

INDICE

| | | |
|-------------------------------------|---|----|
| | PREMESSA | 1 |
| | INTRODUZIONE | 2 |
| 1 | SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE | 2 |
| 2 | RIFERIMENTI NORMATIVI | 3 |
| 3 | TERMINI, DEFINIZIONI, SIMBOLI E ABBREVIAZIONI | 3 |
| 3.1 | Termini e definizioni..... | 3 |
| 3.2 | Simboli e abbreviazioni..... | 5 |
| 4 | PRINCIPIO | 6 |
| 4.1 | Metodo A - Indice di Respirazione Dinamico Potenziale (IRDP)..... | 6 |
| 4.2 | Metodo B - Indice di Respirazione Dinamico Reale (IRDR)..... | 6 |
| 5 | INTERFERENZE | 6 |
| 6 | CAMPIONAMENTO E CONSERVAZIONE DEL CAMPIONE | 7 |
| 7 | APPARECCHIATURA | 7 |
| 7.1 | Sintesi dei requisiti tecnici dell'apparecchiatura utilizzata..... | 7 |
| 7.2 | Geometria del reattore..... | 7 |
| 7.3 | Adiabaticità del reattore..... | 7 |
| 7.4 | Tenuta del reattore..... | 8 |
| 7.5 | Sensore di ossigeno..... | 8 |
| 7.6 | Sensori di temperatura..... | 8 |
| 7.7 | Regolazione e misurazione della portata..... | 8 |
| 7.8 | Sistema di acquisizione dati..... | 8 |
| 7.9 | Sistema di condensazione..... | 9 |
| 7.10 | Verifica periodica delle caratteristiche di prestazione metrologica dell'apparecchiatura..... | 9 |
| 8 | PROCEDIMENTO | 10 |
| 8.1 | Caratterizzazione preliminare del campione..... | 10 |
| 8.2 | Determinazione della CIM..... | 10 |
| 8.3 | Determinazione della densità apparente..... | 11 |
| 8.4 | Normalizzazione della densità apparente..... | 11 |
| 8.5 | Normalizzazione del contenuto di acqua del campione..... | 11 |
| 8.6 | Avvio della prova respirometrica..... | 12 |
| 9 | CALCOLO | 13 |
| 9.1 | Metodo A (calcolo dell'IRDP)..... | 13 |
| 9.2 | Metodo B (calcolo dell'IRDR)..... | 14 |
| 10 | ESPRESSIONE DEI RISULTATI | 14 |
| 10.1 | Metodo A..... | 14 |
| 10.2 | Metodo B..... | 14 |
| 11 | RAPPORTO DI PROVA | 15 |
| APPENDICE A (informativa) | ANDAMENTO DELL'IRD E DURATA DELLA PROVA | 16 |

| | | | |
|-----------------------------------|----------|--|----|
| APPENDICE (informativa) | B | POSSIBILI INTERFERENZE ED INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI | 17 |
| B.1 | | Generalità | 17 |
| B.2 | | Materiale strutturante | 17 |
| B.3 | | Campioni derivanti da trattamenti anaerobici | 17 |
| B.4 | | Campioni con alto pH | 17 |
| B.5 | | Difficoltà di circolazione dell'aria | 17 |
| B.6 | | Prolungata fase di latenza | 17 |
| B.7 | | Difficoltà determinazione Solidi Volatili | 18 |
| B.8 | | Interpretazione dei risultati della prova | 18 |
| APPENDICE (informativa) | C | CONFRONTO TRA DIFFERENTI METODI PER LA DETERMINAZIONE DELLA STABILITÀ BIOLOGICA | 19 |
| APPENDICE (informativa) | D | ESEMPIO DI PIASTRA DI DIFFUSIONE ARIA IN INGRESSO | 20 |
| APPENDICE (normativa) | E | PROVE DI VERIFICA DELL'ISOLAMENTO TERMICO DEL REATTORE | 21 |
| APPENDICE (normativa) | F | VERIFICA DEI REQUISITI TECNICI DEL SENSORE DI OSSIGENO | 22 |
| F.1 | | Generalità | 22 |
| F.2 | | Tempo di risposta | 22 |
| F.3 | | Linearità | 22 |
| F.4 | | Deriva di zero e di span | 23 |
| F.5 | | Sensibilità nei confronti dell'interferente CO ₂ | 23 |
| APPENDICE (normativa) | G | VERIFICA DEI REQUISITI TECNICI DEL SISTEMA DI CONDENSAZIONE | 24 |
| | | BIBLIOGRAFIA | 25 |

