



Segreteria Compensazione, aprile 2015 (versione 2)

# Metodo standard per comprovare le riduzioni delle emissioni in progetti riguardanti il biogas di discarica

Allegato G alla comunicazione «Progetti e programmi di riduzione delle emissioni in Svizzera»

## Indice

1	Introduzione .....	2
2	Contesto svizzero .....	3
2.1	Basi giuridiche relative alle discariche e al biogas .....	3
2.2	Tecnologie .....	5
2.2.1	Combustione in torcia o utilizzo del biogas .....	6
2.2.2	Captazione e trattamento del gas di bassa qualità .....	6
2.2.3	Aerobizzazione attiva .....	7
2.2.4	Aerobizzazione passiva .....	7
3	Basi metodologiche .....	8
3.1	Fonti e basi utilizzate .....	8
3.2	Definizioni .....	9
3.3	Campi di applicazione e condizioni del metodo standard .....	11
4	Prova delle riduzioni delle emissioni in caso di trattamento del gas di bassa qualità .....	13
4.1	Limiti del sistema .....	13
4.2	Parametri e metodi di calcolo .....	14
4.2.1	Stima <i>ex ante</i> delle riduzioni delle emissioni .....	16
4.2.2	Misurazione <i>ex post</i> delle riduzioni delle emissioni .....	19
4.3	Addizionalità .....	19
4.4	Monitoraggio .....	19
4.4.1	Valori e fattori che non devono essere misurati continuamente .....	20
4.4.2	Valori da misurare .....	22
5	Prova delle riduzioni delle emissioni in caso di aerobizzazione attiva con o senza successivo trattamento del gas di bassa qualità .....	24
5.1	Limiti del sistema .....	24
5.2	Parametri e metodi di calcolo .....	25
5.2.1	Stima <i>ex ante</i> delle riduzioni delle emissioni .....	28
5.2.2	Misurazione <i>ex post</i> delle riduzioni delle emissioni .....	29
5.3	Addizionalità .....	33
5.4	Monitoraggio .....	33
5.4.1	Valori e fattori che non devono essere misurati in continuo .....	33
5.4.2	Valori da misurare .....	36

## 1 Introduzione

A complemento della comunicazione «Progetti e programmi di riduzione delle emissioni in Svizzera»<sup>1</sup>, l'UFAM fornisce ai richiedenti raccomandazioni su come comprovare le riduzioni delle emissioni ottenute mediante allegati specifici per le varie tecnologie. In primo piano vi sono la dimostrabilità e la quantificabilità delle riduzioni supplementari delle emissioni rispetto a un'evoluzione di riferimento. Il presente allegato tecnico, elaborato in collaborazione con un ufficio di consulenza esterno, è dedicato alla prova delle riduzioni delle emissioni in progetti riguardanti il biogas<sup>2</sup>.

Se un progetto riguardante il biogas soddisfa i requisiti di cui al capitolo 3.3 del presente documento, le riduzioni delle emissioni computabili possono essere calcolate con il metodo standard descritto qui di seguito. Il richiedente ha in tal modo la garanzia che il metodo sarà accettato dalla Segreteria Compensazione UFAM/UFE.

Per agevolare la comprensione del metodo, in particolare con riferimento alle divergenze rispetto ai metodi CDM internazionali, il capitolo 2 presenta una sintesi delle peculiarità del contesto svizzero sia a livello di basi giuridiche sia a livello di impiego delle possibili tecnologie.

Il capitolo 3 contiene indicazioni generali, come definizioni e basi utilizzate, nonché commenti sul campo di applicazione del metodo. Il capitolo 4 descrive il metodo per comprovare le riduzioni delle emissioni in caso di trattamento del gas di bassa qualità e il capitolo 5 la procedura nel caso in cui è prevista un'aerobizzazione attiva, con o senza trattamento del gas di bassa qualità.

---

<sup>1</sup> Progetti e programmi di riduzione delle emissioni in Svizzera. Un modulo della comunicazione dell'UFAM in veste di autorità esecutiva dell'ordinanza sul CO<sub>2</sub>, Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Berna, [www.bafu.admin.ch/UV-1315-I](http://www.bafu.admin.ch/UV-1315-I)

<sup>2</sup> Le osservazioni del presente metodo standard sui progetti riguardanti il biogas (progetti singoli) si applicano per analogia anche a singoli progetti di programmi riguardanti il biogas.

## 2 Contesto svizzero

Dal 1° gennaio 2000 in Svizzera tutti i rifiuti combustibili non riciclati devono essere bruciati in appositi impianti d'incenerimento (divieto di conferire i rifiuti in discarica). Di conseguenza, da allora i rifiuti combustibili con un'elevata frazione organica (p. es. rifiuti urbani con una frazione organica) non possono più essere depositati in discariche. Le attuali emissioni di metano provenienti da discariche risalgono quindi a periodi di deposito precedenti. A seconda dell'età della discarica, buona parte del carbonio degradabile è già stato degradato, prevalentemente in condizioni anaerobiche con formazione di metano. Grazie ai processi di degradazione come pure alle misure di risanamento e di post-gestione, in Svizzera le emissioni di metano da discariche sono in continua diminuzione<sup>3</sup>.

La post-gestione e l'eventuale risanamento delle discariche sono disciplinati da una serie di basi giuridiche. Per prevenire emissioni di metano si applicano varie tecnologie adeguate al contesto svizzero. I seguenti capitoli descrivono brevemente le condizioni quadro giuridiche e le tecnologie applicabili.

### 2.1 Basi giuridiche relative alle discariche e al biogas

Il deposito di rifiuti, la gestione delle discariche e il risanamento dei siti di deposito sono disciplinati in una serie di basi giuridiche. Le principali sono le seguenti:

- legge federale del 7 ottobre 1983 sulla protezione dell'ambiente (legge sulla protezione dell'ambiente, **LPAmb**, RS 814.01), in particolare gli articoli 30e (deposito definitivo unicamente in discariche autorizzate) e 32c segg. (risanamento dei siti inquinati);
- ordinanza del 26 agosto 1998 sul risanamento dei siti inquinati (ordinanza sui siti contaminati, **OSiti**, RS 814.680): l'OSiti disciplina la valutazione della necessità di monitoraggio e risanamento dei siti inquinati, la valutazione degli obiettivi e dell'urgenza del risanamento nonché la fissazione delle misure di analisi, monitoraggio e risanamento. Secondo l'OSiti si valuta, tra l'altro in base ai valori per gli inquinanti ivi menzionati, se un sito inquinato richieda un risanamento o un monitoraggio. L'autorità competente stabilisce le misure necessarie.  
L'OSiti contiene un valore limite per il tenore di metano nell'aria contenuta nei pori. In caso di superamento di tale valore, il sito inquinato deve essere risanato se le emissioni provenienti dallo stesso pervengono in zone nelle quali delle persone possono trattenersi regolarmente per un certo tempo;
- ordinanza tecnica del 10 dicembre 1990 sui rifiuti (**OTR**, RS 814.600): l'OTR contiene requisiti concernenti l'ubicazione, la sistemazione, la gestione, la chiusura definitiva e il monitoraggio delle discariche e stabilisce quali rifiuti possono essere depositati in quali tipi di discarica. Per i progetti riguardanti il biogas assumono rilievo le cosiddette discariche reattore. Queste ultime contengono rifiuti organici la cui degradazione produce metano e anidride carbonica. Le disposizioni sulle discariche contenute nell'OTR costituiscono la base per ordinare misure concrete di captazione e di trattamento del biogas nell'ambito delle autorizzazioni relative alle discariche. Queste autorizzazioni sono rilasciate dalle autorità cantonali.

### Requisiti relativi alla captazione e allo smaltimento del biogas

#### a) Discariche risalenti a prima dell'entrata in vigore dell'OTR (ex discariche)

- Prima dell'entrata in vigore dell'OTR, la captazione e lo smaltimento del biogas non erano prescritti.
- La captazione e lo smaltimento dei gas erano previsti tutt'al più per motivi di sicurezza.
- Le discariche possono tutt'al più essere classificate tra quelle che richiedono un risanamento o un monitoraggio e quindi sottoposte a misure di captazione e smaltimento del biogas.

<sup>3</sup> National Inventory of GHG Emissions, Office of Environment 2013, cap. 8.

**Rilevanza per i progetti di compensazione:** per le ex discariche sono possibili progetti di compensazione a condizione che tali misure non siano decise dalle autorità come misura di risanamento in caso di necessità di risanamento.

#### **b) Discariche reattore secondo l'OTR**

Per le discariche in esercizio prima dell'entrata in vigore dell'OTR e non chiuse era previsto un periodo transitorio di tre anni per soddisfare le esigenze dell'OTR relative alla captazione e allo smaltimento del biogas (art. 53 OTR).

A tutte le discariche ancora in esercizio si applicano quindi le seguenti disposizioni:

- per **sistemare o gestire** una discarica occorre un'autorizzazione del Cantone di ubicazione (art. 30e cpv. 2 LPAmb). L'autorizzazione di sistemazione è rilasciata tra l'altro se sono adempiti i requisiti dell'allegato 2 relativi alla captazione e allo smaltimento del biogas (art. 25 cpv. 1 OTR). Prima di rilasciare l'autorizzazione di gestione, l'autorità controlla tra l'altro i dispositivi prescritti per la captazione e lo smaltimento del biogas (art. 27 cpv. 1 OTR);
- i requisiti relativi alla **captazione e allo smaltimento del biogas** sono disciplinati nell'allegato 2 numero 24 capoverso 1 OTR. In base a questa disposizione, al fine di osservare i valori limite d'emissione, le discariche reattore devono essere munite di dispositivi che permettano di captare, convogliare e riciclare o trattare in altro modo il biogas. In caso di sistemazione a tappe della discarica, i dispositivi di captazione e smaltimento del biogas devono poter essere regolati e controllati individualmente. L'ordinanza del 16 dicembre 1985 contro l'inquinamento atmosferico (OIA, RS 814.318.142.1) non contiene valori limite d'emissione per il metano. Nel rapporto concernente il disegno dell'OTR (DFI, 1988), a proposito delle disposizioni sulla captazione e sullo smaltimento del biogas figura quanto segue: «[...] I gas che si formano nelle discariche reattore durante la degradazione del materiale organico (principalmente anidride carbonica e metano) rappresentano rischi di sicurezza da prendere sul serio. Sostanze dall'odore molto intenso che fuoriescono assieme al gas di discarica possono diffondere cattivi odori. [...]». Occorre quindi tener conto anche di aspetti tecnici di sicurezza (protezione contro le esplosioni, valori MAK ecc.);
- i requisiti concreti relativi alla captazione e allo smaltimento del biogas sono stati e sono fissati dai Cantoni nelle singole autorizzazioni delle discariche. L'autorizzazione di gestione stabilisce tra l'altro i **controlli** e le **misure di manutenzione** che devono essere effettuati dal gestore della discarica durante l'esercizio e dopo la chiusura definitiva della discarica e, se del caso, definisce altri requisiti o condizioni per proteggere l'ambiente;
- durante l'esercizio della discarica, secondo l'articolo 34 lettera h OTR il gestore deve sottoporre i dispositivi di captazione e smaltimento del biogas a controlli e manutenzione regolari. Deve inoltre far controllare regolarmente da una persona qualificata i dispositivi per la captazione e lo smaltimento del biogas e farsi rilasciare un'attestazione scritta almeno due volte all'anno (art. 36 OTR);
- il **controllo e il monitoraggio** delle discariche reattore da parte dell'autorità competente sono disciplinati all'articolo 28 OTR. Secondo questa disposizione, l'autorità deve controllare l'esercizio e i dispositivi prescritti almeno due volte all'anno e, dopo la chiusura della discarica, provvedere affinché il biogas siano controllati fintanto che gli influssi molesti o dannosi sull'ambiente appaiano improbabili, tuttavia almeno durante 15 anni.

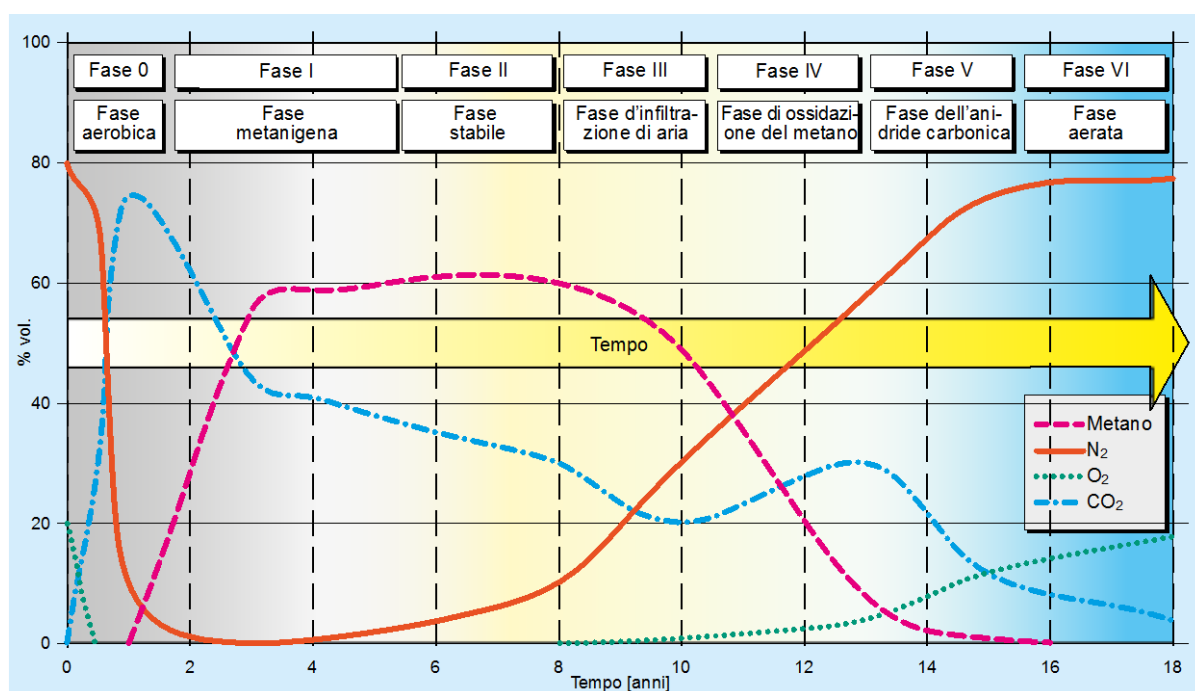
**Rilevanza per i progetti di compensazione:** siccome per le emissioni di metano provenienti dalle discariche non esistono valori limite orientati alla protezione dell'ambiente valevoli sull'intero territorio svizzero, per i progetti di compensazione riguardanti discariche reattore assumono rilievo le condizioni per la captazione e lo smaltimento del biogas contenute nell'autorizzazione di sistemazione e gestione. Sono pertanto determinanti le condizioni fissate dalle autorità competenti per quanto riguarda la durata della captazione e dello smaltimento del biogas nonché la concentrazione di metano ammessa sulla superficie della discarica. Il genere di tecnologia da impiegare per la captazione e lo

smaltimento del biogas risulta da queste condizioni. Quali progetti di compensazione entrano in considerazione unicamente le misure che vanno oltre il livello richiesto. Occorre pertanto tener conto delle autorizzazioni e di eventuali altre decisioni dell'autorità esecutiva nel singolo caso.

## 2.2 Tecnologie

Attraverso la degradazione microbiologica anaerobica di sostanze organiche, nelle discariche si forma il cosiddetto biogas. La formazione e la composizione del biogas dipendono da vari fattori. Da un lato entrano in gioco le modalità di deposito e lo spessore degli strati nonché la composizione della materia organica di partenza: la composizione del biogas varia a seconda delle condizioni di degradazione microbiologica (aerobica / anaerobica), ma i principali prodotti di degradazione sono il metano ( $\text{CH}_4$ ) e l'anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ). Dall'altro, la variazione nel tempo della quantità e della composizione del biogas prodotto può essere suddivisa in fasi a seconda del processo di degradazione in atto (cfr. Figura 1). Siccome questi fattori variano sensibilmente, è difficile stimare quanto biogas si forma quando, dove e con quale composizione. Le singole fasi variano quindi notevolmente tra una discarica e l'altra, e in singole discariche si possono anche riscontrare più fasi simultaneamente.

