

ALLEGATO Q

PARTE A

CRITERI MINIMI PER IL TRATTAMENTO BIOLOGICO DEI RIFIUTI ORGANICI PROVENIENTI DALLA RACCOLTA DIFFERENZIATA.

1 Glossario e abbreviazioni

- ACT (Active Composting Time): detta anche fase “di bioossidazione accelerata” o “termofila”, è la fase di un processo di compostaggio in cui sono più intensi e rapidi i processi degradativi a carico delle componenti organiche maggiormente fermentescibili; in questa fase si raggiungono elevate temperature e si palesa quindi la necessità di drenaggio dell'eccesso di calore dal sistema e di una elevata somministrazione di ossigeno necessario alle reazioni biochimiche;
- Capacità di trattamento di un impianto: è intesa come quantitativo massimo di rifiuti, sottoprodotti e prodotti con funzione sostitutiva dei rifiuti, che un impianto è in grado di gestire a regime in un anno. Tiene conto - ma non include - dei sovralli rivenienti dalle operazioni di raffinazione dei prodotti finali del processo di riciclaggio, riciccolati nelle sezioni di trattamento biologico;
- Compostaggio verde: processo controllato di trasformazione e stabilizzazione aerobica di rifiuti organici che possono essere costituiti da scarti di manutenzione del verde ornamentale, altri scarti agricoli o agroindustriali come sanse di oliva, residui delle colture, altri rifiuti di origine vegetale;
- Compostaggio misto: processo controllato di trasformazione e stabilizzazione aerobica di rifiuti organici che possono essere costituiti dalla frazione organica dei Rifiuti Urbani proveniente da raccolta differenziata, dal digestato da trattamento anaerobico (con esclusione di quello proveniente dal trattamento di rifiuto indifferenziato), da fanghi, da rifiuti di origine animale (compresi liquami zootecnici), da rifiuti di attività agroindustriali e da lavorazione del legno e del tessile naturale non trattati, nonché dalle matrici previste per il compostaggio verde;
- Ingestato (detto anche “influyente”): è l'insieme delle biomasse avviate a digestione anaerobica, dopo aver subito eventuali pre-trattamenti, diversificati in funzione del tipo di biomassa di partenza e di processo;
- Maturazione (o di curing): è la fase di un processo di compostaggio in cui si completano i fenomeni degradativi a carico delle molecole meno reattive ed in cui si concentrano le frazioni organiche ad

elevata complessità strutturale e recalcitranti all'attacco biologico. Sia le esigenze di drenaggio di calore che quelle di somministrazione di ossigeno al sistema sono minori rispetto alla fase ACT.

- Maturità: assenza di effetti fitotossici del compost quando somministrato alle dosi consigliate. Viene valutata con test di fitotossicità e accrescimento di laboratorio su semi e piante test o con test di stabilità biologica.
- Produzione specifica di biogas: è intesa come la produzione di biogas, espressa in Nm³, rapportata al quantitativo complessivo di rifiuti in ingresso all'impianto e destinati, previo eventuale pretrattamento, ad essere introdotti nei reattori anaerobici.
- Produzione specifica di metano: è intesa come prodotto tra la produzione specifica di biogas e la concentrazione media di metano, espressa in volume, presente nel biogas.
- Rifiuti putrescibili (o rifiuti fermentescibili): rifiuti organici che presentano una spiccata tendenza alla degradazione spontanea dovuta al contenuto di sostanze chimiche facilmente degradabili (saccaridi, grassi e proteine) e ad una elevata umidità.
- Stabilità biologica: lo stato in cui la sostanza organica sottoposta a processo di compostaggio mostra una attività biologica solo residuale. Può essere valutata mediante numerosi test di laboratorio che misurano l'attività respiratoria in condizioni standardizzate o la tendenza all'autoriscaldamento.

ACF	Ammendante Compostato misto con Fanghi
ACM	Ammendante Compostato Misto
ACV	Ammendante Compostato Verde
COD	Domanda Chimica di Ossigeno
DA	Digestione anaerobica
FORSU	Frazione Organica dei Rifiuti Urbani da Raccolta Differenziata
MC	Materiale compostabile
MNC	Materiale non compostabile
OLR	Carico Organico (Organic Loading Rate)
RBCOD	COD rapidamente biodegradabile
RD	Raccolta differenziata
RU	Rifiuto Urbano
SV	Solidi Volatili
TKN	Azoto Totale Kjeldahl
t.q.	Tal Quale

2. Trattamenti aerobici

Il trattamento aerobico finalizzato al recupero di rifiuti organici e di rifiuti recuperabili mediante compostaggio e biodegradazione selezionati, è meglio noto come processo di compostaggio. Il compostaggio interessa matrici in ingresso che spaziano dagli scarti ligno-cellulosici raccolti in purezza, ai rifiuti ad elevata fermentescibilità da utenze domestiche, commerciali, di servizio, compresi i rifiuti di manufatti in plastica biodegradabile e compostabile certificata EN 13432 o EN 14995, che riportino chiare istruzioni di conferimento nel circuito della FORSU, al digestato ottenuto dal trattamento anaerobico di rifiuti e biomasse, ai fanghi civili e agroindustriali che abbiano adeguate caratteristiche qualitative.

Il settore del compostaggio ha generato nel tempo una molteplicità di approcci tecnologici in relazione ai differenti contesti territoriali, alle diverse necessità gestionali, alle biomasse trattate. Nella complessità degli approcci possibili, è importante che le scelte progettuali e gestionali tengano conto delle condizioni poste dal quadro operativo al contorno, al fine di massimizzare l'efficacia di processo e minimizzare i disturbi ambientali.