PREMESSA

Di seguito vengono riportate le principali modifiche della presente edizione del documento rispetto all'edizione precedente, con specifica della tipologia di modifica. Modifiche tecniche sono modifiche maggiori con impatto sull'apparecchiatura e/o sulle attuali procedure per eseguire la prova respirometrica.

Prospetto 1 - Principali modifiche rispetto all'edizione precedente del documento

| Punto | Tipo modifica | Riassunto modifiche |
|-----------------------|------------------|---|
| Titolo / Introduzione | Generale | Rivista ed espansa introduzione; modificato titolo per meglio rispecchiare le applicazioni della norma. |
| 1 | Generale | Rivisto ed aggiornato per maggiore chiarezza. Rimosso ed unificato punto su campo di applicazione non più necessario (ex punto 4). |
| 2 | Generale | Rimosse norme obsolete, rivisto per maggiore chiarezza. |
| 3 | Generale | Riviste definizioni per maggiore chiarezza, aggiunte abbreviazioni; riviste e uniformate unità di misura. |
| 4 | Generale | Espanso e rivisto, chiarendo che per il calcolo di IRDR è inclusa la normalizzazione della densità apparente e la riduzione di pezzature maggiori di 30mm come per IRDP, mentre non è inclusa la sola normalizzazione del contenuto di acqua. |
| 5 | Generale | Nuovo punto informativo su possibili interferenze di misura per una migliore gestione della prova respirometrica. |
| 6 | Generale | Aggiornato riferimento normativo a UNI 10802. |
| 7 | Tecnica | Rivisti ampiamente i requisiti tecnici dell'apparecchiatura. Aggiunti controlli periodici. Rivisto schema apparecchiatura. |
| 8 | Generale/Tecnica | Rivisto ed unificato all' ex punto 9 per avere tutto il procedimento della prova, dalla caratterizzazione all'esecuzione vera e propria della prova respirometrica, in un unico punto. Rivisti ed aggiornati riferimenti normativi. Specificato con più chiarezza la possibilità di normalizzare la densità apparente e di ridurre pezzature maggiori di 30mm sia per calcolo di IRDR che per calcolo di IRDP. Modifiche tecniche sulla temperatura da utilizzare per la prova, sulla durata complessiva, sulla procedura di regolazione della portata. Specificato con più chiarezza tempi e condizioni di immersione e sgocciolamento per determinazione della CIM. |
| 9 | Tecnica | Modificata formula di calcolo: rispetto alla precedente revisione si considera normalizzata la portata Q e si utilizza il volume di gas in condizioni normali VgOK anziché quello in condizioni ambientali Vgi. Le due formulazioni sono equivalenti se si considerano i termini di normalizzazione in pressione e temperatura. Introdotto fattore di conversione 10 per passare da %vol. a mL x L ⁻¹ . Introdotto concetto di media mobile per maggiore precisione nell'identificazione del valore finale di IRD. Rettificato errore in formula (3). |
| 10 | Tecnica | Definito con maggiore chiarezza quando è possibile utilizzare i ST al posto dei SV nel denominatore della formula di calcolo. |
| 12 | Tecnica | Aggiunto nel rapporto di prova la specifica di eventuali trattamenti eseguiti sul campione e dei suoi parametri chimico-fisici. |
| Appendice A | Generale | Modifiche minori, spostato testo normativo sulla durata della prova nel corpo principale. |
| Appendice B | Generale | Espanso con elenco di possibili trattamenti da applicare in caso di interferenze indicate nel punto 5. |
| Appendice C | Generale | Rimossa in vista di nuovi test di validazione. |
| Appendice D | Generale | Aggiunta con disegno di piastra di diffusione. |
| Appendice E | Tecnica | Aggiunta con informazioni relative ai requisiti tecnici sull'isolamento termico del reattore. |
| Appendice F | Tecnica | Aggiunta con informazioni relative ai requisiti tecnici sul sensore di ossigeno dell'apparecchiatura. |
| Appendice G | Tecnica | Aggiunta con informazioni relative ai requisiti tecnici sul sistema di condensazione dell'apparecchiatura. |