Oltre all'impatto sul clima, il biogas presenta anche fattori di rischio per la sicurezza. In caso di captazione e smaltimento scorretti del biogas, il biogas può concentrarsi fino a costituire un pericolo d'incendio, esplosione o asfissia. La sostituzione dell'ossigeno dagli strati di copertura superiori ad opera del biogas può inoltre provocare danni alla vegetazione. Il monitoraggio e la post-gestione appropriati delle ex discariche e delle discariche svolgono quindi un ruolo importante.



**Figura 1:** Evoluzione della composizione del biogas nel corso del tempo. La scala temporale va intesa in termini qualitativi. La durata in anni delle fasi può variare notevolmente da una discarica all'altra. La fase stabile (fase II) può anche durare più di 20 anni. Per maggiori indicazioni sul susseguirsi delle fasi cfr. il link nella nota a piè di pagina<sup>4</sup>. Alcune discariche svizzere dovrebbero essere già passate dalla fase stabile alle fasi successive.

<sup>4</sup> [http://www.bafu.admin.ch/sicherung\\_deponien/08358/08361/index.html?lang=de](http://www.bafu.admin.ch/sicherung_deponien/08358/08361/index.html?lang=de)

Lo scopo principale dei progetti di protezione del clima in relazione alle discariche è di prevenire le emissioni di metano. Il metano ha un potenziale di gas serra superiore a quello dell'anidride carbonica<sup>5</sup> e si forma attraverso la degradazione microbiologica di sostanze organiche in condizioni anaerobiche.

Quali tecnologie per prevenire le emissioni di metano entrano quindi in considerazione quelle che trasformano il metano in anidride carbonica, meno dannosa per il clima.

Nel contesto svizzero vi sono in primo piano le seguenti:

- captazione, derivazione e trattamento del metano mediante combustione (motore a gas, turbina a gas, caldaia o torcia) o ossidazione senza fiamma/non catalitica (cfr. cap. 2.2.1 e 2.2.2) e
- aerobizzazione della discarica (cfr. cap. 2.2.3 e 2.2.4). Durante questo processo la maggior parte del carbonio organico è trasformata direttamente in anidride carbonica e non in metano.

Le due tecnologie possono anche essere combinate.

### 2.2.1 Combustione in torcia o utilizzo del biogas

Nella fase metanigena stabile anaerobica o nella fase stabile, nel biogas si misura un tenore di metano del 40-60 % vol. circa, mentre il resto è costituito principalmente da anidride carbonica. Con questa composizione, il biogas brucia autonomamente (ossia senza l'apporto di combustibile).

In linea di massima, per valorizzare il biogas, e segnatamente il metano in esso contenuto, sono disponibili le seguenti possibilità:

- produzione di elettricità e calore in motori a combustione, turbine a gas o pile a combustibile;
- trattamento (arricchimento del metano) e immissione nella rete del gas naturale;
- utilizzo come carburante.

Se l'utilizzo del biogas non è redditizio o opportuno, esso può essere bruciato con una torcia (combustione in torcia). In caso di tenore di metano elevato si fa ricorso a torce convenzionali, mentre in caso di tenore di metano basso entra in considerazione una serie di tecnologie di cosiddetto trattamento del gas di bassa qualità (cfr. cap. seg.).

In Svizzera, con l'ordinanza tecnica sui rifiuti (OTR) vige dal 1° gennaio 2000 un divieto di deposito definitivo di rifiuti combustibili. A seguito della netta diminuzione della quantità di materiale organico depositato, le discariche svizzere producono quantità di metano nettamente inferiori rispetto alle discariche straniere. Di conseguenza, oggi, per ossidare il metano, si fa ricorso in genere solo a torce convenzionali o a vari trattamenti del gas di bassa qualità.

### 2.2.2 Captazione e trattamento del gas di bassa qualità

Nelle discariche più vecchie diminuiscono sia le quantità di gas sia la concentrazione di metano (gas di bassa qualità). Se la quantità aspirata supera la produzione naturale di biogas, il corpo della discarica assorbe aria esterna. Ciò provoca un effetto di aerobizzazione, che riduce ulteriormente la concentrazione di metano. Il gas di bassa qualità<sup>6</sup> non rappresenta un pericolo diretto per l'ambiente locale. Spesso lo si lascia quindi fuoriuscire nell'atmosfera senza alcun trattamento. Per prevenire l'effetto serra associato, il gas di bassa qualità può essere bruciato con l'apporto di un combustibile supplementare o ossidato in altro modo, a seconda del potere calorifico del gas. In primo piano vi sono le seguenti tecniche:

<sup>5</sup> Secondo l'IPCC, sull'arco di 100 anni il potenziale di gas serra aumenta di un fattore 28 (cfr. rapporto IPCC 2013, Working Group 1, cap. 8, tab. 8.7). Per i calcoli nell'ambito di progetti di compensazione è tuttavia determinante il fattore 25 stabilito nell'ordinanza del 30 novembre 2012 sul CO<sub>2</sub>.

<sup>6</sup> Per gas di bassa qualità s'intende ad esempio una miscela gassosa con meno del 25 % vol. di metano (ossia con un potere calorifico inferiore a 2,5 kWh/m<sup>3</sup>, il che corrisponde a 9 MJ/m<sup>3</sup>).

- torcia standard esistente modificata (modifica del tipo di bruciatore e dell'apporto di aria);
- torcia per gas di bassa qualità;
- bruciatore FLOX(FLOX = ossidazione senza fiamma);
- ossidazione non catalitica.

### 2.2.3 Aerobizzazione attiva

Oltre al trattamento termico del metano, è possibile prevenire le emissioni di metano anche con metodi di aerazione (aerobizzazione). Nell'ambito dell'aerobizzazione di norma è insufflata aria nelle zone anaerobiche della discarica, in modo da consentire la degradazione aerobica della materia organica per opera di microrganismi. Si forma così anidride carbonica, che presenta un potenziale di gas serra nettamente inferiore a quello del metano. Vi sono vari metodi per insufflare l'aria (e quindi ossigeno) nelle zone anaerobiche della discarica. A grandi linee, i procedimenti di aerobizzazione attiva possono essere suddivise in:

- procedimenti di depressione o
- procedimenti di compressione.

Nel contesto svizzero il procedimento più diffuso è quello a depressione.

Generando una depressione nel corpo della discarica si induce l'aria esterna a entrare nel corpo della discarica attraverso la superficie della discarica, il che determina l'effetto di aerazione auspicato. Grazie all'ossigeno insufflato, in condizioni aerobiche la trasformazione biologica delle componenti organiche accelera.

Un trattamento del gas di bassa qualità residuo permette di garantire l'abbattimento delle quantità residue di metano nel biogas aspirato.

### 2.2.4 Aerobizzazione passiva

Per l'aerazione passiva (semiaerobica), di norma è installato un sistema di condotte, mediante tubi perforati verticali e orizzontali, senza dispositivi di aerazione attiva o di aspirazione. L'aria entra per effetto della differenza di temperatura tra l'aria ambiente e la discarica. Nel corpo della discarica sono così raggiunte condizioni semiaerobiche.

Le probabilità di applicazione di questa tecnologia in Svizzera sono molto scarse.

## 3 Basi metodologiche

### 3.1 Fonti e basi utilizzate

Oltre alla comunicazione «Progetti e programmi di riduzione delle emissioni in Svizzera»<sup>7</sup> sono stati utilizzati i seguenti documenti:

#### Basi giuridiche

- Legge federale del 7 ottobre 1983 sulla protezione dell'ambiente (legge sulla protezione dell'ambiente, LPAmb, RS 814.01):  
<http://www.admin.ch/opc/it/classified-compilation/19830267/index.html> (24.03.2014)
- Ordinanza del 30 novembre 2012 sulla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> (ordinanza sul CO<sub>2</sub>, RS 641.711), stato al 1° gennaio 2015:  
<http://www.admin.ch/opc/it/classified-compilation/20120090/index.html> (09.01.2015)
- Ordinanza del 16 dicembre 1985 contro l'inquinamento atmosferico (OIA, RS 814.318.142.1):  
<http://www.admin.ch/opc/it/classified-compilation/19850321/index.htm> (07.07.2014)
- Ordinanza del 26 agosto 1998 sul risanamento dei siti inquinati (ordinanza sui siti contaminati, OSiti, RS 814.680):  
<http://www.admin.ch/opc/it/classified-compilation/19983151/index.html> (24.03.2014)
- Ordinanza tecnica del 10 dicembre 1980 sui rifiuti (OTR, RS 814.600):  
<http://www.admin.ch/opc/it/classified-compilation/19900325/index.html> (24.03.2014)

#### Metodi CDM<sup>8</sup>

- UNFCCC a: Approved Baseline and Monitoring Methodology «Avoidance of Landfill Gas Emissions by In-Situ Aeration of Landfills». AM0083 Version 1.0.1.
- UNFCCC b: Large-Scale Consolidated Methodology: «Flaring or Use of Landfill Gas». ACM0001 Version 14.0.

#### Strumenti metodologici CDM<sup>9</sup>

- «Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream»
- «Project emissions from flaring»
- «Tool to determine methane emissions avoided from disposal of waste at a solid waste disposal site»
- «Emissions from solid waste disposal sites»
- «Tool to calculate project or leakage CO<sub>2</sub> emissions from fossil fuel combustion»
- «Tool to calculate baseline, project and/or leakage emissions from electricity consumption»

#### Studi di base

- Bräcker, W. 2010, Deponieentgasung bei rückläufigen Deponiegasmengen, Abfallwirtschaftsfakten 19 (2010), Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hildesheim.
- European Commission 2001: Waste Management Options and Climate Change: Final Report.
- IPCC 2006: Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 3: Solid Waste Disposal.
- Ritzkowski, M., Stegmann, R. 2012, Landfill Aeration Worldwide: Concepts, Indications and Findings, Waste Management 32 (2012), pagg. 1411–1419.
- Ritzkowski, M., Stegmann, R. 2007, Controlling Greenhouse Gas Emissions Through Landfill In Situ Aeration, International Journal of Greenhouse Gas Control 1 (2007), pagg. 281 – 288.
- Ritzkowski, M., Stegmann, R. 2010, Generating CO<sub>2</sub>-Credits Through Landfill In Situ Aeration, Waste Management 30 (2010), pagg. 702–706.

<sup>7</sup> Progetti e programmi di riduzione delle emissioni in Svizzera. Un modulo della comunicazione dell'UFAM in veste di autorità esecutiva dell'ordinanza sul CO<sub>2</sub>, Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Berna [www.bafu.admin.ch/UV-1315-I](http://www.bafu.admin.ch/UV-1315-I)

<sup>8</sup> La versione attuale dei metodi è disponibile all'indirizzo: <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/approved/>

<sup>9</sup> La versione attuale degli strumenti è disponibile all'indirizzo: <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/>



- Roman, P., Tesar, M., Huber-Humer, M., Heiss-Ziegler, C. 2006, Technischer Leitfaden: In-situ Aerobisierung von Altablagerungen.
- Kühle-Weidemeier, M. e Bogon, H. 2008, Wirksamkeit von biologischen Methanoxidations-schichten auf Deponien. Praxistagung Deponien 2008.
- Schroth, M.H., Eugster, W., Gómez, K.E., Gonzalez-Gil, G., Niklaus, P.A., Oester, P. 2012, Above- and Below-Ground Methane Fluxes and Methanotrophic Activity in a Landfill-Cover Soil, Waste Management 32 (2012), pagg. 879–889.
- Technische Verordnung Luft (Germania):  
[http://www.deponie-stief.de/pdf/fachlit\\_pdf/2003deponiegas\\_trier\\_butz\\_man.pdf](http://www.deponie-stief.de/pdf/fachlit_pdf/2003deponiegas_trier_butz_man.pdf) (24.03.2014)

### 3.2 Definizioni

Le seguenti definizioni spiegano termini chiave utilizzati nel metodo standard. Per le definizioni relative ai progetti e ai programmi di riduzione delle emissioni in Svizzera si rimanda alla comunicazione corrispondente.

Aerobizzazione	Procedimento di ossigenazione del corpo di una discarica nella quale altrimenti si ha una degradazione prevalentemente anaerobica di materia organica. L'aria insufflata nel corpo della discarica determina condizioni in parte aerobiche e una degradazione aerobica. Di norma la degradazione aerobica mirata scompone il carbonio organico più rapidamente rispetto alla degradazione anaerobica. La degradazione aerobica provoca una mineralizzazione più rapida del carbonio organico e può quindi contribuire all'obiettivo di ridurre la durata della post-gestione.
Biogas	Per effetto della trasformazione biologica delle sostanze organiche contenute nelle discariche si forma gas sotto pressione, che può fuoriuscire tra l'altro attraverso la superficie della discarica. Le componenti principali del biogas sono il metano e l'anidride carbonica.
Degradazione aerobica	Degradazione microbiologica di materia organica in condizioni aerobiche, ossia in presenza di ossigeno. La degradazione aerobica (detta spesso compostaggio) provoca la formazione di anidride carbonica.
Degradazione anaerobica	Degradazione microbiologica di materia organica in condizioni anaerobiche, ossia in assenza di ossigeno. La degradazione anaerobica provoca la formazione di biogas con una frazione relativamente elevata di metano.
Discariche	Impianti di trattamento nei quali i rifiuti vengono depositati in modo definitivo e controllato (definizione secondo l'ordinanza tecnica sui rifiuti, OTR).
Discariche reattore	Le discariche reattore possono contenere rifiuti, come ad esempio i rifiuti urbani (che a partire dal 2000 non possono più essere conferiti in discarica), che provocano processi chimici e soprattutto biologici. Si formano così emissioni, liberate prevalentemente allo stato liquido o gassoso. In relazione alle emissioni gassose assumono importanza soprattutto le degradazioni aerobica e anaerobica della materia organica. Questi processi possono proseguire per decenni dopo l'ultimo deposito di rifiuti urbani.

Efficienza della torcia (FE, Flare Efficiency)	<p>Frazione di metano effettivamente bruciata durante la combustione in torcia o ossidata in generale nei procedimenti di trattamento del gas<sup>10</sup>. La frazione (1-FE) non è bruciata/ossidata ed è rilasciata nell'atmosfera. Per il calcolo si applica il metodo secondo l'UNFCCC:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• per l'efficienza di combustione di una torcia chiusa si applica un valore default del 90 per cento;</li><li>• i proprietari del progetto possono anche utilizzare i dati del fabbricante, se possono dimostrarne il rispetto;</li><li>• i proprietari del progetto possono effettuare misurazioni proprie.</li></ul>
Efficienza di aspirazione (SE, Suction Efficiency)	<p>Frazione del biogas captato con un dispositivo di captazione del biogas (= grado di captazione del biogas). La percentuale (1-SE) non è captata e fuoriesce nell'atmosfera attraverso lo strato di copertura.</p>
Fattore di compressione (CF, Compression Factor)	<p>Il fattore di compressione rappresenta il numero di anni in cui le emissioni di riferimento sono degradate in condizioni aerobiche mediante aerobizzazione attiva in un anno secondo il modello FOD<sup>11</sup>; è detto anche fattore di accelerazione dell'aerobizzazione (cfr. anche cap. 5.2.1).</p>
Fattore di ossidazione (OX)	<p>Frazione di metano nel biogas che si ossida, ossia è trasformato in anidride carbonica, nello strato di copertura prima di fuoriuscire nell'atmosfera. Per tener conto di questo effetto è introdotto il fattore di ossidazione. La percentuale (1-OX) del metano che passa attraverso lo strato di copertura non è ossidata e fuoriesce nell'atmosfera.</p> <p>Il processo di ossidazione varia tra una discarica e l'altra e anche all'interno della stessa discarica in funzione dell'età o della stagione. I valori del fattore di ossidazione menzionati nella letteratura vanno da 0 per le discariche aerate attivamente a 1 per quelle non aerate. Anche lo stato della superficie della discarica influenza il fattore di ossidazione. Secondo i dati del rapporto «Wirksamkeit von biologischen Methanoxidationsschichten auf Deponien»<sup>12</sup> e le opinioni di esperti, per le discariche svizzere senza aerazione è ipotizzabile un fattore di 0,5<sup>13</sup>. La determinazione del fattore di ossidazione è soggetta a incertezza ed è onerosa. Per questo motivo, il presente metodo stabilisce valori fissi a seconda della situazione iniziale (con o senza aerazione). Il valore da applicare per il fattore di ossidazione è determinato in base agli alberi decisionali delle Figure 3 e 6.</p> <p>Il valore dell'IPCC di 0,1, utilizzato spesso, si riferisce alle discariche attive e più recenti. In relazione all'inventario svizzero dei gas serra è utilizzato questo valore, poiché una stima per eccesso delle emissioni è ritenuta prudentiale.</p>

<sup>10</sup> A rigor di termini, nella forma generica bisognerebbe utilizzare l'espressione «efficienza del trattamento». Nel presente documento si parla tuttavia in generale di efficienza della torcia anche se in alcuni casi si tratta di un'ossidazione senza fiamma.

