>2</sub> baliokideko tona bakoitzeko
<b>- zabortege-gasen aprobetxamenduarengatik</b>	0,36-3,6	€ hondakinen tona bakoitzeko	0,01-0,10 € kontuan hartuta, aprobetxatutako m <sup>3</sup> bakoitzeko

[1] Orokorrean, % 40k ehuneko txikia dirudi; nolana ere, uste da, erraz degradatzen diren materialak uzten direnean, horien zati esanguratsu bat berreskurapena hasi aurretik deskonposatzen dela; horrek eraginkortasuna murrizten du, bizi-ziklo osoan zehar. Ikus 2.1 eta 2.3 atalak; horietan eraginkortasun txikiagoak zein handiagoak aipatzen dira.

## 6.5 Kostuen eta errentagarritasunaren zenbait adibide

### 1. adibidea: berreskurapenaren ingurumen-onuraren monetizazioa

Oharra: Errentagarritasunaren kalkulu integralak etekinak zein (inbertsioaren eta ustiapenaren) kostuak hartzen ditu kontuan. Lehen adibide honek etekinei dagokien zatia adierazten du. Era berean, etekinak karbono-dioxidoetan nola kuantifikatu daitezkeen argitzen du, eta onura horien eta tokiko kostu-etekin harreman ekonomikoaren arteko tentsioak azaltzen ditu.

6.2 taulak NEG isurpenen murrizketaren eta zabortegei-gasen berreskurapenaren eta aprobetxamenduaren balioaren adibide-kalkulua jasotzen du. Kalkuluak 120 m<sup>3</sup>-ko zabortegei-gasen sorkuntza-potentzialaren estimaziotik abiatzen dira, hondakin-tona bakoitzeko. Zenbait suposizio batzuetatik abiatuta, saihestutako metano-isurpenak eta ekoiztutako elektrizitatea kalkulatu dira. Metano-isurpenen murrizketa eta elektrizitate-ekoizpena konparatu egin daitezke, euren ingurumen-inpaktuari eta balioari (zabortegeiaren titularrarentzat edo gizartearentzat) dagokienez.

Taula horretatik atera daitekeen ondorio garrantzitsu bat da, NENen murrizketaren ikuspegitik, askoz garrantzitsuagoa dela metano-isurpenak saihestea, zabortegei-gasen potentzial energetikoa aprobetxatzea baino. Horrela, hobe izan daiteke kalitate txikiko gas gehiago berreskuratzea (metanoaren eduki txikia), eta zuzian erretzea, kalitate nahikoa duten gasen kopuru txikiagoa berreskuratzea baino, aprobetxamendu-helburuekin. Kasu horietan, metano-eduki txikiagoko gas gehiago ateratzen dira eta gutxiago aprobetxatzen dira, baina azkenean horrek karbono-dioxido isurpenen murrizketa handiagoak eta «balio» handiagoa ekar ditzake (ikus 6.3 taula). Normalean, aprobetxamenduak erakunde ustiatzailearentzako abantaila ekonomikoa ekartzen duenez, ohikoa da tentsioak izatea bi irizpide horien artean (energiaren ekoizpena eta isurpenen murrizketa).

**6.3. TAULA: ZABORTEGI-GASEN BERRESKURAPENAREN ETA APROBETXAMENDUAREN EFEKTUAK ETA BALIOA - GEHIENEZKO BERRESKURAPENA**

Zaborte-gasen sorkuntza	120	m <sup>3</sup>	hondakinen bakoitzeko	tona	
Zaborte-gasen berreskurapena	78	m <sup>3</sup>	hondakinen bakoitzeko	tona	% 65eko berreskurapen-eraginkortasuna kontuan izanda
Zaborte-gasen aprobetxamendua	26	m <sup>3</sup>	hondakinen bakoitzeko	tona	Berreskuratutako zaborte-gasen % 33aren aprobetxamendua kontuan izanda
Metanoaren arinketa	22	kg	hondakinen bakoitzeko	tona	% 40ko metano edukia kontuan hartuta zaborte-gasetan [1]
Elektrizitate-sorkuntza	46	kWh	hondakinen bakoitzeko	tona	1,8 kWh kontuan hartuta, aprobetxatutako zaborte-gasen m <sup>3</sup> bakoitzeko
Karbono-dioxidoaren murrizketa					
- metanoaren berreskurapenarengatik	468	Kg	CO <sub>2</sub> hondakinen bakoitzeko	baliokide, tona	21eko metano MBP kontuan hartuta
- zaborte-gasen aprobetxamenduarengatik	26	m <sub>2</sub>	hondakinen bakoitzeko	tona	CO <sub>2</sub> ko kg 1 kontuan hartuta, aprobetxatutako zaborte-gasen m <sup>3</sup> bakoitzeko
Balioa					
- metanoaren berreskurapenarengatik	4,7-7,0	€	hondakinen bakoitzeko	tona	10€ - 15 € kontuan hartuta, CO <sub>2</sub> baliokideko tona bakoitzeko
- zaborte-gasen aprobetxamenduarengatik	0,26-2,6	€	hondakinen bakoitzeko	tona	0,01 € - 0,10 € kontuan hartuta, aprobetxatutako m <sup>3</sup> bakoitzeko