2.1 I fondamenti del processo di compostaggio

Il processo di compostaggio è un processo aerobico ed esotermico, che è convenzionalmente suddiviso nelle due seguenti fasi:

- fase di bioossidazione accelerata (detta anche "ACT", o fase termofila), in cui sono più intensi e rapidi i processi degradativi a carico delle componenti organiche maggiormente fermentescibili; in questa fase si raggiungono elevate temperature e si palesa quindi la necessità di drenaggio dell'eccesso di calore dal sistema e di una elevata somministrazione di ossigeno necessario alle reazioni biochimiche;
- fase di maturazione (o fase di *curing*) in cui si completano i fenomeni degradativi a carico delle molecole meno reattive ed in cui si concentrano le frazioni organiche ad elevata complessità strutturale e recalcitranti all'attacco biologico. Sia le esigenze di drenaggio di calore che quelle di adduzione di ossigeno al sistema sono minori rispetto alla fase ACT.

Tale differenziazione tende a perdere di significato nel caso del compostaggio di soli materiali a matrice ligno-cellulosica ed a bassa fermentescibilità (compostaggio verde). In questo caso, la scarsa biodegradabilità dei materiali indirizza i processi biochimici verso una dinamica prolungata e rallentata, con una relativa uniformità tra le prime fasi di trasformazione e quelle successive; non sono dunque necessari approntamenti tecnologici specifici per la fase termofila, ed il compostaggio può realizzarsi sin dall'inizio attraverso dinamiche che replicano i processi degradativi naturali, finanche con ventilazione per diffusione

spontanea (coadiuvata dalla elevata porosità di tali materiali), rivoltamenti a bassa frequenza e tempi prolungati di processo.

L'evoluzione della sostanza organica nel corso del processo di compostaggio procede sia quantitativamente, con una evidente riduzione volumetrica e ponderale delle biomasse trattate, che qualitativamente, con una modificazione anche consistente delle caratteristiche chimiche della sostanza organica contenuta nel compost rispetto a quella originaria delle biomasse ad inizio trattamento.

2.2 Pre e post- trattamenti

Gli impianti sono dotati, a seconda della specifica configurazione e dello schema di flusso, di pre-trattamenti, e trattamenti intermedi finalizzati a:

- "condizionare" la natura fisica dei materiali da sottoporre al processo biologico (pre-trattamenti) o quella merceologica dei prodotti finali (post-trattamenti):
 - o pretrattamenti: triturazione/sfibratura, miscelazione/omogeneizzazione, condizionamento dell'umidità
 - o post-trattamenti: essiccamento, pellettizzazione
- separare i corpi estranei od indecomposti eventualmente presenti mediante:
 - o pretrattamenti: vagliatura dimensionale, lacerazione involucri contenenti i rifiuti organici, separazione corpi metallici
 - o post-trattamenti: raffinazione dimensionale, densimetrica, aeraulica

In alcune situazioni, trattamenti meccanici (tipicamente vagliature) vengono inseriti tra ACT e maturazione o in posizioni intermedie per ottimizzare, ad esempio, gli spazi disponibili nell'impianto, impedire un contatto prolungato tra certi corpi estranei e la biomassa e/o una usura accentuata dei macchinari (rivoltatrici, mulini, ecc.).

3. Trattamenti anaerobici

3.1 I fondamenti del processo di digestione anaerobica

La digestione anaerobica è un processo biologico, condotto in assenza di ossigeno, che porta alla riduzione della sostanza organica biodegradabile con produzione di un gas (biogas) composto essenzialmente di metano ed anidride carbonica, impiegato per la produzione di energia (elettrica o termica) o di metano (detto "biometano") per autotrazione o immissione in rete.

La digestione anaerobica genera altresì un importante flusso di materia residuante dal processo biologico -il digestato - utilizzabile direttamente in agricoltura o come ammendante dopo un opportuno post-trattamento.

4. Criteri per la caratterizzazione e l'accettabilità dei rifiuti in ingresso

4.1 Premessa

Il monitoraggio delle caratteristiche dei rifiuti ammissibili ad un impianto riveste un'importanza fondamentale per la valutazione dell'efficacia degli strumenti tecnico-gestionali adottati dal gestore dell'impianto e per l'ottimizzazione del processo.

È infatti necessario verificare qualità e coerenza delle caratteristiche dei rifiuti ammissibili con i processi e le tecnologie dell'impianto; Pertanto, i rifiuti in ingresso sono caratterizzati opportunamente mediante analisi merceologiche.

4.2 Vincoli quantitativi

In base alle caratteristiche del processo previsto, il gestore dell'impianto rispetta i seguenti vincoli quantitativi di trattamento relativi a singole categorie/tipologie di rifiuti, finalizzati ad evitare il verificarsi di anomalie nei processi:

- per impianti di compostaggio: rifiuti/materiali ad azione strutturante (comprensivo della quota di sovralli di ricircolo ai quali, ai fini del presente calcolo, viene attribuito un peso equivalente pari al 50% del loro peso effettivo) non inferiori al 30% in peso delle miscele avviate annualmente a processo
- per impianti di post compostaggio dopo la digestione anaerobica: rifiuti/materiali ad azione strutturante (comprensivo della quota di sovralli di ricircolo, con i criteri di contabilizzazione di cui al punto precedente) non inferiori al 35% in peso delle miscele provenienti dalla digestione anaerobica avviate annualmente alla fase aerobica

La qualità dei sovralli a ricircolo deve essere opportunamente monitorata e, possibilmente, condizionata, al fine di non compromettere la produzione di ammendanti conformi agli standard previsti dalla normativa.