<sup>11</sup> First Order Decay Model. Cfr. strumento metodologico CDM «Emissions from solid waste disposal sites»

<sup>12</sup> [http://www.oekobauconsult.de/Wirksamkeit\\_von\\_biologischen\\_Methanoxidationsschichten\\_mit\\_Index.pdf](http://www.oekobauconsult.de/Wirksamkeit_von_biologischen_Methanoxidationsschichten_mit_Index.pdf) (17.03.2014)

<sup>13</sup> Da un lato molte discariche sono già state sottoposte a una lunga post-gestione, ad esempio sotto forma di degassificazione, e/o dispongono di coperture o superfici che favoriscono l'ossidazione del gas.

Fattore F	<p>Frazione di metano nella miscela metano/anidride carbonica nel biogas.</p> <p>Per il biogas nella cosiddetta «fase metanigena (stabile) anaerobica», analogamente all'IPCC, nel presente metodo standard si ipotizza una concentrazione in volume del 50% di metano e del 50% di anidride carbonica. Ciò corrisponde a un fattore F di 0,5. Questo valore può essere impiegato per la stima <i>ex ante</i> in caso di semplice trattamento del gas di bassa qualità (cap. 4).</p> <p>La determinazione del fattore F in caso di aerobizzazione con eventuale trattamento del gas di bassa qualità (cap. 5) è illustrata nell'albero decisionale della Figura 6.</p>
Frazione aerobizzata (AF, Aeration Fraction)	<p>Attraverso l'aerobizzazione una parte dei rifiuti organici degradabili non è trasformata in metano, bensì ossidata ad anidride carbonica. La frazione aerobizzata corrisponde quindi alla quota di metano evitata grazie all'aerobizzazione attiva. La frazione (1-AF) si forma malgrado l'aerobizzazione attiva.</p>
Funzionamento della torcia a intermittenza	<p>Se la composizione del gas non garantisce più il funzionamento continuo di una torcia convenzionale, è diffusa la prassi di spegnere la torcia fino a che la composizione del gas non consenta di nuovo temporaneamente il funzionamento della torcia. Si verifica così un funzionamento della torcia a intermittenza, durante il quale la torcia viene spenta ripetutamente. Ciò può provocare emissioni indesiderate di metano, quando la torcia non è in funzione. Per prevenire emissioni di metano è pertanto auspicabile la conversione del sistema verso il trattamento in continuo del gas di bassa qualità con o senza aerobizzazione.</p>
Misure	<p>Nel metodo standard, per misure s'intende l'impiego di tecnologie o processi che determinano una riduzione delle emissioni. Vi rientrano ad esempio la messa in funzione di torce per abbattere il metano o il ricorso a una tecnologia di aerazione che consenta la mineralizzazione del carbonio organico. I biofiltri non sono considerati misure di riduzione delle emissioni, dal momento che riducono le emissioni di metano solo in misura minima. I biofiltri sono impiegati per prevenire emissioni odorose.</p> <p>Il termine è utilizzato in particolare nel capitolo dedicato ai campi di applicazione e alle condizioni.</p>

### 3.3 Campi di applicazione e condizioni del metodo standard

In linea di massima, i progetti di riduzione delle emissioni che applicano il presente metodo standard devono rispettare le disposizioni dell'ordinanza sul CO<sub>2</sub> e tener conto della comunicazione corrispondente.

Il metodo standard è applicabile soltanto se sono soddisfatti i seguenti criteri.

#### Requisiti generali per tutti i progetti/misure

1. La discarica è situata su suolo svizzero.
2. La discarica e le misure<sup>14</sup> previste per ridurre le emissioni rispettano le prescrizioni esecutive della legislazione in materia di protezione dell'ambiente, in particolare l'ordinanza contro l'inquinamento atmosferico (OIA) e l'ordinanza tecnica sui rifiuti (OTR).

<sup>14</sup> Per misure s'intendono le tecnologie e i processi che riducono le emissioni di gas serra. I biofiltri non sono considerati misure poiché servono prevalentemente a ridurre gli odori.

3. Senza la misura prevista (ossia nell'evoluzione di riferimento), la discarica o ex discarica provoca emissioni di metano. Ciò presuppone la presenza di una frazione sufficiente di rifiuti organici (p. es. rifiuti urbani).
4. Le misure previste non sono già prescritte dalla legge o da una decisione<sup>15</sup>.
5. Le misure previste devono corrispondere almeno allo stato della tecnica. Il sistema di trattamento del gas di bassa qualità deve quindi essere ottimizzato in base alla composizione attuale e futura del biogas.
6. Al momento della presentazione della domanda all'autorità esecutiva, l'inizio dell'attuazione del progetto non deve risalire a più di tre mesi. L'inizio dell'attuazione corrisponde di norma al momento in cui il richiedente ha assunto un impegno finanziario notevole nei confronti di terzi. In relazione all'elaborazione di una domanda relativa a un progetto concernente il biogas può essere necessario effettuare tentativi di aspirazione. Solitamente questi impegni finanziari non dovrebbero ancora costituire un impegno finanziario notevole, per cui l'inizio dell'attuazione del progetto non coincide con la realizzazione delle perforazioni per i tentativi di aspirazione.

### Requisiti o restrizioni supplementari

Si possono distinguere le seguenti situazioni iniziali:

- A discarica senza trattamento del biogas  
(in questa categoria rientrano le discariche senza misure di riduzione delle emissioni. Queste discariche possono tutt'al più presentare pozzi di aerazione, ma non vi è alcuna aerobizzazione attiva);
- B discarica con torcia convenzionale che non può più essere fatta funzionare regolarmente (funzionamento a intermittenza);
- C discarica con torcia convenzionale che funziona regolarmente.

Requisiti e restrizioni:

### Situazione A: Discarica senza trattamento del biogas

Il metodo è applicabile solo a torce, trattamenti del gas di bassa qualità o impianti di aerobizzazione nuovi.

### Situazione B: Discarica con torcia convenzionale che non funziona più regolarmente (funzionamento a intermittenza)

Il metodo è applicabile se la conversione al trattamento del gas di bassa qualità non è ancora stata decisa o ordinata ed è tecnicamente opportuna; ciò significa che il richiedente deve dimostrare, fornendo prove tangibili (p. es. tenore di metano nel gas, monitoraggio del funzionamento della torcia, parere di esperti, dati del fabbricante della torcia), che la torcia convenzionale non può più garantire un funzionamento continuo e che un trattamento del gas di bassa qualità o un'aerobizzazione abbattano più metano del funzionamento a intermittenza della torcia convenzionale.

### Situazione C: Discarica con torcia convenzionale che funziona regolarmente

In questo caso il metodo descritto NON è applicabile<sup>16</sup>.

Se sono soddisfatti tutti i punti enumerati sopra, è possibile applicare il capitolo 4 (trattamento del gas di bassa qualità) o il capitolo 5 (aerobizzazione con o senza successivo trattamento del gas di bassa qualità) per comprovare le riduzioni delle emissioni e garantire il monitoraggio.

<sup>15</sup> Se le autorità competenti hanno ordinato ad esempio una torcia, non è possibile far valere riduzioni delle emissioni, poiché l'impiego della torcia corrisponde per decisione all'evoluzione di riferimento.

<sup>16</sup> Se una torcia ancora funzionante al 100 % deve essere sostituita da un'aerobizzazione, occorre dimostrare che l'aerobizzazione previene una quantità superiore di emissioni di metano della combustione in torcia. In questo caso, per gli attestati è computabile unicamente la differenza tra le emissioni di metano prevenute grazie all'aerobizzazione e le quantità di metano abbattute dalla torcia nello scenario di riferimento. Le modalità concrete di determinazione di tale differenza NON sono trattate nel presente documento.

## 4 Prova delle riduzioni delle emissioni in caso di trattamento del gas di bassa qualità

### 4.1 Limiti del sistema

Nei limiti del sistema rientrano la discarica, il trattamento del gas di bassa qualità<sup>17</sup>, il consumo di energia elettrica ed eventuali emissioni fossili dell'impianto di aspirazione e del trattamento del gas di bassa qualità. Gli (ex) accessi per il trasporto del materiale depositato non rientrano nei limiti del sistema. La Figura 2 mostra le fonti di emissioni rilevanti; spiegazioni sui gas serra rilevanti figurano nella tabella 1.

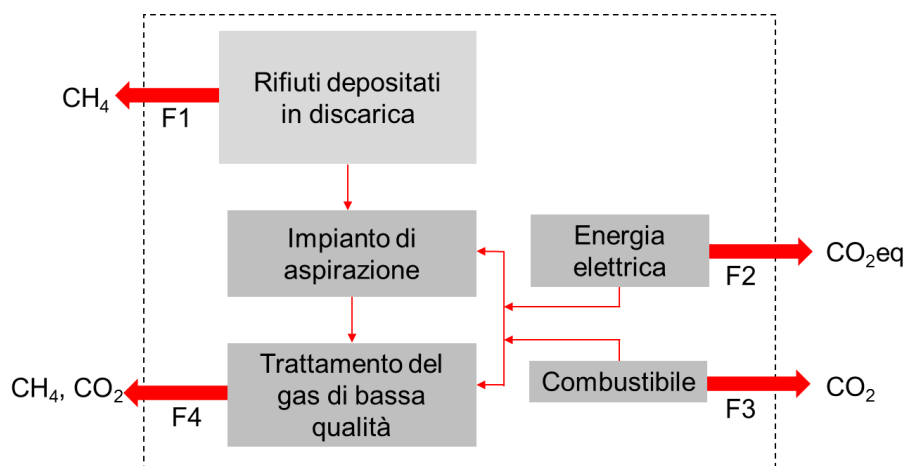


Figura 2: Limiti del sistema con le emissioni rilevanti (freccie rosse spesse).

Fonte (F)	Gas serra	Incluse/escluse	Motivazione
F1: Emissioni prodotte dalla degradazione anaerobica dei rifiuti organici	CH <sub>4</sub>	Incluse	L'aspirazione e il successivo trattamento del gas di bassa qualità riducono le emissioni dirette di biogas e di conseguenza di CH <sub>4</sub> .
	CO <sub>2</sub>	Escluse	Le emissioni di CO <sub>2</sub> della degradazione del carbonio biogenico non sono incluse nel bilancio.
	N <sub>2</sub> O	Escluse	Le emissioni sono molto basse rispetto a quelle di CH <sub>4</sub> .
F2: Emissioni prodotte dall'utilizzo di elettricità	CO <sub>2</sub> eq	Incluse	Secondo l'allegato A3 della comunicazione «Progetti e programmi di riduzione delle emissioni in Svizzera», le emissioni di CO <sub>2</sub> eq del mix di produzione svizzero devono essere considerate con un fattore di emissione pari a 24,2 g CO <sub>2</sub> eq/kWh.
F3: Emissioni prodotte dall'utilizzo di energia fossile	CH <sub>4</sub>	Escluse	Molto basse.
	CO <sub>2</sub>	Incluse	Per il trattamento del gas di bassa qualità può essere necessario il ricorso a un combustibile supplementare.
	N <sub>2</sub> O	Escluse	Molto basse.
F4: Emissioni prodotte dalla valorizzazione (inefficiente) del gas di bassa qualità	CH <sub>4</sub>	Incluse	Ossidazione incompleta del biogas aspirato (efficienza della torcia).
	CO <sub>2</sub>	Incluse	Benché il CO <sub>2</sub> sia di origine biogenica, le emissioni di CO <sub>2</sub> prodotte dalla combustione del metano sono incluse nel bilancio, poiché può essere computata solo la differenza del potenziale di gas serra (GWP = Global Warming Potential) tra il CH <sub>4</sub> e il CO <sub>2</sub> .
	N <sub>2</sub> O	Escluse	Molto basse.

Tabella 1: Fonti di emissioni in caso di trattamento del gas di bassa qualità

<sup>17</sup> In casi eccezionali è possibile che discariche che non utilizzano ancora una torcia o un trattamento del gas di bassa qualità vi facciano ricorso senza che ciò sia prescritto. Le misure che prevedono l'utilizzo di una nuova torcia convenzionale senza che ciò sia prescritto sono ammesse in questo metodo. La prova delle riduzioni delle emissioni è fornita allo stesso modo come per il trattamento del gas di bassa qualità.

## 4.2 Parametri e metodi di calcolo

Lo schema del metodo standard qui illustrato per determinare le riduzioni delle emissioni *non* ricalca la suddivisione in una descrizione diretta delle emissioni di riferimento e delle emissioni del progetto, prassi consueta nei progetti di protezione del clima<sup>18</sup>. Per far sì che il metodo standard resti il più possibile semplice, qui di seguito è descritta direttamente la determinazione delle riduzioni delle emissioni. La logica della riduzione delle emissioni corrisponde tuttavia al confronto tra la situazione con e senza il progetto ed è descritta nella Figura 4 che illustra le formule.

La determinazione della riduzione delle emissioni si suddivide in un metodo di stima *ex ante* (esclusivamente in base a modelli) e un metodo di calcolo *ex post* (in base a una combinazione di misurazioni e modelli).