[1] % 40 hori gas-ekoizpena altua den balore altuen eta gas gutxiago ekoizten den aldiko balore baxuen arteko estimatutako batezbestekoa da, eta ustiapenaren helburua gehienezko berreskurapena da (metano-kontzentrazio txikiekin), aprobetxamenduarekin konbinatutako berreskurapen txikiagoaren orde.

## 2. adibidea: berreskurapen-sistemaren hobekuntzaren kostu-etekina

Oharra: Adibide hori tokiko kostu eta etekin ekonomikoetara mugatzen da. Errentagarritasunaren analisi integralak beste eremu batzuetako etekinak ere ditu kontuan.

Zabortegean berreskuratutako gasak aurreikusitakoaren azpitik daude. Ikerketa zehatzagoek depresioaren mugaketa agertzen dute zabortegearen hego-mendebaldeko ezpondako hobietan, airearen sarreraren ondorioz. Beste aldetik, isurpenen neurketa kualitatiboek metanoaren kontzentrazio handiak adierazten dituzte alde horretatik gertu. Ezponda horretatik gertu dauden eta oso sakonak ez diren hiru gas-hobi gehigarrik orduko zabortege-gasen  $50 \text{ m}^3$  gehigarri ekoiztea aurreikusten da; horiek  $25 \text{ m}^3$  ra joango dira jaisten gutxika, 5 urteko aldian. Aprobetxamendu-gaitasun gehigarria dago eta, ondorioz, berreskuratutako gas gehigarriak aprobetxatu daitezke; horrek kWh bakoitzeko  $0,05 \text{ €}$  edo berreskuratutako  $\text{m}^3$  bakoitzeko  $0,09 \text{ €}$  esan nahi du. Hiru hobiren inbertsioa (bilketa-sarearen hargunea barne)  $20.000 \text{ €}$ tan kalkulatu da.

Urteko kostuak inbertsio-kostuen eta elektrizitatearen salmenta gehigarriaren etekin arteko aldea bezala kalkulatu daitezke. Gutxi gorabeherako kalkuluen arabera, inbertsio-kostuak  $4.000 \text{ €}$ tara iristen dira urteko ( $20.000 \text{ €}$ ko inbertsio osoa, 5 urtetan banatuta). Etekinak urteko  $25.000 \text{ €}$ ak gaintzen dituzte (orduko  $37,5 \text{ m}^3$ -ko batezbestekoa x  $7.500$  ordu urtean x  $0,09 \text{ € m}^3$  bakoitzeko). Ikus 3. eta 4. adibideak, interesak ere kontuan hartzen dituen ikuspegi zehatzagoa lortzeko.

Azaldutako egoera errentagarria da, argi eta garbi, eta ez du eztabaida handiagorik behar.

### **3. adibidea: berreskurapen-sistemaren hobekuntzaren kostu-etekina, gasen sorkuntzaren beharakada aurreikusten dela kontuan izanda**

Oharra: Aurrekoa bezala, adibide hau tokiko kostu eta etekin ekonomikoetara mugatzen da. Nolanahi ere, egoera konplexuagoa da, are gehiago txikitzea aurreikusten den gasen sorkuntza txikiagoa dela eta.