4.3 Caratterizzazione dei rifiuti conferiti presso un impianto

Un impianto di riciclaggio di rifiuti organici pianifica i controlli sui rifiuti conferiti presso la propria struttura avvalendosi di campagne di analisi merceologiche con cadenza trimestrale, semestrale o annuale, tenendo conto delle seguenti variabili:

- il contesto di provenienza del rifiuto conferito (urbano, non urbano)
- la quantità di rifiuto conferito per ogni singolo conferitore

- le possibili variazioni qualitative e quantitative stagionali, cicliche e/o accidentali
- la quantità di rifiuto complessivamente trattata in un anno dall'impianto

Nel caso di rifiuti provenienti da conferitori caratterizzati da fluttuazioni quantitative stagionali (ad esempio, i comuni turistici), le analisi sono distribuite durante tutto l'arco dell'anno, in periodi diversi e distanziati nel tempo, per poter realizzare un monitoraggio più accurato e rappresentativo.

Nel caso di comuni che effettuano diversi conferimenti in base alle zone di raccolta, ai quartieri, ecc..., sono programmate più analisi merceologiche in modo da avere una valutazione di tutte le singole zone di raccolta.

Per i conferimenti di rifiuto che non presentano significative variazioni stagionali, sono comunque effettuate più analisi annuali, distanziate nel tempo, in modo da poter apprezzare eventuali fluttuazioni fisiologiche della composizione del rifiuto.

Le frazioni da sottoporre ad analisi sono esclusivamente quelle provenienti dai nuclei domestici e simili in quanto possono essere potenzialmente contaminate da materiali non compostabili. Le frazioni differenziate provenienti da circuiti che assicurano una elevata purezza non necessitano di caratterizzazioni.

Nella programmazione di un piano di analisi merceologiche sul rifiuto organico conferito presso un impianto, si procede secondo uno dei seguenti criteri:

1. stabilendo un numero di campagne di analisi proporzionale ai quantitativi (di quei rifiuti che possono contenere materiali non compostabili) trattati annualmente dall'impianto (vedi [Tabella 1](#));
2. individuando un campione di conferitori su cui svolgere un numero di analisi proporzionali ai quantitativi conferiti annualmente da ciascuno presso l'impianto (vedi [Tabella 2](#)); i conferitori vengono scelti sulla base della quantità dei rifiuti conferiti, fino a coprire almeno il 50% dei conferimenti annuali totali
3. scegliendo un campione di conferitori rappresentativi da monitorare, e procedendo con analisi merceologiche degli stessi con verifiche a cadenza trimestrale.

In ogni caso il numero di campioni non è inferiore alle quantità fissate nelle tabelle 1 e 2.

Tabella 1–numero minimo di analisi merceologiche da effettuare sui conferitori in base alle quantità trattate

Totale annuo CER 200108 trattato (t/a)	< 10.000 (t/a)	10.000 ÷ 100.000 (t/a)	> 100.000 (t/a)
numero minimo di analisi annuali	tonnellate annue trattate / 1.000	tonnellate annue trattate / 1.500	tonnellate annue trattate / 2.000
n° di campagne annuali in cui ripartire le analisi totali	1	2	4

Tabella 2–Numero minimo di analisi merceologiche da effettuare sui conferitori in base alle quantità conferite

Rifiuto conferito da un singolo conferitore in % sul totale annuo trattato dall'impianto	< 5%	5-10%	10-20%	>20%
n° minimo di ANALISI / anno	1	2	3	4

Elaborazione dei dati relativi alle analisi merceologiche e loro valutazione

Al fine di poter valutare le performance complessive di un impianto (si vedano i capitoli successivi), l'esito delle campagne di indagine merceologica deve essere ricondotto all'espressione di un contenuto medio di materiale non compostabile (%MNC_{media}) così calcolato:

$$\%MNC_Y = (\%MNC_{analisi\ 1} + \dots + \%MNC_{analisi\ n})/n$$

$$\%MNC_{media} = \sum(\%MNC_Y \times Q_Y) / \sum Q_Y$$

Dove

%MNC_Y è la percentuale di MNC che caratterizza il conferitore Y

Q_Y è il quantitativo di rifiuti conferiti annualmente presso l'impianto dal conferitore Y

Tabella 3 – Frazioni afferenti alle categorie MC e MNC

Frazioni	Dettaglio della frazione	Categoria merceologica
<ul style="list-style-type: none"> ➤ scarti alimentari; ➤ manufatti in plastica compostabile <u>utilizzati per il conferimento certificati EN 13432 o EN 14995, che riportino chiare istruzioni di conferimento nel circuito della FORSU;</u> ➤ scarto erbaceo; ➤ scarto ligneo-cellulosico; ➤ carta e cartone; ➤ legno non trattato, tra cui imballaggi di legno (cassette, pallet, tappi di sughero); ➤ materiale potenzialmente conforme¹ 		<p>MATERIALE COMPOSTABILE (MC)</p>