Un valore fondamentale per i calcoli è il fattore di ossidazione OX, la cui scelta scaturisce dal seguente albero decisionale:

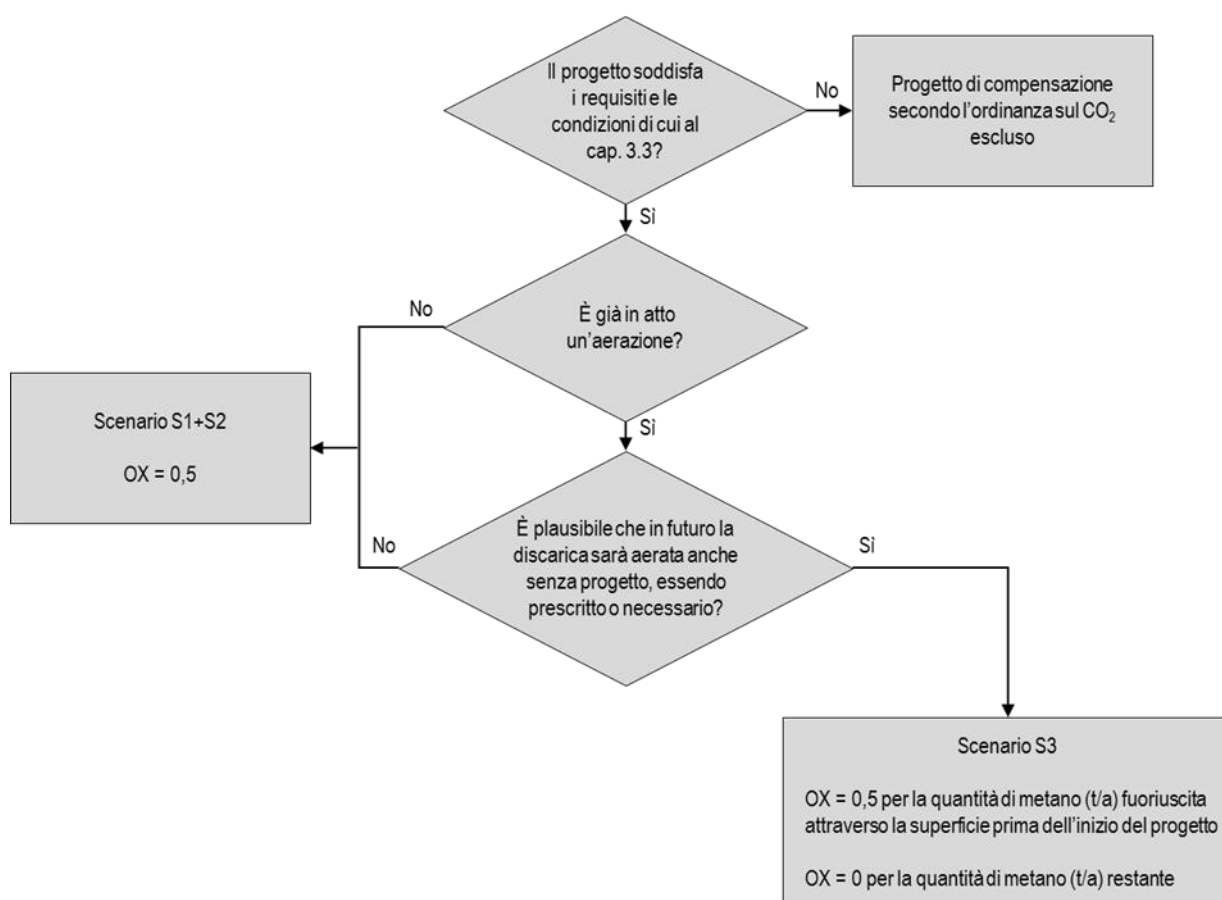


Figura 3: *Trattamento del gas di bassa qualità: albero decisionale per determinare il parametro OX. Per «aerazione» s'intende qualsiasi aerazione attiva.*

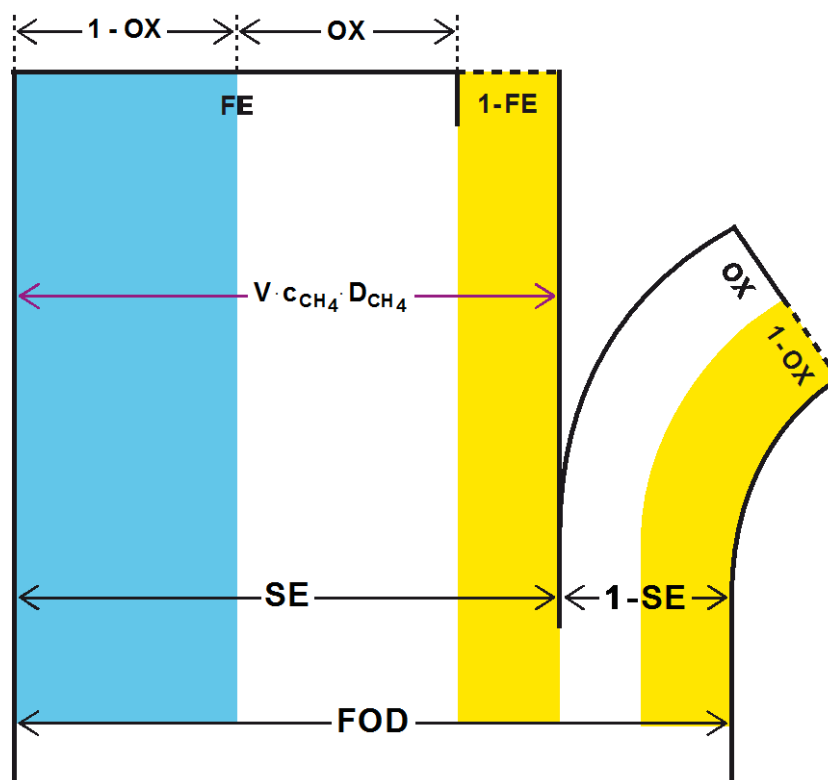
La ripartizione in OX = 0,5 o OX = 0 secondo lo scenario 3 può avvenire in vari modi:

- è possibile verificare che, prima dell'inizio del progetto, attraverso la superficie non fuoriesce alcuna quantità significativa di metano (<5 % della quantità che defluisce attraverso l'aerazione). In tal caso, per OX si può utilizzare il valore zero;
- prima dell'inizio del progetto attraverso la superficie fuoriesce una quantità significativa di metano (>5 % della quantità che defluisce attraverso l'aerazione). Questa quantità misurata deve

<sup>18</sup> Questa distinzione creava difficoltà concettuali soprattutto nel caso dell'aerobizzazione.

essere dedotta dalle riduzioni delle emissioni computabili quale valore fisso per ogni anno secondo le formule (1) e (3). Ciò si basa sull'ipotesi che tutto il metano che prima dell'inizio del progetto fuoriusciva attraverso la superficie è aspirato ed eliminato grazie al progetto. Siccome  $OX = 0,5$  per la fuoriuscita di gas attraverso la superficie, la quantità di metano misurata corrisponde alla quantità ossidata nello strato di copertura;

- la quantità di metano che fuoriesce attraverso la superficie senza l'attività del progetto non può essere misurata. Al carico di metano aspirato attraverso i pozzi di aerazione che esistevano già prima dell'inizio del progetto si può quindi applicare  $OX = 0$ . Per il carico di metano aspirato mediante nuovi pozzi di aerazione deve essere utilizzato  $OX = 0,5$ . Se tale ripartizione non è possibile, si può partire dal presupposto che, in caso di progetto, tutti i pozzi di aerazione (esistenti e nuovi) forniscano lo stesso contributo alla quantità complessiva assorbita. Conformemente a questo rapporto, nelle formule (1) e (3) è inserito un fattore di ossidazione  $OX = 0,5$  rispettivamente  $OX = 0$ .



**Figura 4:** Schema che illustra la riduzione delle emissioni computabile grazie al trattamento del gas di bassa qualità. FOD è la quantità di metano che si forma nella discarica. Le linee tratteggiate e i flussi in volume (in giallo) rappresentano le emissioni di metano nell'atmosfera. Le linee continue rappresentano la parte del metano formatosi nella discarica, ossidato ad anidride carbonica prima di essere rilasciato nell'atmosfera. Per la frazione non aspirata (1-SE) tale ossidazione avviene nello strato di copertura. Per la frazione aspirata SE l'ossidazione avviene per effetto del trattamento del gas di bassa qualità con efficienza FE. Se la frazione SE non fosse aspirata, la parte OX si ossiderebbe nello strato di copertura, perlomeno nel caso degli scenari 1 e 2 e per quantità parziali nello scenario 3 dell'albero decisionale (Figura 3). Di conseguenza è computabile solo la frazione (1-OX) del metano aspirato e trattato (in blu). La quantità di metano aspirato è determinata mediante misurazioni ex post (freccia viola). Come emerge dal grafico, questa quantità non corrisponde alla riduzione delle emissioni computabile (le riduzioni delle emissioni computabili sono determinate ex post in base alle emissioni misurate, applicando la formula (3)).

#### 4.2.1 Stima ex ante delle riduzioni delle emissioni

Per stimare ex ante le riduzioni delle emissioni è possibile utilizzare valori del carico di metano misurati negli anni prima dell'inizio del progetto. In alternativa o se non sono disponibili misurazioni delle emissioni di metano generate in passato, le riduzioni delle emissioni possono essere stimate come segue<sup>19,20</sup>:

<sup>19</sup> Nel metodo CDM, per determinare le riduzioni delle emissioni di metano è introdotto un termine (1 - AF) che descrive la quota di abbattimento del metano prescritta dalla legge (AF = Adjustment Factor). Qui non è necessario, poiché non esistono prescrizioni concernenti l'esclusione di emissioni di metano (AF = 0) oppure l'esclusione è obbligatoria (AF = 1). In quest'ultimo caso, il progetto non è ammissibile come progetto di protezione del clima secondo il cap. 3.3 (Campi di applicazione e condizioni).

<sup>20</sup> Se il biogas è utilizzato per scopi energetici durante il progetto è possibile far valere altre emissioni di gas serra prevenute, ad esempio se il progetto consente di sostituire vettori energetici fossili. La prova delle relative riduzioni delle emissioni va fornita secondo la comunicazione «Progetti e programmi di riduzione delle emissioni in Svizzera». Ciò può essere descritto sia come progetto separato sia in un progetto in combinazione con riduzioni delle emissioni di metano.



$$ER_{y,torcia}^{ex\ ante} = (FE - OX) * SE * FOD_{CH_4,y} * GWP_{CH_4}^{eff} - PE_{CO_2,elettricit\grave{a},y} - PE_{CO_2,fossile,y} \quad (1)$$

dove:

$ER_{y,torcia}^{ex\ ante}$	riduzioni stimate delle emissioni in caso di trattamento del gas di bassa qualità nell'anno y (t CO <sub>2</sub> eq);
$GWP_{CH_4}^{eff}$	potenziale di gas serra effettivo del metano (22,25 t CO <sub>2</sub> eq/ t CH <sub>4</sub> ) <sup>21</sup> ;
$FE$	efficienza della torcia;
$OX$	fattore di ossidazione;
$SE$	efficienza di aspirazione;
$FOD_{CH_4,y}$	quantità di metano prodotta nella discarica nell'anno y calcolata con una formula «First Order Decay» (t CH <sub>4</sub> ); cfr. formula (2);
$PE_{CO_2,elettricit\grave{a},y}$	emissioni di CO <sub>2</sub> causate dal consumo di elettricità dell'attività del progetto nell'anno y (t CO <sub>2</sub> eq) <sup>22</sup> ;
$PE_{CO_2,fossile,y}$	emissioni di CO <sub>2</sub> causate dall'uso di combustibili fossili nell'anno y (t CO <sub>2</sub> eq) <sup>23</sup> .

### Commenti alla formula (1)

Il primo termine della formula (1) è formato dai seguenti due termini:

1.  $FE * SE * (1 - OX) * FOD_{CH_4,y}$
2.  $-SE * (1 - FE) * OX * FOD_{CH_4,y}$

Il termine 1 descrive la quantità di  $FOD_{CH_4,y}$  aspirato (SE) e bruciato (FE). Questa quantità è ridotta del fattore (1-OX) per tener conto della parziale ossidazione nello strato di copertura.

Il termine 2 tiene conto del fatto che la frazione di metano aspirato (SE), ma non bruciato (1-FE), fuoriesce direttamente dal corpo della discarica nell'atmosfera. Senza il progetto, la quota OX di questa quantità si sarebbe ossidata nello strato di copertura. Di conseguenza, la quantità computabile delle riduzioni delle emissioni diminuisce<sup>24</sup>.

La quantità di metano prodotta nel corpo della discarica durante il progetto può essere stimata in base a un modello «First Order Decay» (FOD). Questo modello è utilizzato anche per calcolare le emissioni di metano in discariche reattore nell'inventario dei gas serra della Svizzera secondo le direttive IPCC<sup>25</sup>.

La seguente formula è tratta dallo strumento metodologico CDM «Emissions from solid waste disposal sites» (versione 6.0.1)<sup>26</sup>.

<sup>21</sup>  $GWP_{CH_4} = 25$  secondo l'allegato 1 dell'ordinanza del 30 novembre 2012 sulla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> (ordinanza sul CO<sub>2</sub>). Per effetto dell'ossidazione, 1 tonnellata di CH<sub>4</sub> produce 2,75 tonnellate di CO<sub>2</sub>, il cui potenziale di gas serra (per definizione 2,75) deve essere dedotto dal potenziale di gas serra del metano, dato che è computabile solo la differenza. Il fatto che il carbonio sia di origine biogenica è irrilevante.

<sup>22</sup> Secondo l'allegato 3 della comunicazione «Progetti e programmi di riduzione delle emissioni in Svizzera», per le emissioni di CO<sub>2</sub> dell'elettricità (mix di produzione svizzero) si applica un fattore di emissione di 24,2 g CO<sub>2</sub>eq/kWh.

<sup>23</sup> Queste emissioni hanno un ruolo soprattutto se per ossidare il gas di bassa qualità sono necessari combustibili supplementari.

<sup>24</sup> Se l'efficienza della torcia FE è minore del fattore di ossidazione OX, le riduzioni delle emissioni sono inferiori a zero. Se non vi è alcuna combustione in torcia, ossia FE = 0 (p. es. se la torcia non brucia), tutto il metano fuoriesce direttamente dal corpo della discarica nell'atmosfera senza ossidazione parziale nello strato di copertura. In tal caso il progetto provoca maggiori emissioni di metano.

<sup>25</sup> [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5\\_Volume5/V5\\_3\\_Ch3\\_SWDS.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_3_Ch3_SWDS.pdf) (24.03.2014)

<sup>26</sup> <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-04-v6.0.1.pdf> (24.03.2014). La formula è stata adottata in una forma leggermente semplificata, tralasciando il fattore di correzione «φ».

$$FOD_{CH_4,y} = \frac{16}{12} * F * DOC_f * MCF * \sum_{x=Ej}^y \sum_j A_{j,x} * DOC_j * e^{-k_j(y-x)} * (1 - e^{-k_j}) \quad (2)$$

dove:

$FOD_{CH_4,y}$	quantità di metano prodotta nella discarica nell'anno y calcolata con una formula «First Order Decay» (t CH <sub>4</sub> );
y	anno per cui sono calcolate le emissioni di metano;
x	anno in cui nella discarica è stata depositata una determinata quantità di rifiuti $A_{j,x}$ della categoria j;
$\frac{16}{12}$	rapporto massa molecolare CH <sub>4</sub> /C;
F	frazione di metano nella miscela metano/anidride carbonica nel biogas. In questa formula per F si può utilizzare un valore di 0,5 (valore IPCC);
$DOC_f$	frazione di carbonio biodegradabile degradato in condizioni anaerobiche (% in massa) <sup>27</sup> ;
MCF	fattore di correzione del metano <sup>28</sup> : descrive quanto carbonio è ossidato direttamente a CO <sub>2</sub> nelle zone aerobiche della discarica, tenendo conto del genere di gestione della discarica. Nel contesto svizzero si può ipotizzare un MCF = 1;
$A_{j,x}$	quantità di rifiuti della categoria j depositata nell'anno x (t di rifiuti);
Ej	anno di apertura della discarica, ossia il primo anno in cui sono stati depositati rifiuti (p. es. 1980);
j	categoria di rifiuti;
$DOC_j$	frazione di carbonio organico degradabile della relativa categoria di rifiuti (t C/t di rifiuti) <sup>29</sup> ;
$k_j$	costante di degradazione della categoria di rifiuti j (1/anno).

Sono applicabili la procedura e i valori descritti nello strumento metodologico CDM, tenendo presente quanto segue:

- il fattore (1-*OX*) menzionato nello strumento CDM non fa parte della formula FOD, ma è già considerato nella formula (1). Occorre inoltre utilizzare i valori *OX* = 0,5 e *OX* = 0 e non il valore dello strumento pari a *OX* = 0,1 (cfr. cap. 3.2);
- il fattore *f* dello strumento CDM corrisponde al fattore *SE*. A sua volta, quest'ultimo non fa parte della formula FOD ma è già considerato nella formula (1);
- si può ipotizzare un MCF = 1: è infatti questo il valore rilevante per le discariche anaerobiche e quelle gestite in modo controllato secondo lo strumento CDM.

<sup>27</sup> Strumento CDM: Fraction of degradable organic carbon that can decompose.

<sup>28</sup> Il fattore di **correzione** del metano (MCF = CH<sub>4</sub> correction factor secondo IPCC 2006, vol. 5, cap. 3) non va confuso con il fattore di **conversione** del metano (MFC = CH<sub>4</sub> conversion factor secondo IPCC 2006, vol. 4, cap. 10), applicato nel metodo standard per gli impianti agricoli a biogas a seconda del tipo di gestione del colaticcio e delle condizioni di stoccaggio.