Bigarren adibidean bezala, kalkulatu da gasen sorkuntza gehigarria orduko  $20 \text{ m}^3$ -koa dela soilik, eta orduko  $5 \text{ m}^3$ -ra murriztuko da, 5 urteko aldian. Aprobetxamendu-gaitasun gehigarria dago eta, ondorioz, berreskuratutako gas gehigarriak aprobetxatu daitezke; horrek kWh bakoitzeko  $0,05 \text{ €}$  edo berreskuratutako  $\text{m}^3$  bakoitzeko  $0,09 \text{ €}$  esan nahi du. Hiru hobiren inbertsioa (bilketa-sarearen hargunea barne)  $20.000 \text{ €}$ tan kalkulatu da. Kasu horretan, ebaluazioaren emaitza ez da hain positiboa; urteko kostuak zehatzago kalkulatu daitezke, behin betiko ondorioa ateratzeko. Adibidez, finantzaketa-kostuak urteko kostuetan sar daitezke, % 10eko interesak kontuan izanda.

Halaber, 5 urteko amortizazioa eta % 26ko urterokoa onartu daitezke. Beraz, urteko kostuak 5.200 €tara iristen dira (20.000 €ren % 26). Nolanahi ere, etekinek kostuak gainditzen jarraitzen dute. Urteko 7.500 ordutan m<sup>3</sup> bakoitzeko 0,09 € ematen dituen orduko 12,5 m<sup>3</sup>-ko batez besteko aprobetxamendu gehigarria kontuan hartuta, etekinak urteko 8.400 €-etara iristen dira.

#### **4. adibidea: berreskurapen-sistemaren hobekuntzaren kostu-etekina, ingurumenerako etekinak kontuan hartuta**

Oharra: 2. eta 3. adibideekin konparatu daitekeen kasutik abiatzen da; tokiko kostu-etekin harremanaz gain, ingurumenerako etekinak hartzen dira kontuan. Horretarako, aurreko hainbat adibide konbinatzen dira.

Egoera 2. adibideko bera da. Nolanahi ere, ez dago aprobetxamendu-gaitasun handiagorik; ondorioz, berreskuratutako gas gehigarria zuzian erre behar da. Urteko kostuak zehatzago kalkulatu behar dira, finantzaketa-kostuak kontuan hartuta (adibidez, % 10eko interesak). Urteko kostuak 5.200 €koak dira, eta ez dira etekinekin konpentsatzen; izan ere, berreskuratutako metano gehigarria zuzian erre behar da.

Metano-isurpenen urteko murrizketa osoa (8.400 eragiketa-ordu, orduko 37,5 m<sup>3</sup>-ko batez bestekoa, % 50eko bolumeneko metano-edukia eta 0,72 kg.m<sup>-3</sup>-ko dentsitatea auresuposatuta) 110 tonakoa da. 21eko metanoaren MBP izanez gero, horrek CO<sub>2</sub> baliokideko 2.300 tona esan nahi du. Errentagarritasuna 2,30 €koa da CO<sub>2</sub> baliokideko tona bakoitzeko (5.200 €ko urteko kostuak, CO<sub>2</sub> baliokideko 2.300 tonako urteko isurpen murrizketaren artean zatikatuta); baxutzat jo daiteke, beste kasu batzuetan onartutako CO<sub>2</sub> isurpenen murrizketa-kostuekin konparatuz gero. Beraz, argi dago ondo aztertu beharreko neurria dela.

Egoera horretan, eta tokiko kostu-etekin harremana kontuan izanda, erakunde ustiatzaileak inbertsioa gauzatzeko zalantza izan dezake. Nolanahi ere, ingurumenerako etekina kontuan hartzen denean, inbertsioaren errentagarritasunak ez du inolako zalantzarik eskaintzen.

#### **5. adibidea: berreskurapen-sistemaren hobekuntzaren kostu-etekina, ingurumenerako etekinak eta gasen sorkuntzaren aurreikusitako beherakada kontuan hartuta**

Oharra: 3. eta 4. adibideen konbinazioak sortzen duen egoeran, neurri baten errentagarritasuna eztabaidagarria da.

Adibide hori 4. egoeraren antzekoa da, baina 3. adibideko berreskuratu beharreko zabortegi-gasaren kopuruak hartzen ditu kontuan. Era berean, adibide honetan ez da aprobetxamendu gehigarririk jasotzen. Urteko kostuak 5.200 €koak dira. Aurreko adibidean bezala, kostu horiek ez dira etekinekin konpentsatzen; izan ere, berreskuratutako metano gehigarria zuzian erre behar da.