¹Rientrano in questa frazione la cenere di camino da legno vergine non trattato se <10% p/p del campione totale e le lettiere per animali domestici se <5% p/p del campione totale con diametro massimo di 5mm

plastica	<p>flessibile:</p> <p>plastica in film, buste e sacchetti di plastica in polietilene esclusi quelli utilizzati per il conferimento, ecc.;</p> <p>rigida:</p> <p>contenitori per liquidi e/o solidi, <u>stoviglie, ecc.</u>;</p>	<p>MATERIALE NON COMPOSTABILE (MNC)</p>
manufatti in plastica utilizzati per il conferimento		
vetro		
metalli	<p>acciaio:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ imballaggi con 5 kg di capacità massima, per prodotti alimentari (scatole per carne, tonno e prodotti ittici; barattoli per derivati del pomodoro, frutta sciroppata e conserve vegetali, caffè e cibo per animali); ➤ imballaggi con 40 kg di capacità massima, destinati in prevalenza all'industria dei prodotti chimici (vernici, inchiostri, pitture, smalti, mastici, lubrificanti, ecc.) e alimentari (olio d'oliva e di semi) comprese le bombolette aerosol (per vernici spray); ➤ tappi corona, capsule di vario tipo per bottiglie e vasetti di vetro nonché i coperchi a strappo "easy open" (ad apertura totale o parziale), il cui impiego è strettamente collegato alla produzione di scatole open top; <p>alluminio:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ imballaggi rigidi (lattine per bevande, bombolette, scatolame); ➤ imballaggi semi-rigidi (vaschette/vassoi, tubetti, capsule); ➤ imballaggi flessibili (flessibile per alimenti, foglio di alluminio); 	
materiali inerti	<ul style="list-style-type: none"> ➤ sassi e pietre; ➤ ceramica; ➤ porcellana; ➤ gessi; ➤ mattoni; ➤ cartongesso 	
prodotti sanitari assorbenti	<ul style="list-style-type: none"> ➤ pannolini; ➤ pannoloni; ➤ traverse assorbenti monouso; ➤ assorbenti igienici femminili (interni ed esterni); 	

5. Requisiti impiantistici

5.1 Premessa

Gli impianti sono dotati di:

- sezioni delimitate e individuabili, obbligatoriamente presenti in un impianto;
- impianti per l'aerazione forzata e/o il rivoltamento periodico nella fase ACT dei cumuli in caso di compostaggio, con l'esclusione degli impianti di compostaggio verde;
- portoni a chiusura rapida per l'accesso agli edifici chiusi e presidiati;
- strumenti di controllo del processo (per lo meno sonde termometriche);
- sistemi per l'inumidimento della biomassa, in particolare in fase ACT;
- preferibilmente, di una capacità aggiuntiva di stoccaggio in ingresso per la "quarantena" di biomasse su cui eseguire periodici accertamenti analitici;
- superfici impermeabilizzate (per le sole fasi di stoccaggio, ACT e post maturazione delle matrici putrescibili) con drenaggio e raccolta delle acque di scolo da inviare a depurazione oppure a ricircolo.

Le dimensioni di ciascuna sezione devono essere congrue con la capacità dell'impianto e i tempi di processo previsti.

5.2 criteri operativi

Gli impianti sono provvisti di sezioni delimitate, individuabili e correttamente dimensionate.

Ai fini di un corretto dimensionamento delle diverse sezioni, rispetto alla capacità dell'impianto prevista, si tengono in considerazione le seguenti prescrizioni:

- messa in riserva di rifiuti putrescibili: l'area di messa in riserva deve poter accogliere, in trincee o fosse eventualmente distinte per categoria di rifiuto, i rifiuti conferiti per un massimo di tre giorni (i tempi massimi possono essere soggetti a variazione in base al clima caratteristico del sito in cui è inserito l'impianto), contabilizzati sulla base dei quantitativi giornalieri attesi nel periodo di massimo conferimento
- messa in riserva di rifiuti a bassa putrescibilità (compostaggio verde): si consideri l'opportunità di messa in riserva, nel periodo autunno-invernale, di una parte del fabbisogno di rifiuti a prevalente contenuto di potature per la stagione primaverile mmm.
- stoccaggio ammendanti compostati: l'area deve essere dimensionata sulla base del bilancio di massa previsto, e considerando un tempo di stoccaggio di almeno 2 mesi, per fare fronte ai periodi di divieto di applicazione in pieno campo, o comunque meno indicati

➤ predisposizione di una zona delimitabile e coperta dove ospitare addetti alla conduzione degli

Sezione/fase di processo	Compostaggio verde	Compostaggio misto (compreso trattamento aerobico del digestato da digestione anaerobica)	Digestione anaerobica
---------------------------------	---------------------------	--	------------------------------

accertamenti analitici *on-site*

Per quanto riguarda i presidi ambientali minimi delle diverse sezioni di un impianto e le altezze massime dei cumuli di compostaggio valgono rispettivamente le indicazioni riportate nelle tabelle 6 e 7.