<sup>29</sup> Strumento CDM: Fraction of degradable organic carbon (by weight) in the waste type j.

#### 4.2.2 Misurazione *ex post* delle riduzioni delle emissioni

La riduzione del metano è determinata *ex post* come segue:

$$ER_{y,torcia}^{ex\ post} = (FE - OX) * GWP_{CH_4}^{eff} * V_{DG,y} * c_{CH_4} * D_{CH_4} - PE_{CO_2,elettricit\grave{a},y} - PE_{CO_2,fossile,y} \quad (3)$$

dove:

$ER_{y,torcia}^{ex\ post}$	riduzioni delle emissioni computabili, determinate <i>ex post</i> in base alle emissioni misurate durante il trattamento del gas di bassa qualità nell'anno y (t CO <sub>2</sub> eq);
$FE$	efficienza della torcia;
$OX$	fattore di ossidazione;
$GWP_{CH_4}^{eff}$	potenziale di gas serra effettivo del metano (22,25 t CO <sub>2</sub> eq/t CH <sub>4</sub> );
$V_{DG,y}$	portata del biogas misurata prima del trattamento del gas di bassa qualità nell'anno y (Nm <sup>3</sup> );
$c_{CH_4}$	tenore di metano nel biogas (% vol.);
$D_{CH_4}$	densità del metano in condizioni standard (0,0007202 t CH <sub>4</sub> /Nm <sup>3</sup> );
$PE_{CO_2,elettricit\grave{a},y}$	emissioni di CO <sub>2</sub> causate dal consumo di elettricità del progetto nell'anno y (t CO <sub>2</sub> eq) <sup>30</sup> ;
$PE_{CO_2,fossile,y}$	emissioni di CO <sub>2</sub> causate dall'uso di combustibili fossili nell'anno y <sup>31</sup> (t CO <sub>2</sub> eq).

Il confronto tra le formule (1) e (3) mostra che  $SE * FOD_{CH_4,y} = GWP_{CH_4}^{eff} * V_{DG} * c_{CH_4} * D_{CH_4}$ . Con il termine a sinistra è stimata *ex ante* la quantità di metano fornita alla torcia con il modello FOD. Con il termine a destra, questa quantità può essere misurata direttamente *ex post*.

#### 4.3 Addizionalità

Per la determinazione dell'addizionalità si rimanda alla comunicazione «Progetti e programmi di riduzione delle emissioni in Svizzera». In generale occorre fornire, mediante un'analisi dell'economicità, la prova che il progetto non è redditizio e che di conseguenza senza un provento dagli attestati non sarebbe attuato. In assenza di proventi dalla vendita del biogas, del metano o dell'energia prodotta è sufficiente una semplice analisi dei costi, che mostri che il progetto è meno economico di almeno uno degli scenari alternativi.

#### 4.4 Monitoraggio

Il seguente elenco comprende i parametri e i fattori essenziali per comprovare le riduzioni delle emissioni secondo il presente metodo standard.

<sup>30</sup> Secondo la comunicazione «Progetti e programmi di riduzione delle emissioni in Svizzera», allegato A3, per le emissioni di CO<sub>2</sub> dell'elettricità (mix di produzione svizzero) si applica un fattore di emissione di 24,2 g CO<sub>2</sub>eq/kWh.

<sup>31</sup> Queste emissioni svolgono un ruolo soprattutto se per ossidare il gas di bassa qualità sono necessari combustibili supplementari.

## 4.4.1 Valori e fattori che non devono essere misurati continuamente

Dati/parametri	FE
Unità	Percentuale
Descrizione	L'efficienza della torcia descrive la frazione di metano effettivamente bruciata durante la combustione in torcia o in generale ossidata durante i procedimenti di trattamento del gas.
Valore	Si applica la procedura secondo l'UNFCCC <sup>32</sup> : 1. per default, per l'efficienza di combustione di una torcia chiusa si applica un valore del 90%; 2. i proprietari del progetto possono anche utilizzare i dati del fabbricante, se possono dimostrarne il rispetto; 3. i proprietari del progetto possono effettuare misurazioni proprie.
Fonte dei dati	Procedura in forma semplificata in base allo strumento metodologico CDM «Project emissions from flaring».
Frequenza di misurazione	Annuale nell'ambito del monitoraggio, a meno che non sia utilizzato il valore per default.
Garanzia della qualità	-
Commenti	L'efficienza della torcia assume rilievo sia per la stima <i>ex ante</i> sia per il calcolo <i>ex post</i> .

Dati/parametri	OX
Unità	Percentuale
Descrizione	Il fattore di ossidazione descrive la frazione di metano nel biogas ossidato (ossia trasformata in anidride carbonica) nello strato di copertura prima di essere rilasciato nell'atmosfera.
Valore	0 o 0,5
Fonte dei dati	Il fattore di ossidazione varia tra una discarica e l'altra e anche all'interno della stessa discarica, ad esempio in funzione dell'età o della stagione. I valori menzionati nella letteratura vanno da praticamente 0 a 1. Secondo i dati del rapporto «Wirksamkeit von biologischen Methanoxidationsschichten auf Deponien» <sup>33</sup> e le opinioni di esperti, nel contesto svizzero per le discariche senza aerazione è giustificato un valore di 0,5 (cfr. anche Figura 3). Per il metano che senza il progetto sarebbe aspirato mediante dispositivi di aerazione si applica OX = 0.
Frequenza di misurazione	-
Garanzia della qualità	-
Commenti	Il fattore di ossidazione assume rilievo sia per la stima <i>ex ante</i> sia per il calcolo <i>ex post</i> . Il fattore è soggetto a un'incertezza ed è difficile da dimostrare. Per questo motivo il presente metodo prescrive valori fissi a seconda della situazione iniziale.

<sup>32</sup> Step 2 nello strumento metodologico CDM: «Project emissions from flaring» (versione 02.0.0)<sup>33</sup> [www.oekobauconsult.de/Wirksamkeit\\_von\\_biologischen\\_Methanoxidationsschichten\\_mit\\_Index.pdf](http://www.oekobauconsult.de/Wirksamkeit_von_biologischen_Methanoxidationsschichten_mit_Index.pdf) (17.03.2014)

Dati/parametri	SE
Unità	Percentuale
Descrizione	L'efficienza di aspirazione descrive la percentuale di biogas captato dai pozzi di gas. La percentuale (1-SE) non è captata e fuoriesce nell'atmosfera attraverso lo strato di copertura, con il metano che viene in parte ossidato.
Valore	Stima da parte del proprietario del progetto.
Fonte dei dati	-
Frequenza di misurazione	Una sola volta per la stima <i>ex ante</i> delle riduzioni delle emissioni.
Garanzia della qualità	-
Commenti	Questo valore assume rilievo solo per la stima <i>ex ante</i> e deve essere documentato dal proprietario del progetto in base alle condizioni della discarica. Il valore dipende molto dal genere di discarica (piana, in rilevato, in cavità) e dalla sistemazione; a grandi linee l'efficienza di aspirazione è compresa tra il 30 e il 70%.

Dati/parametri	$GWP_{CH_4}^{eff}$
Unità	t CO <sub>2</sub> eq/t CH <sub>4</sub>
Descrizione	Potenziale di gas serra effettivo del metano.
Valore	22,25
Fonte dei dati	$GWP_{CH_4} = 25$ secondo l'ordinanza del 30 novembre 2012 sulla riduzione delle emissioni di CO <sub>2</sub> (ordinanza sul CO <sub>2</sub> ), allegato 1. Per effetto dell'ossidazione, 1 tonnellata di CH <sub>4</sub> produce 2,75 tonnellate di CO <sub>2</sub> , il cui potenziale di gas serra (per definizione 2,75) deve essere dedotto dal potenziale di gas serra del metano, dato che è computabile solo la differenza. Il fatto che il carbonio sia di origine biogenica è irrilevante.
Frequenza di misurazione	-
Garanzia della qualità	-
Commenti	Per il $GWP_{CH_4}$ è determinante il valore dell'ordinanza sul CO <sub>2</sub> , anche se nuove conoscenze scientifiche indicano un altro valore.

Dati/parametri	F
Unità	Percentuale
Descrizione	Frazione di metano nella miscela metano/anidride carbonica nel biogas.
Valore	0,5 (valore IPCC per il biogas nativo)
Fonte dei dati	Valore IPCC
Frequenza di misurazione	-
Garanzia della qualità	-
Commenti	F è necessario per la stima <i>ex ante</i> se si usa la formula FOD.

Dati/parametri	$D_{CH_4}$
Unità	t CH <sub>4</sub> /Nm <sup>3</sup>
Descrizione	Densità del metano in condizioni standard.
Valore	0,0007202
Fonte dei dati	$D_{CO_2} * \frac{16.04}{44.01}$ Masse molari secondo <a href="http://www.dguv.de/dguv/ifa/Gefahrstoffdatenbanken/GESTIS-Stoffdatenbank/index.jsp">http://www.dguv.de/dguv/ifa/Gefahrstoffdatenbanken/GESTIS-Stoffdatenbank/index.jsp</a> (24.03.2014). La densità del carbonio è di 0,001976. Cfr. Special Report on CCS, Annex I: Properties of CO <sub>2</sub> and Carbon-Based Fuels: <a href="http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_annex1.pdf">http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_annex1.pdf</a> (24.03.2014)
Frequenza di misurazione	-
Garanzia della qualità	-
Commenti	La densità del metano assume rilievo solo per il calcolo <i>ex post</i> .

#### 4.4.2 Valori da misurare

Alle misurazioni e alle indicazioni concernenti la garanzia della qualità e la calibrazione degli strumenti di misura si applicano le raccomandazioni generali della comunicazione «Progetti e programmi di riduzione delle emissioni in Svizzera». Per i valori misurati in continuo occorre stabilire come sono registrati e/o salvati i dati (p. es. intervallo di tempo per la formazione di una media). Le concentrazioni e la portata devono essere registrati simultaneamente.

Dati/parametri	$PE_{CO_2, elettricità, y}$
Unità	t CO <sub>2</sub> eq
Descrizione	Emissioni di CO <sub>2</sub> causate dal consumo di elettricità del progetto nell'anno y.
Valore	Calcolo in base al consumo di elettricità misurato e al fattore di emissione dell'elettricità usata.
Fonte dei dati	Misurazione del consumo di elettricità; applicazione del fattore di emissione effettivo dell'elettricità fornita; se il valore non è noto è possibile utilizzare il fattore di emissione di CO <sub>2</sub> del mix di produzione svizzero: 24,2 g CO <sub>2</sub> eq/kWh (secondo l'allegato 3 della comunicazione «Progetti e programmi di riduzione delle emissioni in Svizzera»).
Frequenza di misurazione	Continua
Garanzia della qualità	Calibrazione secondo i dati del fabbricante.
Commenti	-

Dati/parametri	$PE_{CO_2, fossile, y}$
Unità	t CO <sub>2</sub> eq
Descrizione	Emissioni di CO <sub>2</sub> causate dall'uso di combustibili fossili nell'anno y.

Valore	Calcolo in base al consumo di vettori energetici fossili e al relativo fattore di emissione.
Fonte dei dati	Misurazione del consumo di vettori energetici fossili; fattori di emissione cfr. comunicazione «Progetti e programmi di riduzione delle emissioni in Svizzera», allegato A3.
Frequenza di misurazione	Continua o mensile
Garanzia della qualità	-
Commenti	Queste emissioni svolgono un ruolo soprattutto se per ossidare il gas di bassa qualità sono necessari combustibili supplementari.

Dati/parametri	$V_{DG,y}$
Unità	Nm <sup>3</sup>
Descrizione	Portata del biogas misurata prima della combustione nell'anno y.
Valore	Misurazione da parte del proprietario del progetto.
Fonte dei dati	Flussimetro
Frequenza di misurazione	Continua
Garanzia della qualità	Calibrazione e frequenza di calibrazione secondo i dati del fabbricante.
Commenti	<p>La portata è una grandezza fondamentale per determinare le riduzioni delle emissioni: per questo motivo è importante che sia rilevata correttamente. Lo strumento di misura impiegato deve essere adatto alla portata media attesa (tratto/luogo di misurazione). Ciò va verificato mediante controlli esterni periodici.</p> <p>La portata deve essere misurata secondo le prescrizioni dello strumento metodologico «Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream»:  <a href="http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-08-v1.pdf/history_view">http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-08-v1.pdf/history_view</a></p>

Dati/parametri	$c_{CH_4}$
Unità	% vol.
Descrizione	Tenore di metano nel biogas.
Valore	Misurazione da parte del proprietario del progetto.
Fonte dei dati	Analizzatore di metano
Frequenza di misurazione	Continua
Garanzia della qualità	Calibrazione e frequenza di calibrazione secondo i dati del fabbricante.
Commenti	<p>Questo valore deve essere misurato secondo le prescrizioni dello strumento metodologico «Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream»:  <a href="http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-08-v1.pdf/history_view">http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-08-v1.pdf/history_view</a></p> <p>Le misurazioni vanno verificate mediante controlli esterni periodici.</p>

## 5 Prova delle riduzioni delle emissioni in caso di aerobizzazione attiva con o senza successivo trattamento del gas di bassa qualità

### 5.1 Limiti del sistema

Rientrano nei limiti del sistema: la discarica, l'eventuale successivo trattamento del gas di bassa qualità, l'impianto di ventilazione con il consumo di elettricità e le eventuali emissioni fossili in caso di trattamento inefficiente o di mancato trattamento del gas di bassa qualità. Gli (ex) accessi per il trasporto del materiale depositato non rientrano invece nei limiti del sistema. La Figura 5 fornisce una panoramica sulle fonti di emissioni rilevanti in caso di aerobizzazione attiva; spiegazioni sulle emissioni di gas serra rilevanti figurano nella tabella 2.

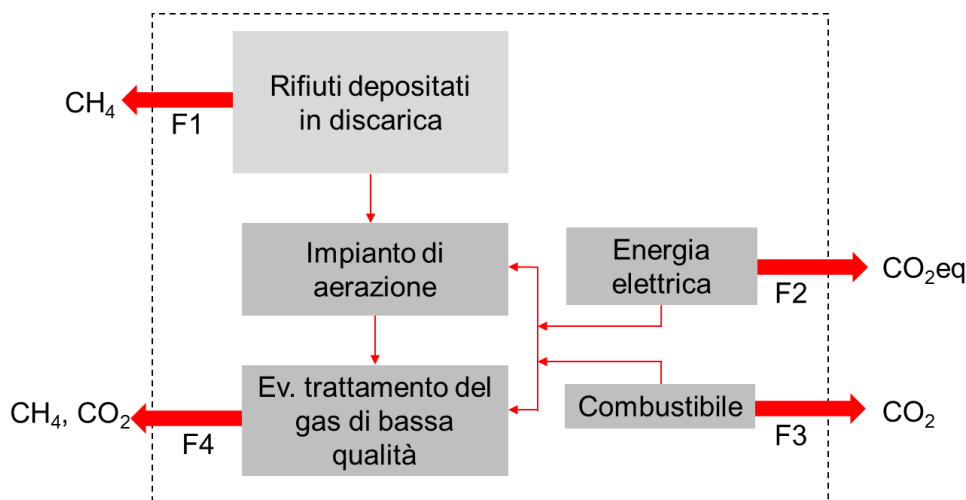


Figura 5: Limiti del sistema con le emissioni rilevanti (freccie rosse spesse)

Fonte (F)	Gas serra	Incluse / Escluse	Motivazione
F1: Emissioni prodotte dalla degradazione anaerobica dei rifiuti organici	CH <sub>4</sub>	Incluse	L'aspirazione e il successivo trattamento del gas di bassa qualità riducono le emissioni dirette di biogas e di conseguenza di CH <sub>4</sub> .
	CO <sub>2</sub>	Escluse	Le emissioni di CO <sub>2</sub> della degradazione del carbonio biogenico non sono incluse nel bilancio.
	N <sub>2</sub> O	Escluse	Le emissioni sono molto basse rispetto a quelle del CH <sub>4</sub> .
F2: Emissioni prodotte dall'utilizzo di elettricità	CO <sub>2</sub> eq	Incluse	Secondo la comunicazione «Progetti e programmi di riduzione delle emissioni in Svizzera», allegato A3, le emissioni di CO <sub>2</sub> eq del mix di produzione svizzero devono essere considerate con un fattore di emissione pari a 24,2 g CO <sub>2</sub> eq/kWh.
F3: Emissioni prodotte dall'utilizzo di energia fossile	CH <sub>4</sub>	Escluse	Molto basse
	CO <sub>2</sub>	Incluse	Per il trattamento del gas di bassa qualità può essere necessario il ricorso a un combustibile supplementare.
	N <sub>2</sub> O	Escluse	Molto basse
F4: Emissioni prodotte dal trattamento inefficiente o dal mancato trattamento del gas di bassa qualità	CH <sub>4</sub>	Incluse	Ossidazione incompleta del biogas aspirato.
	CO <sub>2</sub>	Incluse	Benché il CO <sub>2</sub> sia di origine biogenica, le emissioni di CO <sub>2</sub> prodotte dalla combustione del metano sono incluse nel bilancio poiché può essere computata solo la differenza del potenziale di gas serra (GWP = Global Warming Potential) tra il CH <sub>4</sub> e il CO <sub>2</sub> .
	N <sub>2</sub> O	Escluse	Molto basse

Tabella 2: Fonti di emissioni dell'aerobizzazione attiva con trattamento del gas di bassa qualità



## 5.2 Parametri e metodi di calcolo

Nelle discariche il metano si forma in condizioni anaerobiche. Mediante l'aerobizzazione attiva, una quantità maggiore di carbonio si ossida direttamente ad anidride carbonica nel corpo della discarica. In tal modo si evitano emissioni di metano. Questa formazione di metano evitata può essere computata in parte come riduzione delle emissioni. La Figura 8 al capitolo 5.2.2 facilita la comprensione del calcolo di questa riduzione supplementare delle emissioni per effetto dell'aerobizzazione («CO<sub>2</sub> aerobico» supplementare computabile).