Metano-isurpenen urteko murrizketa (8.400 eragiketa-ordu, orduko 12,5 m<sup>3</sup>-ko batez bestekoa, % 50eko bolumeneko metano-edukia eta 0.72 kg.m<sup>-3</sup>-ko dentsitatea auresuposatuta) 37 tonakoa da. 21eko metanoaren MBP izanez gero, horrek CO<sub>2</sub> baliokideko 750 tona esan nahi du. Errentagarritasuna 6,90 €koa da CO<sub>2</sub> baliokideko tona bakoitzeko (5.200 €ko urteko kostuak, CO<sub>2</sub> baliokideko 750 tonako urteko isurpen-murrizketaren artean zatikatuta); «eremu grisean», 5 € eta 15 € artean, CO<sub>2</sub> baliokideko tona bakoitzeko.

Etekinen tokiko kostuak ez konpentsatzeaz gain, errentagarritasun orokorra ere zalantzan jartzen da. Onargarriztat jotako kostu-mailari buruzko tokiko iritzia garrantzitsua da. Gainera, tokiko baldintzek (adibidez, usain txarrak edo kokapenean lehentasun handiagoarekin gauzatu beharreko beste ingurumen-neurri batzuk) neurri hori praktikan jartzearen egokitasuna erabaki dezakete.

## 6. adibidea

Zabortegiaren sekzio berri bat nagusiki inorganikoak diren hondakinekin beteko da. Metanoaren potentziala hain da baxua, batez beste, gasen sorkuntza 10 m<sup>3</sup>/h-tik beherakoa izango dela. 5 m<sup>3</sup>/h-ko batezbestekoa berreskuratu ahal izatea aurreikusten da. Gasaren kalitatea hain da baxua, ezin dela aprobetxatu eta zuzian erre behar dela. Hektarea bakoitzeko 20.000 €ko inbertsioa kalkulatzen da. Finantzaketa hori urteko kostuen kalkuluan sartuta dago, eta urteko 5.200 €ra iristen dela kalkulatzen da (5 urteko amortizazioa, % 26ko urterokoa). Metano-isurpenen urteko murrizketa osoa CO<sub>2</sub> baliokideko 220 tonatan kalkulatzen da (zabortegi-gasaren 5 m<sup>3</sup> orduko, 8.400 eragiketa-ordu urtean, bolumeneko % 35eko metano-edukia, 0,72 kg.m<sup>-3</sup>-ko dentsitatearekin eta 21eko MBPrekin). Errentagarritasuna 23,60 €koa da CO<sub>2</sub> baliokideko tona bakoitzeko, CO<sub>2</sub> baliokideko tona bakoitzeko 15 €ko atariaren gaineratik. Tokiko baldintzek (adibidez, usain txarrak edo

kokapenean lehentasun handiagoarekin gauzatu beharreko beste neurri batzuk) neurri hori praktikan jartzearen egokitasuna erabakitzen dute.



# 7 ERANSKINAK

## 1. ERANSKINA: LINEAN ESKURATU DAITEZKEEN DOAKO ORIENTAZIO ETA INFORMAZIO DOKUMENTUAK (2015ETIK AURRERA)

Estekak 2015eko apiriletik aurrera daude eskuragai. Baliteke esteka horiek eskuragai ez egotea, denboraldi jakin bat igaro ondoren. Horrela izanez gero, erabili bilaketa-motorra dokumentuak edo ereduak kokatzeko.

- Afvalzorg (2010) Zabortegei-gasen sorkuntza eta isurpenak estimatzeko Afvalzorg-en etapa aniztuneko eredu, <http://afvalzorg.nl/EN/Landfill-sites/Emissions-management/Methane-emissions.aspx>
- Afvalzorg (2011) Zabortegei-gasen sorkuntza eta isurpenak estimatzeko Afvalzorg-en eredu sinplea, <http://afvalzorg.nl/EN/Landfill-sites/Emissions-management/Methane-emissions.aspx>
- CALMIM (2011) California Landfill Methane Inventory Model, <http://calmim.lmem.us/> eta <http://www.ars.usda.gov/services/software/download.htm?softwareid=300>
- Ingalaterrako eta Galeseko Ingurumen Agentzia, Erresuma Batua, (2004) TGN 03 Guidance on the management of landfill gas, <https://www.gov.uk/government/collections/environmental-permitting-landfill-sector-technical-guidance#landfill-gas>
- Ingalaterrako eta Galeseko Ingurumen Agentzia, Erresuma Batua, (2011) TGN 04 Guidance on monitoring trace components in landfill gas (2. bertsioa, 2011ko martxoan eguneratua), <https://www.gov.uk/government/collections/environmental-permitting-landfill-sector-technical-guidance#landfill-gas>
- Ingalaterrako eta Galeseko Ingurumen Agentzia, Erresuma Batua, (2011) TGN 05 Guidance on monitoring trace components in landfill gas (2. bertsioa, 2011ko martxoan eguneratua), <https://www.gov.uk/government/collections/environmental-permitting-landfill-sector-technical-guidance#landfill-gas>
- Ingalaterrako eta Galeseko Ingurumen Agentzia, Erresuma Batua, (2011) TGN 06 Guidance on monitoring trace components in landfill gas (2. bertsioa, 2011ko martxoan