Tabella 46 – Sezioni di un impianto da prevedere in base al tipo di processo e vincoli ambientali minimi

Ricezione e messa in riserva rifiuti putrescibili	n.a.	Sì. In edificio chiuso e posto in depressione	
Ricezione e messa in riserva rifiuti a bassa putrescibilità (ligno-cell.)	Sì. All'aperto (preferibilmente sotto tettoia)		
Stoccaggio verde triturato	Sì. All'aperto (preferibilmente sotto tettoia)		
Stoccaggio sovvalli a ricircolo	Sì	Sì (preferibilmente in edificio chiuso)	
Stoccaggio sovvalli a smaltimento e altri rifiuti a smaltimento	Sì. In edificio o contenitore chiuso		
Pretrattamenti meccanici	Sì	Sì. In edificio chiuso e posto in depressione, ad eccezione della triturazione rifiuti a bassa putrescibilità	
ACT	Sì	Sì. In reattore e/o in edificio chiuso e posto in depressione	n.a.
Digestione anaerobica	n.a.	n.a.	Sì. In caso di processi a secco in batch, i reattori sono collocati in edificio chiuso e posto in depressione
Maturazione	Sì	Sì. In edificio chiuso e posto in depressione; possibile, in alternativa, la collocazione sotto tettoia, in base alla localizzazione dell'impianto, se la miscela non contiene digestato e nel caso in cui la fase ACT garantisca il conseguimento di una adeguata stabilità biologica ($IRD P \leq 1.300 \text{ mgO}_2/\text{kgSV-1 h-1}$)	n.a.
Post-trattamenti meccanici su digestato	n.a.	n.a.	Eventuale. In edificio chiuso e in depressione.
Post-trattamenti meccanici su compost	Sì	Sì. In edificio chiuso con aspirazione localizzata in corrispondenza delle macchine, o sotto tettoia	
Stoccaggio prodotti finali	Sì (in edificio o area al riparo da fenomeni di dispersione eolica)		
Stoccaggio, depurazione, valorizzazione biogas	n.a.	sì	
Presidi ambientali per la depurazione delle arie esauste	Eventuale (in funzione delle condizioni locali)	Sì	sì

Tabella 57– Altezze massime consigliate per i cumuli in fase di compostaggio

	Cumuli statici con aerazione forzata	Cumuli statici senza aerazione forzata	Cumuli con periodici rivoltamenti
Fase ACT	max 2,5 m (3,5m in caso di compostaggio del verde)	max 1,2m (1,5 m per impianti del verde)	Max 3m (3,5m per impianti del verde)
Fase di maturazione	max 3m (3,5m in caso di compostaggio del verde)	max 2m (2,5m per impianti del verde)	max 4m

Gli equipaggiamenti minimi richiesti, comuni a tutte le tipologie di impianti di riciclo dei rifiuti organici, fanno riferimento alle seguenti funzioni indispensabili:

- movimentazione dei rifiuti e delle miscele nelle diverse fasi di processo
- apertura dei manufatti di conferimento della FORSU (sacchi, sacchetti, shopper, buste) che preservino il più possibile l'integrità delle frazioni indesiderate, ai fini di una loro più efficace rimozione
- riduzione dimensionale dei rifiuti da manutenzione di parchi e giardini
- pulizia dei prodotti finali per la rimozione delle frazioni estranee

6. Principali requisiti di processo e loro monitoraggio

6.1 Processi di compostaggio

Per la corretta conduzione di un processo di compostaggio è necessario:

- la dotazione di aerazione forzata, almeno in ACT o, in alternativa qualora la miscela di partenza sia costituita in prevalenza da rifiuti a bassa putrescibilità, di una tecnologia per il rivoltamento che garantisca il mantenimento di una adeguata aerobiosi nei cumuli
- il dimensionamento dei ventilatori di processo su una portata specifica media continuativa (ossia tenendo conto dei tempi eventuali di spegnimento) di 15 Nmc/h*ton di biomassa tal quale
- almeno nella fase ACT, la modulazione dell'intensità della ventilazione (o i tempi di accensione-spegnimento) in base al fabbisogno per il controllo della temperatura;
- in caso di processi basati sul rivoltamento periodico l'indicazione, in fase ACT, della garanzia di una frequenza minima di un rivoltamento ogni 2-3 giorni, fatta salva l'esigenza di garantire l'igienizzazione dei cumuli attraverso adeguate combinazioni "tempo/temperatura". Non vi sono indicazioni relative alla frequenza minima di rivoltamento raccomandata in fase di maturazione;
- concentrazioni minime guida di O₂ pari al 15-17% in ACT e al 10-12% in maturazione. Inoltre, in caso di processi con aerazione forzata intermittente, i tempi di spegnimento dei ventilatori prescritti da molte normative tecniche non devono superare i 20-30' nelle prime fasi di processo;
- Solo per impianti di compostaggio del verde (matrici a bassa putrescibilità) il processo deve prevedere un primo rivoltamento dopo 15-30 giorni (in base alla stagione) qualora l'impianto sia provvisto di ventilazione forzata;
- La gestione del processo in fase ACT deve garantire il monitoraggio della temperatura dei cumuli, misurata di norma in continuo o con frequenza giornaliera;
- In ogni caso, il monitoraggio della fase ACT dovrebbe determinare azioni a feedback sul processo, attraverso una modulazione della portata d'aria erogata, dei tempi di accensione/spegnimento,

della frequenza di rivoltamento dei cumuli, dell'entità del ricircolo di aria esausta (in caso di sistemi a biocella/biocontainer).

6.2 Criteri operativi

6.2.1 Processi di compostaggio: condizioni per l'ottimizzazione del processo

L'impianto deve avere un sistema di Gestione (in manuale o mediante opportuno software) delle portate d'aria somministrate alle miscele, dei tempi di accensione e spegnimento o delle frequenze di rivoltamento con i seguenti obiettivi tendenziali:

- Temperatura ottimale 40-45°C (fatti salvi i tempi a temperature superiori necessari per l'igienizzazione)
- Valore guida della concentrazione dell'O₂: 10% v:v

Conseguenza inevitabile delle portate di aria applicate alla miscela in compostaggio è l'evaporazione di elevate percentuali di acqua che porta al disseccamento del materiale. Per questo motivo è indispensabile ripristinare l'umidità con frequenti bagnature in modo da mantenere le condizioni di processo ideali per la degradazione biologica.