L'impostazione del metodo standard qui descritto volto a determinare le riduzioni delle emissioni *non* ricalca la suddivisione consueta in una descrizione separata delle emissioni di riferimento e delle emissioni del progetto, poiché si è rivelato più semplice determinare direttamente le riduzioni delle emissioni computabili. La situazione è illustrata nella Figura 7.

La determinazione della riduzione delle emissioni computabile è suddivisa in un metodo di stima *ex ante* delle riduzioni delle emissioni (esclusivamente in base a modelli) e un metodo di calcolo *ex post* (in base a una combinazione di misurazioni e modelli).

La scelta dei parametri OX e F è fondamentale per il calcolo. Tale scelta scaturisce dal seguente albero decisionale:

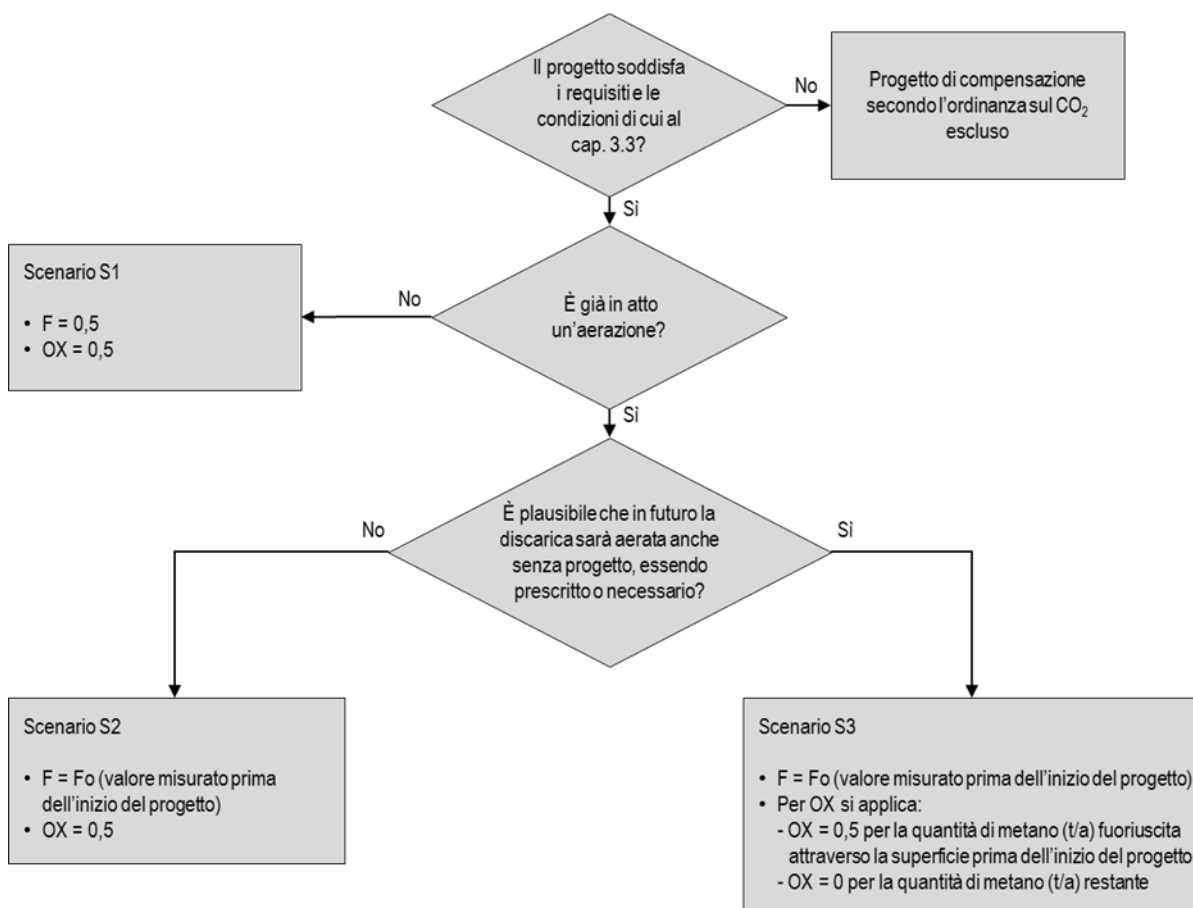


Figura 6: Albero decisionale per determinare i parametri F e OX per l'aerobizzazione con o senza successivo trattamento del gas di bassa qualità. Per «aerazione» s'intende qualsiasi aerazione attiva.

Se la discarica era già aerata (scenari 2 e 3) occorre tener presente che ciò ha inevitabilmente un effetto di aerobizzazione. L'obiettivo dell'aerazione attiva è accelerare la mineralizzazione della disca-

rica. In altre parole, oltre ad aspirare attraverso i pozzi di aerazione il metano che fuoriesce spontaneamente, si insuffla nel corpo della discarica aria supplementare, ciò che comporta un'aerobizzazione supplementare. Per tener conto dell'effetto aerobizzante già presente,  $F$  deve essere misurato prima dell'inizio del progetto (valore misurato  $F_0$ ).

La ripartizione in  $OX = 0,5$  o  $OX = 0$  secondo lo scenario 3 può avvenire in vari modi:

- è possibile verificare che, prima dell'inizio del progetto, attraverso la superficie non fuoriesca alcuna quantità significativa di metano ( $<5\%$  della quantità che defluisce attraverso l'aerazione). In tal caso, per  $OX$  si può utilizzare il valore zero;
- prima dell'inizio del progetto attraverso la superficie fuoriesce una quantità significativa di metano ( $>5\%$  della quantità che defluisce attraverso l'aerazione). Questa quantità misurata deve essere dedotta dalle riduzioni delle emissioni computabili quale valore fisso per ogni anno secondo le Formule (4) e (6). Ciò si basa sull'ipotesi che tutto il metano che prima dell'inizio del progetto fuoriusciva attraverso la superficie è aspirato e abbattuto grazie al progetto. Siccome  $OX = 0,5$  per la fuoriuscita di gas attraverso la superficie, la quantità di metano misurata corrisponde alla quantità ossidata nello strato di copertura;
- la quantità di metano che fuoriesce attraverso la superficie senza l'attività del progetto non può essere misurata. Al carico di metano aspirato attraverso i pozzi di aerazione che esistevano già prima dell'inizio del progetto si può quindi applicare  $OX = 0$ . Per il carico di metano aspirato mediante nuovi pozzi di aerazione deve essere utilizzato  $OX = 0,5$ . Se tale ripartizione non è possibile, si può partire dal presupposto che, in caso di progetto, tutti i pozzi di aerazione (esistenti e nuovi) forniscano lo stesso contributo alla quantità complessiva assorbita. Conformemente a questo rapporto, nelle formule (4) e (6) è inserito un fattore di ossidazione  $OX = 0,5$  rispettivamente  $OX = 0$ .

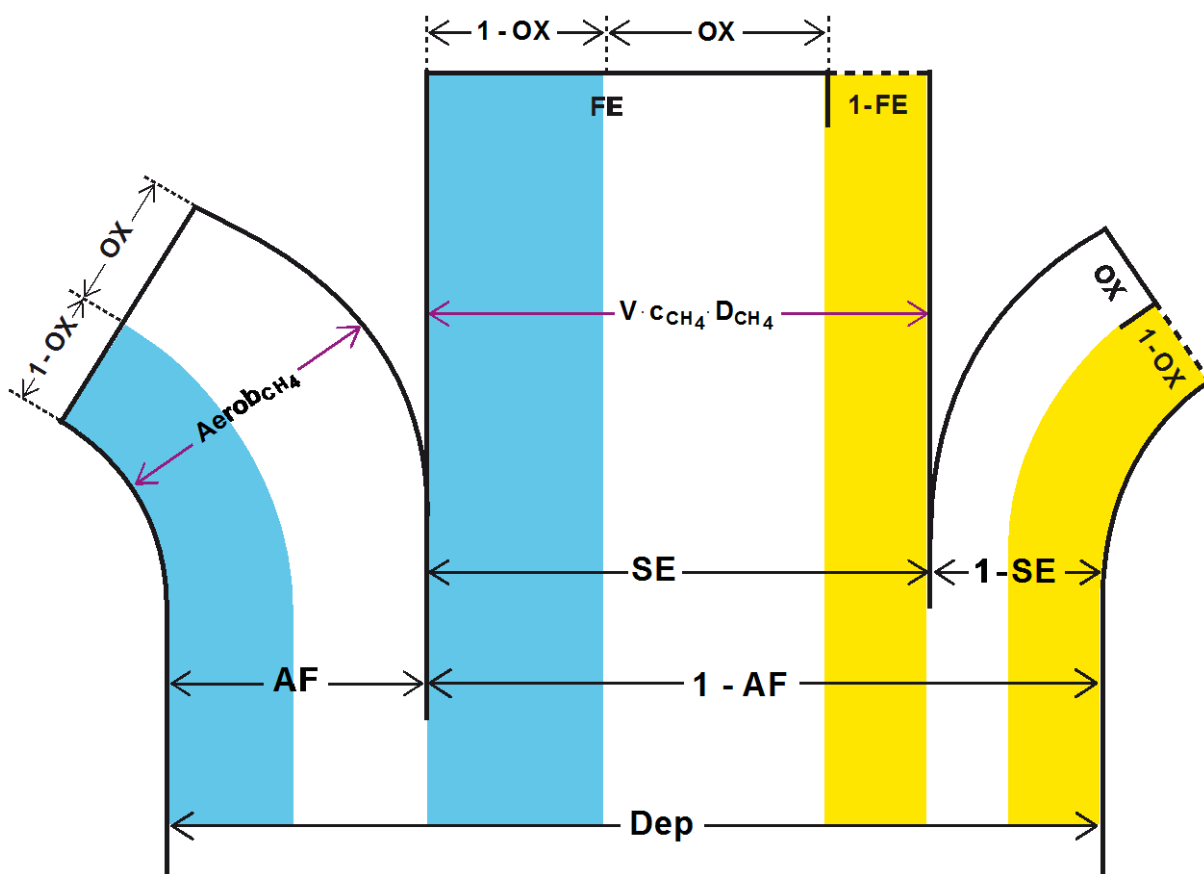


Figura 7: Schema che illustra la riduzione delle emissioni computabile grazie all'eventuale trattamento del gas di bassa qualità con aerobizzazione attiva. Dep rappresenta la quantità di metano di carbonio organico degradabile in condizioni anaerobiche (corrisponde a  $Dep_{CH_4,y}$  nelle formule sotto). Le linee tratteggiate e i flussi in volume (in giallo) rappresentano le emissioni di metano nell'atmosfera. Le linee continue rappresentano la parte di Dep ossidata ad anidride carbonica prima di essere rilasciata nell'atmosfera. Per la frazione non aerobizzata e non aspirata  $(1-AF) \cdot (1-SE)$  tale ossidazione avviene nello strato di copertura. Per la frazione non aerobizzata e aspirata  $(1-AF) \cdot SE$  l'ossidazione avviene per effetto dell'eventuale trattamento del gas di bassa qualità con l'efficienza FE. Per la frazione AF l'ossidazione avviene per effetto dell'aerobizzazione. Se la frazione SE non fosse aspirata e la frazione AF non fosse aerobizzata, la quota OX si ossiderebbe nello strato di copertura, perlomeno nel caso degli scenari 1 e 2 e per quantità parziali nello scenario 3 dell'albero decisionale (Figura 6). Di conseguenza è computabile solo la frazione  $(1-OX)$  (in blu). La quantità di metano aspirata è determinata mediante misurazioni ex post e la quantità aerobizzata mediante la formula (67) (freccia viola). Come si evince dallo schema, queste quantità non corrispondono alla riduzione delle emissioni computabile (le riduzioni delle emissioni computabili sono determinate ex post in base alle emissioni misurate, applicando la formula (4)).

### 5.2.1 Stima *ex ante* delle riduzioni delle emissioni

Le riduzioni delle emissioni sono stimate *ex ante* come segue<sup>34, 35</sup>:

$$ER_{y,aerobizzazione}^{ex\ ante} = (1 - AF) * SE * (FE - OX) * GWP_{CH_4}^{eff} * Dep_{CH_4,y} + AF * (1 - OX) * GWP_{CH_4}^{eff} * Dep_{CH_4,y} - PE_{CO_2,elettricit\grave{a},y} - PE_{CO_2,fossile,y} \quad (4)$$

dove:

$ER_{y,aerobizzazione}^{ex\ ante}$	riduzioni stimate delle emissioni in caso di aerobizzazione attiva con trattamento del gas di bassa qualità nell'anno y (t CO <sub>2</sub> eq);
$AF$	frazione aerobizzata;
$SE$	efficienza di aspirazione;
$FE$	efficienza della torcia. FE = 0 se non vi alcun trattamento del gas di bassa qualità.
$OX$	fattore di ossidazione;
$Dep_{CH_4,y}$	quantità di metano del carbonio organico degradabile in condizioni anaerobiche nell'anno y (t CH <sub>4</sub> );
$GWP_{CH_4}^{eff}$	potenziale di gas serra effettivo del metano (22,25 t CO <sub>2</sub> eq/ t CH <sub>4</sub> ) <sup>36</sup> ;
$PE_{CO_2,elettricit\grave{a},y}$	emissioni di CO <sub>2</sub> causate dal consumo di elettricità del progetto nell'anno y (t CO <sub>2</sub> eq) <sup>37</sup> ;
$PE_{CO_2,fossile,y}$	emissioni di CO <sub>2</sub> causate dall'uso di combustibili fossili nell'anno y (t CO <sub>2</sub> eq) <sup>38</sup> .

Il primo termine della formula (4) descrive la frazione di biogas aspirato (SE) non aerobizzato (1-AF). Il fattore (FE-OX) tiene conto del fatto che sia la quantità di metano abbattuta mediante l'eventuale trattamento del gas di bassa qualità sia quella non abbattuta si sarebbero ancora parzialmente ossidate nello strato di copertura (cfr. spiegazione al cap. 4.2.2). Il secondo termine tiene conto dell'aerobizzazione attiva che ha luogo direttamente nella discarica. Questa quantità è ridotta del fattore (1-OX).