- eguneratua), <https://www.gov.uk/government/collections/environmental-permitting-landfill-sector-technical-guidance#landfill-gas>
- Ingalaterrako eta Galeseko Ingurumen Agentzia, Erresuma Batua, (2011) TGN 07 Guidance on monitoring trace components in landfill gas (2. bertsioa, 2011ko martxoan eguneratua), <https://www.gov.uk/government/collections/environmental-permitting-landfill-sector-technical-guidance#landfill-gas>
  - Ingalaterrako eta Galeseko Ingurumen Agentzia, Erresuma Batua, (2011) TGN 08 Guidance on monitoring trace components in landfill gas (2. bertsioa, 2011ko martxoan eguneratua), <https://www.gov.uk/government/collections/environmental-permitting-landfill-sector-technical-guidance#landfill-gas>
  - Ingalaterrako eta Galeseko Ingurumen Agentzia, Erresuma Batua, (2002) Guidance on landfill gas flaring, <https://www.gov.uk/government/collections/environmental-permitting-landfill-sector-technical-guidance#landfill-gas>
  - Europako Batzordea (2006) Isurpenen eta Kutsatzaileen Transferentzien Europako Erregistroaren ezarpenerako gida, <http://prtr.ec.europa.eu/pgDownloadGuidance.aspx>
  - Europako Parlamentuaren eta Kontseiluaren 166/2006 Araudia (EE), 2006ko urtarrilaren 18koa, Isurpenen eta Kutsatzaileen Transferentzien Europako Erregistroaren ezarpenari buruzkoa, eta Kontseiluaren 91/689/CEE eta 96/61/CE Zuzentarauak aldatzen dituen [1] <http://ec.europa.eu/environment/industry/stationary/eper/implementation.htm> .
  - FNADE/ADEME (2007) State-of-the-art practices and implementation recommendations for non-hazardous waste management in bioreactor landfills, [http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/51261\\_bioreactor.pdf](http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/51261_bioreactor.pdf)
  - GasSim Lite (2010) GasSim 1.5, <http://www.gassim.co.uk/Download.html>
  - Gebert, J., Huber-Humer, M., Oonk, H., Scharff, H. (2011) Methane Oxidation Tool explanatory note, <http://afvalzorg.nl/EN/Landfill-sites/Emissions-management/Methane-oxidation.aspx>
  - Huber-Humer *et al.* (2008), ÖVA-Leitfäden: Methanoxidationsschichten (alemanez), [http://www.altlastenmanagement.at/home/documents/ak\\_tl/Leitfaden\\_Methanox%20.docx.pdf](http://www.altlastenmanagement.at/home/documents/ak_tl/Leitfaden_Methanox%20.docx.pdf)
  - IFAS-Hamburg & Royal Haskoning (2009) Feasibility study sustainable emission reduction, [http://www.sustainablelandfilling.com/webfiles/DuurzaamStortenNL/files/R00001\\_Final\\_generic\\_report.pdf](http://www.sustainablelandfilling.com/webfiles/DuurzaamStortenNL/files/R00001_Final_generic_report.pdf)