INTRODUZIONE

La stabilità biologica è di grande importanza nella gestione dei materiali contenenti sostanza organica (per esempio rifiuti urbani, fanghi di depurazione, combustibili solidi secondari, compost) perché il grado di stabilità influenza fortemente la movimentazione di tali materiali fornendo indicazioni sull'efficacia dei successivi trattamenti, tra cui l'effettiva accettabilità in discarica, il possibile riutilizzo a fini ambientali e i rischi di sviluppo di cattivi odori (non potendo comunque le misurazioni di stabilità essere considerate come surrogato affidabile dell'odore).

La stabilità biologica può essere ottenuta attraverso processi aerobici, generalmente indicati come processi di "stabilizzazione", ed anaerobici, generalmente indicati come processi di "digestione". I processi di stabilizzazione e/o digestione mirano all'ottenimento di composti biologicamente stabili, condizione che può essere considerata come l'opposto del concetto di biodegradabilità di una sostanza. I processi di stabilizzazione e/o digestione consentono, tra l'altro, di ottenere un certo livello di disinfezione, cioè di inattivazione di microrganismi patogeni.

Dal punto di vista chimico/fisico, la stabilità biologica è ottenuta grazie alla trasformazione della sostanza organica presente nel campione iniziale in sostanza inorganica e/o poco adatta ad ospitare i processi di ossidazione.

In ambiente aerobico, infatti, i microrganismi utilizzano quale fonte di energia e di nutrimento le sostanze organiche del substrato, consumando ossigeno ed emettendo anidride carbonica. Il metabolismo è più intenso in presenza di un maggior contenuto di composti organici con basso grado di stabilità biologica.

Il presente documento descrive dunque un metodo per la classificazione del grado di stabilità biologica ottenuta per via aerobica in rifiuti e prodotti derivati, che consiste nella determinazione dell'indice di respirazione dinamico (IRD), mediante prova respirometrica dinamica. Tale indice misura il consumo orario di ossigeno causato dai processi di ossidazione biochimica nella sostanza organica in condizione di insufflazione forzata di aria nel campione, ed è quindi strettamente collegato al metabolismo microbico.

Nota Nella ISO 19388:2023 sono elencate, insieme con una valutazione della loro fattibilità, altre metodiche disponibili per valutare il grado di stabilità della sostanza organica. Nella stessa norma sono discussi metodi in grado di fornire in tempi rapidi indicazioni, comunque utili per valutazioni preliminari o urgenti, sul grado di stabilità della sostanza organica, nonché valori tipici dei parametri analitici determinati per diverse categorie di campioni.

1

SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Il presente documento descrive il metodo per determinare il grado di stabilità biologica mediante la prova respirometrica dinamica, che misura il consumo di ossigeno nelle condizioni di insufflazione forzata di aria nel campione. Il risultato della prova è l'indice di respirazione dinamico (IRD). Il metodo si applica a materiali di origine biologica derivanti da trattamenti/processi aerobici nonché a rifiuti, rifiuti organici trattati, prodotti derivati da rifiuti e fanghi che siano o possano essere biodegradabili. La prova respirometrica dinamica intende riprodurre, in condizioni di laboratorio, un processo industriale di trattamento aerobico di sostanze organiche.