#### Determinazione di $Dep_{CH_4,y}$

$Dep_{CH_4,y}$  è la quantità di metano prodotta nella discarica per effetto della degradazione del carbonio organico nell'anno y, che si sarebbe formata in condizioni anaerobiche: rispetto al FOD (cfr. sotto),

<sup>34</sup> Nel metodo CDM, in questo punto è introdotto un termine (1- AF) che descrive la quota di abbattimento del metano prescritta dalla legge (AF = Adjustment Factor). Qui non è necessario, poiché non esistono prescrizioni concernenti l'esclusione di emissioni di metano (AF = 0) o l'esclusione è obbligatoria (AF = 1). In quest'ultimo caso, il progetto non è ammissibile come progetto di protezione del clima secondo il capitolo 3.3 (Campi di applicazione e condizioni).

<sup>35</sup> Se il biogas è utilizzato per scopi energetici durante il progetto, è possibile far valere altre emissioni di gas serra prevenute, ad esempio se il progetto consente di sostituire vettori energetici fossili. La prova delle relative riduzioni delle emissioni va fornita secondo la comunicazione «Progetti e programmi di riduzione delle emissioni in Svizzera», Ciò può essere descritto sia come progetto separato sia in un progetto in combinazione con riduzioni delle emissioni di metano.

<sup>36</sup>  $GWP_{CH_4} = 25$  secondo l'allegato 1 dell'ordinanza del 30 novembre 2012 sulla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> (ordinanza sul CO<sub>2</sub>). Per effetto dell'ossidazione, 1 tonnellata di CH<sub>4</sub> produce 2,75 tonnellate di CO<sub>2</sub>, il cui potenziale di gas serra (per definizione 2,75) deve essere dedotto dal potenziale di gas serra del metano, dato che è computabile solo la differenza. Il fatto che il carbonio sia di origine biogenica è irrilevante.

<sup>37</sup> Secondo la comunicazione «Progetti e programmi di riduzione delle emissioni in Svizzera», allegato A3, per le emissioni di CO<sub>2</sub> dell'elettricità (mix di produzione svizzero) si applica un fattore di emissione di 24,2 g CO<sub>2</sub>eq/kWh.

<sup>38</sup> Queste emissioni hanno un ruolo soprattutto se per ossidare il gas di bassa qualità sono necessari combustibili supplementari.

l'aerobizzazione accelera la degradazione di modo che viene trasformato più carbonio<sup>39</sup>. Questa degradazione accelerata mediante l'aerobizzazione attiva può essere stimata in due tappe. Nella prima tappa, la quantità di metano formatasi è determinata analogamente al capitolo 4.2.2 in base al modello «First Order Decay» (FOD). Nella seconda tappa si tiene conto del fatto che per effetto dell'aerobizzazione attiva il carbonio organico presente è degradato più rapidamente.

#### Tappa 1

Nella prima tappa è determinata la formazione di metano in base al modello FOD (cfr. formula 2):

$$FOD_{CH_4,y} = \frac{16}{12} * F * DOC_f * MCF \sum_{x=EJ}^y \sum_j A_{j,x} * DOC_j * e^{-k_j(y-x)} * (1 - e^{-k_j})$$

#### Tappa 2

La determinazione *ex ante* della degradazione accelerata del carbonio organico è soggetta a grande incertezza. In linea di massima, il proprietario del progetto è libero di stimare questo valore in base a valori empirici. È tuttavia nel suo interesse che tale stima sia il più esatta possibile. La seguente formula offre una possibilità di stima mediante calcolo:

$$Dep_{CH_4,y} = \sum_{x=(y-1)CF+1}^{y*SF} FOD_{CH_4,FOD,x} \quad (5)$$

dove:

$Dep_{CH_4,y}$  quantità di metano del carbonio organico degradabile in condizioni anaerobiche nell'anno y (t CH<sub>4</sub>);

$CF$  fattore di compressione;

$FOD_{CH_4,FOD,y}$  quantità di metano prodotta nella discarica in condizioni anaerobiche nell'anno x calcolata con una formula «First Order Decay» (t CH<sub>4</sub>).

In base alla formula (5), le emissioni che sarebbero state prodotte senza l'aerobizzazione attiva in base al modello FOD in CF anni sono ora aspirate in un anno.

## 5.2.2 Misurazione *ex post* delle riduzioni delle emissioni

Le riduzioni delle emissioni sono determinate *ex post* come segue:

$$ER_{y,aerobizzazione}^{ex\ post} = (FE - OX) * GWP_{CH_4}^{eff} * V_{DG,y} * c_{CH_4} * D_{CH_4} + (1 - OX) * GWP_{CH_4}^{eff} * Aerob_{CH_4} - PE_{CO_2,fossile,y} - PE_{CO_2,elettricità,y} \quad (6)$$

dove:

$ER_{y,aerobizzazione}^{ex\ post}$  riduzioni delle emissioni computabili, determinate *ex post* in base alle emissioni misurate in caso di aerobizzazione attiva con eventuale trattamento del gas di bassa qualità nell'anno y (t CO<sub>2</sub>eq);

$Aerob_{CH_4}$  emissioni di metano evitate per effetto dell'ossidazione nel corpo della discarica in condizioni aerobiche di carbonio degradabile in condizioni anaerobiche (t CH<sub>4</sub>)<sup>40</sup>;

<sup>39</sup> Gli esperti concordano nel sostenere che l'aerobizzazione comporta la degradazione di una parte del carbonio che in condizioni anaerobiche non si degraderebbe. Non vi sono tuttavia conoscenze scientifiche sufficienti per quantificare l'entità di questo effetto. Per questo motivo, di norma l'effetto non è quantificato. L'UFAM si riserva di introdurre un fattore corrispondente a questo effetto non appena saranno disponibili sufficienti conoscenze scientifiche fondate.

<sup>40</sup> Gli esperti concordano nel sostenere che l'aerobizzazione comporta la degradazione di una parte del carbonio che in condizioni anaerobiche non si degraderebbe. Non vi sono tuttavia conoscenze scientifiche sufficienti per quantificare l'entità di questo effetto che, pertanto, non viene considerato nella formula. L'UFAM si riserva di introdurre un fattore corrispondente a questo effetto non appena saranno disponibili sufficienti conoscenze scientifiche fondate.

$OX$	fattore di ossidazione;
$GWP_{CH_4}^{eff}$	potenziale di gas serra effettivo del metano (22,25 t CO <sub>2</sub> eq/t CH <sub>4</sub> );
$V_{DG,y}$	portata del biogas misurata prima della combustione nell'anno y (Nm <sup>3</sup> );
$c_{CH_4}$	tenore di metano nel biogas (% vol.);
$D_{CH_4}$	densità del metano in condizioni standard (0,0007202 t CH <sub>4</sub> /Nm <sup>3</sup> );
$FE$	efficienza della torcia. FE = 0 se non vi alcun trattamento del gas di bassa qualità;
$PE_{CO_2,Fossil,y}$	emissioni di CO <sub>2</sub> causate dall'uso di combustibili fossili nell'anno y (t CO <sub>2</sub> eq) <sup>41</sup> ;
$PE_{CO_2,Strom,y}$	emissioni di CO <sub>2</sub> causate dal consumo di elettricità del progetto nell'anno y (t CO <sub>2</sub> eq) <sup>42</sup> .

Siccome un'ipotesi di base per la formula è che il rapporto  $F_o$  esistente prima dell'avvio dell'aerobizzazione resti costante, il termine relativo all'aerobizzazione ( $Aerob_{CH_4}$ ), ossia il computo del metano «evitato», è ammesso solo per i primi sette anni di credito.

### Commenti sulla derivazione della formula (6)

Il confronto tra le formule (4) e (6) mostra quanto segue:

$$1. (1 - AF) * SE * Dep_{CH_4,y} = V_{DG,y} * c_{CH_4} * D_{CH_4}$$

La quantità di metano fornita alla torcia è stimata *ex ante* con il termine a sinistra. Questa quantità può essere misurata direttamente *ex post* con il termine a destra.

$$2. AF * Dep_{CH_4,y} = Aerob_{CH_4}$$

La quantità aerobizzata attivamente è stimata *ex ante* con il termine a sinistra. Questa quantità può essere misurata *ex post* con il termine a destra.

### Determinazione di $Aerob_{CH_4}$

Per effetto dell'aerobizzazione attiva nel corpo della discarica il carbonio è trasformato in CO<sub>2</sub> invece che in CH<sub>4</sub>. Di conseguenza è prodotto più CO<sub>2</sub> e meno CH<sub>4</sub> che in condizioni anaerobiche. Le emissioni di metano evitate grazie all'aerobizzazione sono determinate in base al rapporto tra il CH<sub>4</sub> e il CO<sub>2</sub> misurato nel gas aspirato come segue:

nella fase anaerobica stabile (detta anche fase metanigena stabile o fase stabile, cfr. Figura 1), il biogas è composto dal biogas nativo, cioè il gas prodotto dai microrganismi nella discarica in condizioni anaerobiche. Per i calcoli, conformemente alle prescrizioni IPCC, si parte dall'ipotesi che nella fase metanigena stabile questo gas è composto dal 50% vol. di CH<sub>4</sub> e dal 50% vol. di CO<sub>2</sub>. Come illustrato nella Figura 1, il rapporto tra il CH<sub>4</sub> e il CO<sub>2</sub> resta analogo anche nella fase della prima insufflazione di aria, mentre nella fase dell'anidride carbonica e dell'aria il CO<sub>2</sub> prevale nettamente<sup>43</sup>. A causa dell'aria aspirata nel corpo della discarica durante l'aerobizzazione è possibile che all'entrata della torcia il biogas non sia più composto esclusivamente da CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub>, bensì anche da componenti dell'aria. Per questo motivo, per utilizzare il presente metodo occorre misurare la concentrazione di CH<sub>4</sub> e di CO<sub>2</sub> allo scopo di determinare il rapporto tra i due gas e, di conseguenza, le emissioni di metano evitate per effetto dell'aerobizzazione. Se il valore calcolato è negativo, le emissioni evitate sono pari a zero. La procedura di derivazione della relativa formula è spiegata sotto.

<sup>41</sup> Queste emissioni hanno un ruolo soprattutto se per ossidare il gas di bassa qualità sono necessari combustibili supplementari.

<sup>42</sup> Secondo l'allegato A3 della comunicazione «Progetti e programmi di riduzione delle emissioni in Svizzera», per le emissioni di CO<sub>2</sub> dell'elettricità (mix di produzione svizzero) si applica un fattore di emissione di 24,2 g CO<sub>2</sub>eq/kWh.

<sup>43</sup> Nella fase stabile, il valore IPCC utilizzato nel metodo standard può essere considerato adeguatamente prudenziale, mentre per le discariche che hanno superato questa fase porta a una leggera sopravvalutazione delle riduzioni delle emissioni. Questa sopravvalutazione svolge tuttavia un ruolo relativamente secondario a causa della produzione relativamente esigua di gas in questa fase.

$$Aerob_{CH_4} = MAX \left\{ V_{DG,y} * \frac{16}{12} * \left[ F * \left( c_{CO_2} * \frac{12}{44} * D_{CO_2} \right) - (1 - F) * \left( c_{CH_4} * \frac{12}{16} * D_{CH_4} \right) \right] ; 0 \right\} \quad (7)$$

dove:

$Aerob_{CH_4}$	emissioni di metano evitate per effetto dell'ossidazione in condizioni aerobiche nel corpo della discarica di carbonio degradabile in condizioni anaerobiche (t CH <sub>4</sub> );
$V_{DG,y}$	portata del biogas misurata prima della combustione nell'anno y (Nm <sup>3</sup> );
$\frac{16}{12}$	rapporto massa molecolare CH <sub>4</sub> / C;
$c_{CO_2}$	concentrazione di anidride carbonica in $V_{DG,y}$ (% vol.);
$\frac{12}{44}$	rapporto massa molecolare C / CO <sub>2</sub> ;
$D_{CO_2}$	densità del carbonio in condizioni standard (0,001976 t CO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup> );
$F$	frazione di metano nella miscela metano/anidride carbonica nel biogas prima dell'inizio del progetto. Questo valore è fornito dalla Figura 6.
$c_{CH_4}$	concentrazione di metano in $V_{DG,y}$ (% vol.);
$\frac{12}{16}$	rapporto massa molecolare C / CH <sub>4</sub> ;
$D_{CH_4}$	densità del metano in condizioni standard (0,0007202 t CH <sub>4</sub> /Nm <sup>3</sup> ).

### Commenti sulla derivazione della formula (7)

Di seguito è rappresentata schematicamente e spiegata la formula (7). A tal fine è utile utilizzare i seguenti termini, illustrati nella Figura 8:

- **CO<sub>2</sub> anaerobico (A):** quantità di CO<sub>2</sub> che si formerebbe anche in condizioni anaerobiche;
- **CO<sub>2</sub> aerobico (B):** quantità di CO<sub>2</sub> supplementare, formatosi per effetto dell'aerobizzazione attiva. Questa quantità corrisponde a  $Aerob_{CH_4}$ ;
- **CH<sub>4</sub> misurato (C):** quantità di metano che si forma malgrado l'aerobizzazione attiva;
- **CH<sub>4</sub> anaerobico (C<sub>o</sub>):** quantità di metano che si forma in condizioni anaerobiche prima dell'aerobizzazione attiva;
- **biogas residuo (D):** quantità di componenti non contenenti carbonio che si forma prevalentemente per effetto dell'aspirazione eccessiva.

Di conseguenza, per effetto dell'aerobizzazione attiva la quantità di metano che si sarebbe formata in condizioni anaerobiche si suddivide in CH<sub>4</sub> misurato (C) e CO<sub>2</sub> aerobico (B).

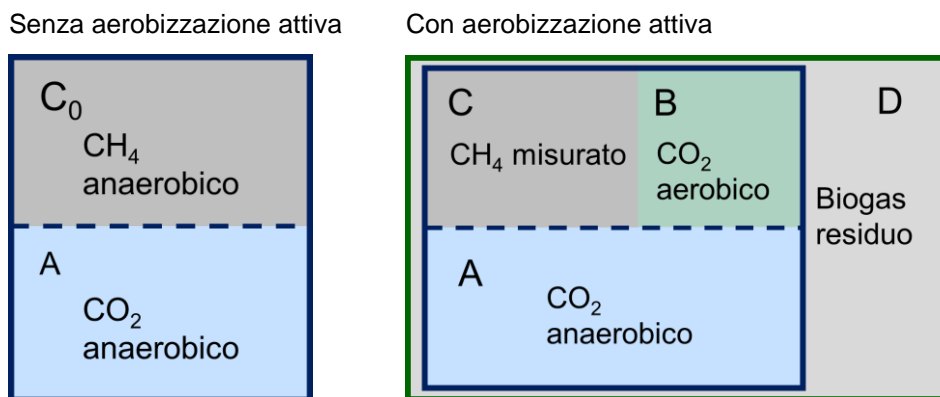


Figura 8: Schema delle componenti del biogas senza aerobizzazione (a sinistra) e in caso di aerobizzazione attiva (a destra). In condizioni anaerobiche  $B = 0$  e  $F_0 = \frac{C_0}{C_0 + A}$ . Per una spiegazione dei termini cfr. il testo.

La Figura 8 mostra le componenti del biogas. Il riquadro blu rappresenta le componenti contenenti carbonio. Il riquadro verde rappresenta la quantità totale di gas aspirato nell'ambito dell'aerobizzazione attiva, comprese le componenti non contenenti carbonio, come ad esempio l'azoto.

Per definizione  $F = \frac{\% \text{ vol.}(CH_4)}{\% \text{ vol.}(CH_4) + \% \text{ vol.}(CO_2)}$ .

Per effetto dell'aerobizzazione attiva questo rapporto si modifica per l'aumento dell'anidride carbonica.

Di conseguenza:  $\frac{\% \text{ vol.}(CH_4, \text{aerazione attiva})}{\% \text{ vol.}(CH_4, \text{aerazione attiva}) + \% \text{ vol.}(CO_2, \text{aerazione attiva})} < 0,5$ .