- IPCC (Pipatti & Svandal eds.) (2006) 2006ko IPCCren Zuzentaruak, negutegi-efektuko gasen inbentario nazionalerako, 3. kapitulua. Hondakin solidoen deuseztapena, <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>
- IPCC (2006) Gas-sorkuntzaren ereduak, [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5\\_Volume5/IPCC\\_Waste\\_Model.xls](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/IPCC_Waste_Model.xls)
- LAGA (2011) Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-3 Methanoxidationsschichten in Oberflächenabdichtungs-systemen, <http://www.laga-online.de/servlet/is/26509/?highlight=bqs>
- Methane Oxidation Tool calculation model (2011), <http://afvalzorg.nl/EN/Landfill-sites/Emissions-management/Methane-oxidation.aspx>
- Oonk, H. (2010) Azterketa bibliografikoa: Zabortegetatik datorren metanoa: Gasen sorkuntza, oxidazioa eta isurpenak kuantifikatzeko metodoak, <http://afvalzorg.nl/EN/Landfill-sites/Emissions-management/Methane-emissions.aspx>
- SenterNovem (2007) Handreiking methaanreductie stortplaatsen (nederlandera) <http://www.rwsleefomgeving.nl/onderwerpen/broeikasgassen/stortplaatsen/downloads/handreiking/>
- Estatu Batuetako Ingurumen Baseko Agentzia (2005) LandGEM 3.02 bertsioa, <http://www.epa.gov/ttn/catc/products.html#software> ikus Softwarea (Exekutagarriak eta Eskuliburuak).
- Estatu Batuetako Ingurumen Babeseko Agentzia (2010) LFG Energy Project Development Handbook, <http://www.epa.gov/lmop/publications-tools/handbook.html>
- Munduko Bankua (2004) Handbook for the Preparation of Landfill Gas to Energy Projects in Latin America and the Caribbean, Energy Management and Assistance Programme, Ref.No. 019399(6), <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/18081>

## 2. ERANSKINA: ZABORTEGI-GASEN KONPOSIZIOA

Erresuma  
jarraibideak

Batuko

Holandako jarraibideak

Zabortege-gas gordinak	Balore tipikoa	Ikusitako maximoa	
	% v/v	% v/v	
Metanoa	63,8	88,0	
Karbono dioxidoa	33,6	89,3	
Oxigenoa	0,2	20,9	#
Nitrogenoa	2,4	87,0	#
Hidrogenoa	0,1	21,1	
Ur-lurrina (tipikoan, 25 ° C)	(% pisu	1,8	4,0

Zabortege-gas gordinak	Batez besteko kontzent.	Desbider aketa estandarra
	% v/v	% v/v
Metanoa	56,9	5,9
Karbono dioxidoa	43,1	9,9

Gutziz atmosferatik datorren .

Aztarna-osagaia	Kontzent. ertaina	Kontzent. ertaina
	mg.m <sup>-3</sup>	mg.m <sup>-3</sup>
1,1 dikloroetano	13,3	476,2
Klorobentzenoa	11,9	246,6
1,1,1-Trikloroetanoa	12,9	189,8

Aztarna-osagaia	Kontzent. ertaina	Desbider aketa estandarra
	mg.m <sup>-3</sup>	mg.m <sup>-3</sup>
Dekanoa	56,0	44,2
Heptanoa	13,7	15,0
Hexanoa	11,1	12,1

Klorodifluorometanoa	11,6	167,4	Nonanoa	40,8	17,1
Hidrogeno sulfuroa	2,8	134,2	Octano	12,9	9,7
Tetrakloroetanoa.	16,6	112,7	Pentanoa	32,1	45,4
Toluenoa	12,0	86,2	Diziklopentadienoa	8,9	9,8
Kloroetanoa	5,2	77,9	Bentzenoa	7,0	7,1
n-butanoa	13,6	67,4	Butilbentzenoa	35,2	33,3
Kloroetenoa	5,6	64,7	Etilbentzenoa	70,4	40,2
Karbono-monoxidoa	5,8	63,0	Toluenoa	118,0	98,1
Etilbentzenoa	6,5	37,8	Trimetilbentzenoa	82,7	77,0
1,2- Diklorotetrafluoroetanoa	3,2	34,0	Xilenoa	146,0	120,0
α-pinenoa	9,3	33,2	Triklorofluorometanoa (CFC 11)	5,3	6,1
zis-1,2- Dikloroetenoa	7,7	33,1	Triklorofluorometanoa (CFC 113)	1,1	0,7
Xilenoa	4,7	23,9	Triklorofluorometanoa (CFC 114)	2,2	1,2
Diklorofluorometanoa	3,5	20,1	Triklorofluorometanoa (CFC 115)	1,0	1,0
n-hexanoa	5,0	19,9	Triklorofluorometanoa (CFC 12)	21,9	16,0
Diklorometanoa	1,2	19,1	Triklorofluorometanoa (CFC 21)	6,3	7,2
n-nonanoa	8,1	19,0	Triklorofluorometanoa (CFC	12,1	14,9