Nel suo complesso, il processo deve garantire il mantenimento di umidità adeguate delle miscele lungo il suo intero corso, e quindi anche in fase di maturazione. I valori di umidità tendenziali in funzione della fase di processo riportati nella seguente

Tabella 6~~Tabella 8~~.

Tabella ~~68~~ – valori di umidità in funzione della fase di processo

fase di processo	Range (%)
Miscela iniziale	50-60
Fine fase ACT	40-50
Fine maturazione	30-40 ⁽¹⁾

(1) Possibilità di scendere a 30 verso la fine per esigenze di raffinazione.

Negli impianti industriali che trattano FORSU, dopo una fase di messa a completo regime che può durare uno o due anni e che deve essere assiduamente monitorata al fine di dare al responsabile dell'impianto un quadro esaustivo delle caratteristiche e delle problematiche eventuali del processo in atto, il monitoraggio dei parametri di processo dovrebbe mostrare una certa invarianza delle condizioni, a meno di oscillazioni stagionali ripetibili e prevedibili. In queste condizioni il monitoraggio (quello manuale, ad esempio, relativo a temperature e tenore di O₂) può essere svolto con frequenze inferiori a quelle iniziali, pur

raccomandando comunque che queste non scendano al di sotto di un monitoraggio per ogni lotto di produzione.

6.2.2 Processi di digestione anaerobica: condizioni per l'ottimizzazione del processo

A differenza del compostaggio, le successive condizioni per l'ottimizzazione del processo non hanno carattere prescrittivo ma solo informativo in quanto i processi di digestione anaerobica sono strettamente legati alle tecnologie adottate e non è pertanto possibile fornire prescrizioni vincolanti relative alla conduzione dei processi.

I principali parametri di processo il cui monitoraggio con frequenza adeguata è importante per l'ottimizzazione delle cinetiche di processo sono i seguenti:

- OLR (Carico Organico): rappresenta il carico organico volumetrico alimentato, ovvero la quantità di sostanza organica che viene introdotta nel digestore in relazione al suo volume complessivo. È generalmente espresso in $\text{kgSV}/\text{m}^3/\text{g}$ e si ottiene come rapporto tra il carico di sostanza organica in ingresso ed il volume del reattore. Il valore indicato varia nel range tra 1 e 4 per i processi *wet*, e in quello tra 3 e 12 nei processi *semi-dry* e *dry*
- parametri significativi da monitorare:
 - sull'influente, analisi periodica (da 1 a 3 volte a settimana) di SV, ST, pH, acidi totali, acidi grassi volatili, e con minore frequenza (1-2 volte al mese) di TKN, TKN solubile, N-NH_4 , COD, RBCOD, acidità ed alcalinità (o FOS/TAC)
 - monitoraggio in continuo della temperatura e degli assorbimenti elettrici degli eventuali organi di miscelazione e movimentazione dell'influente presenti nei reattori
 - monitoraggio in continuo della qualità del biogas (portata, $\% \text{CH}_4$ o $\% \text{CO}_2$, H_2S)

6.2.3 Indicatori di efficienza del processo

Scarti solidi a smaltimento

Tra gli indicatori di efficienza di un processo di riciclaggio di rifiuti organici, la minimizzazione degli scarti avviati a smaltimento è un obiettivo primario, sia da un punto di vista ambientale che economico. La produzione di scarti deve essere correlata alla quantità complessiva di MNC in ingresso all'impianto; l'efficienza del processo dal punto di vista del rapporto percentuale tra scarti a smaltimento prodotti e MNC in ingresso all'impianto deve rispettare i valori riportati in [Tabella 7](#)~~Tabella 9~~.

Tabella ~~7~~9 – classi di efficienza di un processo sulla base degli scarti solidi prodotti

Classe	Anno di conseguimento	% Scarti solidi a smaltimento/MNC⁽¹⁾
A	2030	≤150
B	2025	≤200

⁽¹⁾ valutato come rapporto percentuale tra scarti e MNC su base annuale

Scarti liquidi a trattamento

I reflui liquidi prodotti nel corso del processo (percolati, frazione liquida del digestato, acque di prima pioggia) devono essere prioritariamente riciclate nei processi biologici in corso (digestione anaerobica, fasi termofile dei processi aerobici). L'obiettivo è quello di minimizzare la quantità di reflui in eccesso da avviare a smaltimento.

Efficienza di riciclaggio

L'efficienza dell'impianto relativamente alla quantità di compost prodotto (conforme agli standard di cui al decreto legislativo 75/2010) deve rispettare i valori riportati nella tabella 10.

Tabella 10 – rese medie di un processo sulla base della tipologia di trattamento.

Tipo di processo	RESE MEDIE (% s.t.q.)*
Compostaggio misto	20-30
Compostaggio verde	35-45
Digestione Anaerobica + compostaggio	15-20

*per eliminare l'interferenza dell'umidità sarebbe opportuno riferire le rese con un contenuto in umidità del 30%

Poiché la valutazione della reale efficacia di un trattamento può essere condizionata da diversi fattori (presenza di MNC nei rifiuti in ingresso, composizione chimica variabile con diversa tendenza alla degradazione delle diverse frazioni organiche di cui sono composti i rifiuti, umidità dei rifiuti trattati), scostamenti dai valori indicati nella tabella precedente possono essere accettati qualora adeguatamente giustificati sul punto di vista tecnico.