Il presente documento descrive due metodi:

- metodo A: Indice di Respirazione Dinamico Potenziale (IRDP), volto a normalizzare il contenuto di acqua del campione in modo da ottimizzare la crescita batterica. Ciò permette di confrontare il grado di stabilità biologica di sostanze organiche aventi caratteristiche chimico-fisiche iniziali differenti.
- metodo B: Indice di Respirazione Dinamico Reale (IRDRe), che esprime il grado di stabilità biologica misurato senza normalizzare il contenuto di acqua del campione. L'indice di respirazione dinamico reale non permette quindi di confrontare il grado di stabilità biologica potenziale (ossia in condizioni normalizzate) di campioni differenti.

Nota 1 Il metodo B è il medesimo riportato nella UNI EN 15590 "Combustibili Solidi secondari - Determinazione del tasso corrente di attività microbica aerobica mediante l'indice di respirazione dinamico reale".

Nota 2 Per informazioni riguardo alla valutazione ed alla gestione di eventuali criticità o interferenze nella misurazione dell'IRD riferirsi al punto 5.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

La presente norma rimanda, mediante riferimenti datati e non, a disposizioni contenute in altre pubblicazioni. Tali riferimenti normativi sono citati nei punti appropriati del testo e sono di seguito elencati. Per quanto riguarda i riferimenti datati, successive modifiche o revisioni apportate a dette pubblicazioni valgono unicamente se introdotte nella presente norma come aggiornamento o revisione. Per i riferimenti non datati vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa riferimento (compresi gli aggiornamenti).

| | |
|--------------|--|
| UNI 10802 | Rifiuti – Campionamento manuale, preparazione del campione ed analisi degli eluati |
| UNI EN 16192 | Caratterizzazione dei rifiuti – Analisi degli eluati |
| UNI EN 15934 | Fanghi, rifiuti organici trattati e suolo - Calcolo della frazione di sostanza secca dopo la determinazione del residuo secco o del contenuto di acqua |
| UNI EN 15935 | Suolo, rifiuti, biorifiuti trattati e fanghi - Determinazione della perdita al fuoco |

3 TERMINI, DEFINIZIONI, SIMBOLI E ABBREVIAZIONI

3.1 Termini e definizioni

Ai fini della presente norma si applicano i termini e le definizioni seguenti.

3.1.1 capacità idrica massima (CIM - maximal water holding capacity)

Quantità massima di acqua che il campione può ritenere in condizioni di saturazione dopo lo sgocciolamento gravitazionale dell'acqua.

3.1.2 fase di latenza (lag phase)

Intervallo di tempo necessario all'acclimatazione della flora microbica nel corso della prova respirometrica dinamica.

Nota Questa fase si considera conclusa quando la curva dell'IRD inizia ad assumere un andamento esponenziale.

3.1.3 indice di respirazione (respirometric index)

Consumo di ossigeno o produzione di anidride carbonica riferiti all'unità di massa e di tempo $[\text{mgO}_2/\text{CO}_2 \times (\text{unità di massa})^{-1} \times (\text{unità di tempo})^{-1}]$.

3.1.4 indice di respirazione dinamico (IRD - dynamic respirometric index)

Risultato della prova respirometrica dinamica che esprime il grado di stabilità biologica del campione analizzato, espresso come consumo di ossigeno nell'unità di massa e di tempo $[\text{mgO}_2 \times (\text{unità di massa})^{-1} \times (\text{unità di tempo})^{-1}]$, dove l'unità di massa è 1 kg di solidi volatili del campione e l'unità di tempo è 1 ora.

3.1.5 indice di respirazione dinamico potenziale (IRDP – potential dynamic respirometric index)

Indice di respirazione dinamico misurato previa normalizzazione del contenuto di acqua.

3.1.6 indice di respirazione dinamico potenziale riferito ai solidi totali (IRDP_{ST} – potential dynamic respirometric index referred to total solids)

Indice di respirazione dinamico potenziale dove l'unità di massa al denominatore è 1 kg di solidi totali.