2-Butanola	5,4	18,7
1,2 Dikloroetanoa	1,6	16,5
3-Metil-2-butanona	2,0	13,6

22)		
Kloroetilenoa	18,0	21,4
1,2 Dikloroetilenoa	12,6	8,6
Diklorometanoa	17,2	25,7
Tetrakloroetanoa.	9,8	10,4
Tetraklorometanoa	0,0003	0,0004
1,1,1-Trikloroetanoa	1,9	3,5
Trikloroetanoa	8,6	11,1
Triklorometanoa	0,9	1,9
Kloroetenoa (binilo- kloruroa)	9,6	7,4
Karbono disulfuroa	3,8	3
Metilmerkaptanoa	13	13
Hidrogeno sulfuroa	97,7	69,2

### 3. ERANSKINA: GLOSARIOA

*Gasen berreskurapen aktiboa:* gasak berreskuratzeko prozesua; bertan, xurgapen-sistema erabiltzen da bilketa-hobian, soplantearen bidez (*konpresorea, booster*):

<b><i>Aerobikoa</i></b>	Oxigenoa delarik.
<b><i>Agintari eskudunak</i></b>	Gobernuko hizketakideak dira; horiek maiz aritzen dira erakunde ustiatzaileekin, adibidez, baimenak lortzeko eta gauzatzeko, isurpenei buruzko informazioa jakinarazteko, etab.
<b><i>Aldi baterako estaldura edo estalkia</i></b>	Zabortegeari aplikatzen zaion hondakin-estaldura, denboraldi luzean hondakin uzten ez denean. Azken estaldura jarri aurretik, ustiapen-fasearen ondoren aplikatzen den estaldura erdiiraunkorra ere aipatzen du.
<b><i>Anaerobikoa</i></b>	Oxigeno-aztarnarik ere ez dagoela.
<b><i>Berreskurapen-eraginkortasun integrala</i></b>	Zabortege-gasen berreskurapenaren eta sorkuntzaren arteko ratioa, zabortege batean isurpenak sortzen diren aldi osoan zehar.
<b><i>Berreskurapen-eraginkortasuna</i></b>	Berreskuratutako eta sortutako gasen arteko ratioa. Erabileraren arabera, ordu, egun edo urte zehatz batean berreskuratutako eta sortutako gasen arteko ratioa edo berreskurapen-eraginkortasun globala izan daiteke.
<b><i>Berreskuratze-sistema</i></b>	Zabortege-gasak biltzeko sistema.
<b><i>Bilketa-hobia</i></b>	Normalean, polietilenoazko hodia da; horrek legarrez inguratutako mutur zulatua du, eta hondakinetan instalatzen da, zabortege-gasak

	ateratzeko.
<b><i>Biodegradazioa</i></b>	Hondakinetan dagoen material biogenikoaren konbertsio mikrobianoa.
<b>Egonkortzea</b>	Biodegradazio-prozesua. Egonkortutako hondakinak gas-kopuru kaskarrak sortzen dituzten horiek dira. Hondakinak guztiz egonkortuzat jotzen dira, zabortegei-gasak sortzeari uzten diotenean.
<b><i>Eguneroko estaldura</i></b>	Eguneroko isurpen-eragiketak amaitzerakoan, isuri berri diren hondakinak estaltzeko erabili ohi den lurrezko edo ordezko materialezko geruza mehea. Eguneroko estaldura hegaztien eta izurriteen presentzia gogaikarria, hondakinen sakabanatzea eta usain txarren isurpenak murrizteko erabiltzen da.
<b><i>Eragin-eremua</i></b>	Hobi batean bildutako zabortegei-gasak eragiten dituen hondakin-bolumena.
<b><i>Estaldura iraunkorra</i></b>	Zabortegeiaren azken estaldura; normalean, ustiapen-fasea amaitu eta urte batzuk beranduago gauzatu ohi da. Baimenean ezarritako baldintzen arabera, estaldura iraunkorra materialen konbinazioaz eratuta egon daiteke, estalki iragazgaitza, drainatze-geruza minerala eta goialdeko lur-geruza barne. Nolanahi ere, baimenean ezarritako baldintzak hain zorrotzak ez direnean, soluzio iragazkorragoak ere erabili daitezke.