7. Elementi per il corretto inserimento ambientale

7.1 Premessa

Le sezioni di un impianto realizzate in edifici chiusi frequentati da personale addetto devono essere mantenute in adeguate condizioni di salubrità. A tal fine, oltre a doversi mantenere la massima pulizia possibile nelle zone non occupate dai rifiuti, si devono prevedere ricambi d'aria in numero proporzionale alla contaminazione attesa e alla presenza episodica o continuativa di operatori. I ricambi d'aria vengono di norma garantiti attraverso il prelievo d'aria contaminata dagli edifici mediante condotte di aspirazione collocate in prossimità dei soffitti che, contestualmente, richiamano aria fresca attraverso i punti di discontinuità (porte, portoni, intercapedini, ecc...) degli edifici stessi, garantendo inoltre una condizione di depressione interna che impedisce la dispersione incontrollata nell'ambiente circostante di arie odorigene. Il numero di ricambi d'aria/ora richiesto nelle diverse sezioni deve bilanciare l'esigenza di salubrità degli ambienti interni e quella, opposta, di minimizzare i flussi di aria da avviare a depurazione e, quindi, le emissioni complessive dell'impianto.

7.2 criteri operativi

Al fine di mantenere condizioni di lavoro accettabili nelle sezioni di impianto condotte in edifici chiusi e, nello stesso tempo, di evitare la fuoriuscita di arie odorigene senza che siano state preventivamente trattate, si richiede il mantenimento degli edifici di lavorazione in depressione garantendo il numero di ricambi d'aria riportati in [Tabella 8](#)~~Tabella 12~~.

Tabella ~~812~~ – Numero di ricambi d’aria richiesti nelle diverse fasi di processo, qualora condotte in edifici chiusi

Fase	n. ricambi/h
Conferimento/ ricezione e stoccaggio	2
Pretrattamento	2
ACT	2 ⁽¹⁾
Maturazione	2 ⁽²⁾
Raffinazione finale	0 (Si suggerisce aspirazione localizzata)
Stoccaggio prodotti	0-2 (da valutarsi in base alla localizzazione dell’impianto e alla conseguente necessità di evitare la fuoriuscita di arie potenzialmente odorigene dall’edificio)

⁽¹⁾ 4 nel caso in cui il processo non sia condotto in reattori chiusi (biocelle, biocontainer) e vi sia presenza, non saltuaria, di personale fuori da mezzi cabinati e provvisti di appositi filtri

⁽²⁾ 3 nel caso in cui il processo non sia condotto in reattori chiusi (biocelle, biocontainer) e vi sia presenza, non saltuaria, di personale fuori da mezzi cabinati e provvisti di appositi filtri

Le arie aspirate dagli edifici possono essere utilizzate per l’ossigenazione delle biomasse (sia in ACT che in maturazione) prima dell’avvio a depurazione. Quest’ultima viene generalmente operata mediante impianti di biofiltrazione, tuttora il sistema più diffuso ed efficace per questo tipo di applicazione, rispetto al quale è richiesta l’adozione dei criteri di dimensionamento e progettazione riportati in ~~Tabella 9~~ Tabella 13.

Allo scopo di ridurre il carico odorigeno in ingresso, i sistemi di biofiltrazione vengono talora preceduti da impianti di pretrattamento; per le sezioni di post-trattamento aerobico che vedono il digestato tra le matrici trattate, è richiesto un pretrattamento delle arie destinate a biofiltrazione al fine di ridurre le concentrazioni prevedibilmente elevate di ammoniaca, ad esempio mediante uno scrubber ad acido. Impianti di prelavaggio e scrubber sono dimensionati come da ~~Tabella 10~~ Tabella 14.

Tabella 913 – Depurazione arie esauste: requisiti impianti di biofiltrazione

Parametro	Valore di riferimento
Tempi di contatto	≥36'' (meglio 45'')
Carico specifico (Nm ³ /h per m ³ di matrice filtrante)	≤100 (meglio 80)
Altezza del letto filtrante (cm)	100 – 200
Requisiti materiale filtrante	Biologicamente attivo, resistente alla compattazione, con buona capacità di ritenzione idrica, relativamente privo di odore proprio
Umidità del letto filtrante	In base alle specifiche del fornitore. Per i materiali costituiti da sovrullo legnoso da impianti di compostaggio del verde, preferibilmente compresa tra 40% e 60%
Temperatura aria in ingresso	10-45°C
Valori attesi in emissione	Odori: media dei punti analizzati: ≤ 300 UO/m ³ puntuale: ≤ 500 UO/m ³ Altri parametri: NH ₃ : <5mg/Nm ³
Modularità (moduli singolarmente disattivabili in sede di manutenzione ordinaria e straordinaria)	Almeno 3
Note	Costituzione del letto atta ad evitare fenomeni di canalizzazione dell'aria (effetto bordo) L'eventuale copertura/chiusura fissa o mobile può essere prevista: <ul style="list-style-type: none"> ▪ in centri urbani o nelle immediate vicinanze (ancorché l'impianto sia in zona industriale o agricola) ▪ in caso di piovosità media >2.000mm/anno Indispensabile la dotazione di un sistema di bagnatura della superficie; eventuale sistema di preumidificazione dell'aria in ingresso

Tabella **1014** – Depurazione arie esauste: requisiti per il dimensionamento di uno scrubber