Per semplificare, per il calcolo delle riduzioni delle emissioni computabili per effetto dell'aerobizzazione attiva si parte dal presupposto che senza l'aerobizzazione il rapporto  $F_0$  (= valore misurato prima dell'inizio dell'aerobizzazione) sarebbe rimasto costante e, di conseguenza, sarebbe rimasta costante anche la quantità A di  $CO_2$  anaerobico prodotto («fase metanigena stabile»). Si ha quindi  $F_0 = \frac{C_0}{C_0 + A} = \frac{C(t) + B(t)}{C(t) + B(t) + A}$  anche per la concentrazione di metano misurabile C(t), che varia nel corso dell'aerobizzazione. Il contributo B(t), « $CO_2$  aerobico», non può essere misurato direttamente, ma può essere calcolato in base a questa formula (cfr. sotto). Il  $CO_2$  totale misurato è composto da B(t) e A.

La concentrazione di metano misurabile, campo C = C(t), corrisponde al termine  $c_{CH_4} * \frac{12}{16} * D_{CH_4}$  nella formula (7) e l'anidride carbonica totale, campi A+B, corrisponde al termine  $c_{CO_2} * \frac{12}{44} * D_{CO_2}$ . Partendo dalle concentrazioni di metano e di anidride carbonica misurate è così possibile determinare il «metano evitato» computabile supplementare con la seguente procedura, che rispecchia la formula (7):

1. determinare A+B+C, ossia la quantità totale di  $CO_2$  e  $CH_4$ ;
2. moltiplicare questa quantità totale per il fattore  $F_0$  allo scopo di ottenere B+C  
(poiché  $F_0 = \frac{C_0}{C_0 + A} = \frac{C(t) + B(t)}{C(t) + B(t) + A}$ );
3. sottrarre C, ossia il  $CH_4$  misurato: di conseguenza  $B = (A+B+C) * F_0 - C$ ;
4. tornando alle grandezze misurabili si ottiene:  
 $(c_{CO_2} * \frac{12}{44} * D_{CO_2} + c_{CH_4} * \frac{12}{16} * D_{CH_4}) * F_0 - c_{CH_4} * \frac{12}{16} * D_{CH_4}$ ;
5. mediante trasformazione si ottiene la parentesi quadra nella formula (7);
6. il fattore  $V_{DG,y} * \frac{16}{12}$  trasforma le quantità di carbonio nella portata in t  $CH_4$ .

Il campo D è irrilevante ai fini della formula (7): in altre parole, la formula è valida anche nei casi in cui una percentuale significativa del biogas non è composta da metano o anidride carbonica.

Siccome un'ipotesi di base per la formula è che il rapporto  $F_0$  esistente prima dell'avvio dell'aerobizzazione resti costante, il termine relativo all'aerobizzazione ( $Aerob_{CH_4}$ ), ossia il computo del metano «evitato», è ammesso solo per i primi sette anni di credito.



### 5.3 Addizionalità

Per la determinazione dell'addizionalità si rimanda alla comunicazione «Progetti e programmi di riduzione delle emissioni in Svizzera». In generale occorre fornire, mediante un'analisi dell'economicità, la prova che il progetto non è redditizio e che di conseguenza senza un provento dagli attestati non sarebbe attuato. In assenza di proventi dalla vendita del biogas, del metano o dell'energia prodotta è sufficiente una semplice analisi dei costi, che mostri che il progetto è meno economico di almeno uno degli scenari alternativi.

### 5.4 Monitoraggio

Il seguente elenco comprende i parametri e i fattori essenziali per comprovare le riduzioni delle emissioni secondo il presente metodo standard.

#### 5.4.1 Valori e fattori che non devono essere misurati in continuo

Dati/parametri	FE
Unità	Percentuale
Descrizione	L'efficienza della torcia descrive la frazione di metano effettivamente bruciata durante la combustione in torcia o in generale ossidata durante i procedimenti di trattamento del gas.
Valore	Si applica la procedura secondo l'UNFCCC <sup>44</sup> : 1. per default, per l'efficienza di combustione di una torcia chiusa si applica un valore del 90%; 2. i proprietari del progetto possono anche utilizzare i dati del fabbricante, se possono dimostrarne il rispetto; 3. i proprietari del progetto possono effettuare misurazioni proprie. FE = 0 se non vi è alcun trattamento del gas di bassa qualità.
Fonte dei dati	Procedura in forma semplificata in base allo strumento metodologico CDM «Project emissions from flaring».
Frequenza di misurazione	Annuale nell'ambito del monitoraggio
Garanzia della qualità	-
Commenti	L'efficienza della torcia assume rilievo sia per la stima <i>ex ante</i> sia per il calcolo <i>ex post</i> .

Dati/parametri	OX
Unità	Percentuale
Descrizione	Il fattore di ossidazione descrive la frazione di metano nel biogas ossidato (ossia trasformato in anidride carbonica) nello strato di copertura prima di essere rilasciato nell'atmosfera.
Valore	0 o 0,5
Fonte dei dati	Il fattore di ossidazione varia tra una discarica e l'altra e anche all'interno della stessa discarica, ad esempio in funzione dell'età o della stagione. I valori menzionati nella letteratura vanno da praticamente 0 a 1. Secondo i dati del rapporto «Wirksamkeit von biologischen Methanoxidationsschichten auf Deponien» <sup>45</sup> e le opinioni di esperti, nel

<sup>44</sup> Step 2 nello strumento metodologico CDM: «Project emissions from flaring» (versione 02.0.0).

<sup>45</sup> [http://www.oekobauconsult.de/Wirksamkeit\\_von\\_biologischen\\_Methanoxidationsschichten\\_mit\\_Index.pdf](http://www.oekobauconsult.de/Wirksamkeit_von_biologischen_Methanoxidationsschichten_mit_Index.pdf) (17.03.2014)

	<p>contesto svizzero per le discariche senza aerazione è giustificato un valore di 0,5.</p> <p>Per il metano che senza il progetto sarebbe aspirato mediante dispositivi di aerazione si applica <math>OX = 0</math>.</p>
Frequenza di misurazione	-
Garanzia della qualità	-
Commenti	Il fattore di ossidazione assume rilievo sia per la stima <i>ex ante</i> sia per il calcolo <i>ex post</i> . Il fattore è soggetto a un'incertezza ed è difficile da dimostrare. Per questo motivo, il presente metodo prescrive valori fissi a seconda della situazione iniziale (con o senza aerazione).

Dati/parametri	SE
Unità	Percentuale
Descrizione	L'efficienza di aspirazione descrive la percentuale del biogas captato dai pozzi di gas. La percentuale (1-SE) non è captata e fuoriesce nell'atmosfera attraverso lo strato di copertura, con il metano che viene in parte ossidato.
Valore	Stima da parte del proprietario del progetto.
Fonte dei dati	-
Frequenza di misurazione	Una sola volta per la stima <i>ex ante</i>
Garanzia della qualità	-
Commenti	<p>Questo valore assume rilievo solo per la stima <i>ex ante</i> e deve essere documentato dal proprietario del progetto in base alle condizioni della discarica.</p> <p>Il valore dipende molto dal genere di discarica (piana, in rilevato, in cavità) e dalla sistemazione; a grandi linee l'efficienza di aspirazione è compresa tra il 30 e il 70%.</p>

Dati/parametri	$GWP_{CH_4}^{eff}$
Unità	t CO <sub>2</sub> eq/t CH <sub>4</sub>
Descrizione	Potenziale di gas serra effettivo del metano.
Valore	22,25
Fonte dei dati	<p><math>GWP_{CH_4} = 25</math> secondo l'ordinanza del 30 novembre 2012 sulla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> (ordinanza sul CO<sub>2</sub>), allegato 1.</p> <p>Per effetto dell'ossidazione, 1 tonnellata di CH<sub>4</sub> produce 2,75 tonnellate di CO<sub>2</sub>. Il cui potenziale di gas serra (per definizione 2,75) deve essere dedotto dal potenziale di gas serra del metano, dato che è computabile solo la differenza. Il fatto che il carbonio sia di origine biogenica è irrilevante.</p>
Frequenza di misurazione	-
Garanzia della qualità	-
Commenti	Per il $GWP_{CH_4}$ è determinante il valore dell'ordinanza sul CO <sub>2</sub> vigente, anche se nuove conoscenze scientifiche indicano un altro valore.

Dati/parametri	$D_{CO_2}$
Unità	t CO <sub>2</sub> /Nm <sup>3</sup>
Descrizione	Densità del carbonio in condizioni standard.
Valore	0,001976
Fonte dei dati	Special Report on CCS, Annex I: Properties of CO <sub>2</sub> and carbon-based fuels: <a href="http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_annex1.pdf">http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_annex1.pdf</a> (24.03.2014)
Frequenza di misurazione	-
Garanzia della qualità	-
Commenti	La densità del carbonio assume rilievo solo per il calcolo <i>ex post</i> .
Dati/parametri	$D_{CH_4}$
Unità	t CH <sub>4</sub> /Nm <sup>3</sup>
Descrizione	Densità del metano in condizioni standard.
Valore	0,0007202
Fonte dei dati	$D_{CO_2} \cdot \frac{16.04}{44.01}$ Masse molari secondo <a href="http://www.dguv.de/dguv/ifa/Gefahrstoffdatenbanken/GESTIS-Stoffdatenbank/index.jsp">http://www.dguv.de/dguv/ifa/Gefahrstoffdatenbanken/GESTIS-Stoffdatenbank/index.jsp</a> (24.03.2014)
Frequenza di misurazione	-
Garanzia della qualità	-
Commenti	La densità del metano assume rilievo solo per il calcolo <i>ex post</i> .
Dati/parametri	AF
Unità	Percentuale
Descrizione	Per effetto dell'aerobizzazione una parte del carbonio nei rifiuti non è trasformata in metano, bensì ossidata ad anidride carbonica. La frazione aerobizzata corrisponde quindi alla frazione di metano la cui formazione è stata prevenuta grazie all'aerobizzazione attiva. La frazione (1-AF) si forma malgrado l'aerobizzazione attiva.
Valore	Stima da parte del proprietario del progetto.
Fonte dei dati	-
Frequenza di misurazione	Una sola volta per la stima <i>ex ante</i>
Garanzia della qualità	-
Commenti	Questo valore assume rilievo solo per la stima <i>ex ante</i> e deve essere documentato dal proprietario del progetto in base alle caratteristiche della discarica.

Dati/parametri	CF
Unità	-
Descrizione	Il fattore di compressione rappresenta il numero di anni in cui le emissioni in base al modello FOD sono prevenute grazie all'aerobizzazione attiva in un anno.
Valore	Stima da parte del proprietario del progetto.
Fonte dei dati	-
Frequenza di misurazione	Una sola volta per la stima <i>ex ante</i>
Garanzia della qualità	-
Commenti	Questo valore assume rilievo solo per la stima <i>ex ante</i> ed è una possibilità per stimare l'accelerazione per effetto dell'aerobizzazione attiva.

#### 5.4.2 Valori da misurare

Alle misurazioni e alle indicazioni concernenti la garanzia della qualità e la calibrazione degli strumenti di misura si applicano le raccomandazioni generali della comunicazione «Progetti e programmi di riduzione delle emissioni in Svizzera». Per i valori misurati in continuo occorre stabilire come sono registrati e/o salvati i dati (p. es. intervallo di tempo per la formazione di una media). Le concentrazioni e la portata devono essere registrati simultaneamente.

Dati/parametri	F
Unità	Percentuale
Descrizione	Frazione di metano nella miscela metano/anidride carbonica.
Valore	In base all'albero decisionale nella Figura 6. Scenario 1: 0,05 (valore IPCC per il biogas nativo) Scenari 2 e 3: F deve essere misurato una volta prima dell'inizio del progetto ( $F_0$ )
Fonte dei dati	Misurazione da parte del gestore della discarica, del servizio di monitoraggio o di un esperto.
Frequenza di misurazione	Una sola volta prima dell'inizio del progetto (per gli scenari 2 e 3)
Garanzia della qualità	-
Commenti	Se il valore di F risultante dalle misurazioni precedenti del CH <sub>4</sub> e del CO <sub>2</sub> non è plausibile e rappresentativo, esso va determinato mediante una campagna di misurazione prima dell'inizio del progetto, rispecchiando il più possibile la situazione senza progetto (p. es. portata).

Dati/parametri	$PE_{CO_2, elettricità, y}$
Unità	t CO <sub>2</sub> eq
Descrizione	Emissioni di CO <sub>2</sub> causate dal consumo di elettricità del progetto nell'anno y.
Valore	Calcolo in base al consumo di elettricità misurato e al fattore di emissione dell'elettricità usata.

Fonte dei dati	Misurazione del consumo di elettricità; applicazione del fattore di emissione effettivo dell'elettricità fornita; se il valore non è noto è possibile utilizzare il fattore di emissione di CO <sub>2</sub> del mix di produzione svizzero: 24,2 g CO <sub>2</sub> eq/kWh (secondo l'allegato A3 della comunicazione «Progetti e programmi di riduzione delle emissioni in Svizzera»).
Frequenza di misurazione	Continua
Garanzia della qualità	Calibrazione secondo i dati del fabbricante.
Commenti	-

Dati/parametri	$PE_{CO_2, fossile, y}$
Unità	t CO <sub>2</sub> eq
Descrizione	Emissioni di CO <sub>2</sub> causate dall'uso di combustibili fossili nell'anno y.
Valore	Calcolo in base al consumo di vettori energetici fossili e al relativo fattore di emissione.
Fonte dei dati	Misurazione del consumo di vettori energetici fossili; fattori di emissione cfr. comunicazione «Progetti e programmi di riduzione delle emissioni in Svizzera», allegato A3.
Frequenza di misurazione	Continua o mensile
Garanzia della qualità	-
Commenti	Queste emissioni svolgono un ruolo soprattutto se per ossidare il gas di bassa qualità sono necessari combustibili supplementari.

Dati/parametri	$V_{DG, y}$
Unità	Nm <sup>3</sup>
Descrizione	Portata del biogas misurata prima della combustione nell'anno y.
Valore	Misurazione da parte del proprietario del progetto.
Fonte dei dati	Flussimetro
Frequenza di misurazione	Continua
Garanzia della qualità	Calibrazione e frequenza di misurazione secondo i dati del fabbricante.
Commenti	La portata è una grandezza fondamentale per determinare le riduzioni delle emissioni: per questo motivo è importante che sia rilevata correttamente. Lo strumento di misura impiegato deve essere adatto alla portata media attesa (tratto/luogo di misurazione). Ciò va verificato mediante controlli esterni periodici. La portata deve essere misurata secondo le prescrizioni dello strumento metodologico «Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream»: <a href="http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-08-v1.pdf/history_view">http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-08-v1.pdf/history_view</a>

Dati/parametri	$c_{CH_4}$
Unità	% vol.
Descrizione	Tenore di metano nel biogas.
Valore	Misurazione da parte del proprietario del progetto.
Fonte dei dati	Analizzatore di metano
Frequenza di misurazione	Continua
Garanzia della qualità	Calibrazione e frequenza di calibrazione secondo i dati del fabbricante.
Commenti	Questo valore deve essere misurato secondo le prescrizioni dello strumento metodologico «Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream».

Dati/parametri	$c_{CO_2}$
Unità	% vol.
Descrizione	Tenore di anidride carbonica nel biogas.
Valore	Misurazione da parte del proprietario del progetto.
Fonte dei dati	Sensore di misura
Frequenza di misurazione	Continua
Garanzia della qualità	Calibrazione e frequenza di misurazione secondo i dati del fabbricante.
Commenti	Questo valore deve essere misurato secondo le prescrizioni dello strumento metodologico «Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream»: <a href="http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-08-v1.pdf/history_view">http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-08-v1.pdf/history_view</a> Le misurazioni vanno verificate mediante controlli esterni periodici.

## Lista delle modifiche

Data	Versione	Modifica
Aprile 2015	2	Figura 1: correzione legenda Precisazione dei commenti sulla formula (7)