<b><i>Gar ezkutuko zuzia</i></b>	Zuzi horretan, errekuntza konpartimentu itxian gertatzen da, zuziaren geometria fisikoaren barnean. Sistema horrek garraren baldintzak kontrolatzea ahalbidetzen du, hein batean. Tenperatura handiko zuzia edo zoru-zuzia ere deitzen da.
<b><i>Gar irekiko zuzia</i></b>	Zuzi horretan, errekuntza atmosfera irekian gertatzen da, zuziaren geometria fisikoaren kanpoan. Askotan, larrialdietarako zuzi bezala erabiltzen da.
<b><i>Gasak biltzeko sistema</i></b>	Bilketa-hobien, bilketa-sistemaren, soplantearen eta zuziaren konbinazioa.
<b><i>Gasen berreskurapen pasiboa</i></b>	hondakinen pilaketaren ondorioz sortutako presio naturalaren menpe dagoen gasen berreskurapena. Berreskuratutako gasak metanoaren oxidazio-sisteman edo zuzi berezi batean tratatu daitezke.
<b><i>Hondakin biogenikoak</i></b>	Garatu daitekeen edozer elementuk eratutako hondakin biologikoak. Elikadurako zein lorategietako hondakinen, paperaren, zuraren edo kotoia zein artilea bezalako ehunen hondakinetan aurkitu daiteke.
<b><i>Hondakin-mota</i></b>	Hondakinen jatorria; adibidez, etxeko zaborrak, bulegokoak, industriakoak, nekazaritzakoak, ur beltzen tratamendukoak, etab.
<b><i>Karbono organiko degradagarria (KOD)</i></b>	Zabortegiko baldintzetan biodegradagarria den karbono organikoaren frakzioa (ikus karbono organikoa). KOD baloreak sortzen diren zabortegi-

***Karbono organikoa***

gasen kopurua kalkulatzeko erabiltzen dira.

Hondakinen material biogenikoan dagoen karbono-edukia.

***Karbono-dioxidoa (CO<sub>2</sub>)***

Zabortege-gasen osagai nagusia, metanoaren ondoren. Karbono-dioxidoa material naturaletatik datorrenean, horien isurpenak floraren zein faunaren hazkundearen eta deskonposizioaren ondoriozko CO<sub>2</sub>-ren askatze- eta finkapen-ziklo naturalaren partetzat jotzen dira, eta nulutzat jotzen dira, definizioz (erregai fosilen errausketatik datozen karbono-dioxidoaren isurpenekin ez bezala).

***Lixibiatuak***

Zabortegean sortutako hondakin likidoak; askotan, hondakinen azpialdean askatzen da. Hondakin-motaren eta antzintasunaren arabera, lixibiatuek kutsadura-tasa handiagoa edo txikiagoa dute. Hondakinetan jasotako euri-uraren infiltraziotik eta hezetasunetik, horien deskonposiziotik eta hondakinen masan gertatzen diren disoluzio-prozesuetatik datoz.

***Metanoa (CH<sub>4</sub>)***

Zabortege-gasaren osagai nagusia. Zabortege-gasak energia ekoizteko erabili daitezke, euren metano-edukiari esker. Nolanahi ere, leherketa-arriskua ere badute. Metanoa berotegi-efektuko gas indartsua da, eta horren isurpenek ingurumen-arazo handia sortzen dute.

***Metanotrofoak***

Baldintza aerobikoetan eta zabortegearen goialdeko geruzan, metanoa karbono-dioxido eta

<b>Sifoia</b>	ur bihurtu dezaketen bakteriak.
<b>Soplantea</b>	Lixibiatuen sistematik ura kentzeko gailua; askotan, «kondentsatuaren biltodia» ere deitzen da.
<b>Zabortegei-gasak</b>	Haizagailua, konpresorea edo <i>booster</i> -a; hobietan presio negatiboa sortzeko eta, jarraian, zabortegei-gasak bilketa-sistemaren bidez zuzietara (horietan erre egingo dira) edo aprobetxamendu-sistemara garraiatzeko erabiltzen da.
<b>Zigilatze-sistema</b>	Hondakin biogenikoen biodegradazioaren ondorioz sortutako gasak. Osagai lurrunkorren eta kirasdunen aztarnak dituzten metanoaren eta karbono-dioxidoaren nahasketak osatzen dituzte, nagusiki.
	zabortegeiaren azpialdean, alboetan edo goialdean kokatzen den sistema iragazgaitza, lixibiatuen sorkuntza handiagoa, zoruaren zein lurpeko uren kutsadura eta gasak atmosferara isurtzea saihesteko. Askotan, zigilatze-sistemak material malguez (HDPE xaflak, adibidez) edo mineralez (hondarra-bentonita) daude eratuta. Sarritan, bien konbinazioa erabiltzen da.