Parametro	Valore di riferimento
Velocità di attraversamento	≤ 1 m/sec
Tempo di contatto	non inferiore a 2 secondi
Altezza minima del riempimento	non inferiore a 70 cm
Rapporto liquido/gas vettore delle sostanze odorigene	pari a 2:1000 (espresso in m ³ /Nm ³)

La progettazione dell’impianto deve tenere conto delle caratteristiche del territorio circostante, con specifico riferimento alla presenza e alla distanza di recettori sensibili. A tale proposito, è opportuno valutare il livello di protezione ambientale da prevedere su un impianto in fase di progettazione (sezioni da prevedere al chiuso, numero di ricambi d’aria/ora, tipo di presidi per la depurazione delle arie esauste, ecc...) attraverso una modellizzazione degli impatti potenziali. Parimenti è opportuno che l’impianto appronti una procedura di gestione delle problematiche odorigene che potrebbero verificarsi in fase di gestione dell’impianto.

PARTE B

CRITERI MINIMI PER IL TRATTAMENTO BIOLOGICO DEI RIFIUTI ORGANICI NELLE ATTIVITA’ DI COMPOSTAGGIO LOCALE.

Il compostaggio locale è effettuato con l’utilizzo di apparecchiature di tipo statico o dinamico (elettromeccaniche).

Le apparecchiature di tipo elettromeccanico sono idonee alla produzione di ammendante compostato misto e ammendante compostato verde, ai sensi del decreto legislativo 29 aprile 2010, n. 75 in materia di fertilizzanti.

Le apparecchiature elettromeccaniche sono dotate di sonde per la misurazione della temperatura poste all’interno della massa in lavorazione. I dati rilevati dalle medesime sono raccolti con frequenza almeno giornaliera e resi disponibili per i controlli dell’autorità competente.

La percentuale in peso dello strutturante non è inferiore al:

- 5 (o 15%) per cento del totale dell’impresso nell’apparecchiatura elettromeccanica;
- 50 per cento del totale dell’impresso nell’apparecchiatura di tipo statico.

In caso di assenza di triturazione il compost prodotto è sottoposto a vagliatura.

Il sopra-vaglio è reimpresso nella camera di conferimento per essere sottoposto ad ulteriore ciclo di compostaggio, in alternativa è conferito al servizio di raccolta dei rifiuti.

Le emissioni delle apparecchiature di tipo elettromeccanico sono trattate mediante biofiltro prima del rilascio in atmosfera; in alternativa, l'aria estratta è collegata alla rete fognaria e allontanata mediante spinta della ventola prevedendo un sifone per evitare il ritorno di odori.

L'apparecchiatura elettromeccanica per il compostaggio è dotata di un biofiltro con il seguente dimensionamento minimo. Apparecchiatura a 30 giorni = 0,007 x capacità (t/anno). Apparecchiatura a 60 giorni = 0,011 x capacità (t/anno). Apparecchiatura a 90 giorni = 0,014 x capacità (t/anno)

L'aria rilasciata dal biofiltro è immessa in atmosfera in un punto di altezza pari almeno a 2 metri dal suolo. Tale punto emissivo non necessita di autorizzazione alle emissioni in atmosfera in quanto assimilabile al punto 1. m – Parte I – Allegato IV – Parte Quinta del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 “[...] silos per i materiali vegetali”.

Il materiale del biofiltro delle apparecchiature elettromeccaniche è sostituito con frequenza almeno semestrale e lo stesso può essere reimmesso nel processo di compostaggio. I liquidi ceduti dal biofiltro delle apparecchiature elettromeccaniche possono essere reimmessi nel processo di compostaggio.

Le emissioni delle apparecchiature di tipo statico non necessitano di autorizzazione alle emissioni in atmosfera in quanto assimilabile al punto 1. m – Parte I – Allegato IV – Parte Quinta del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 “[...] silos per i materiali vegetali”.

Eventuali acque di scarico dell'apparecchiatura di compostaggio statico o elettromeccanico sono riutilizzate nell'apparecchiatura o convogliate in fognatura.

Qualora la fase di maturazione finale avvenga in cumulo, lo stesso è ubicato nel medesimo sito su area pavimentata e coperta.

Il materiale di costruzione dell'apparecchiatura elettromeccanica è l'acciaio inox per le parti a contatto con il rifiuto. E' comunque ammesso altro materiale, con caratteristiche similari o migliorative rispetto all'acciaio inox, per tenuta, durata e resistenza;

La superficie di collocazione dell'apparecchiatura elettromeccanica per il compostaggio è pavimentata, con adeguate pendenze e pozzetti ciechi per la raccolta di acque piovane o di eventuali sversamenti accidentali;

Il corpo dell'apparecchiatura elettromeccanica per il compostaggio è coperto con tettoia, oppure la macchina è collocata in una struttura di protezione come casette o capannoni;

La capacità dell'apparecchiatura elettromeccanica per il compostaggio è coerente con il numero degli abitanti serviti. Per calcolare se il numero degli abitanti da servire è coerente con la capacità della macchina si usi la seguente formula: abitanti = 7,083 x taglia in capacità (ton/anno);

Il volume dell'apparecchiatura elettromeccanica di compostaggio non è inferiore a:

- 0,31 mc/ ton di organico annuo trattato nel caso di apparecchiatura per il compostaggio con attività pari a 90 giorni;
- 0,22 mc/ ton di organico annuo trattato nel caso di apparecchiatura per il compostaggio con attività pari a 60 giorni;
- 0,12 mc/ ton di organico annuo trattato nel caso di apparecchiatura per il compostaggio con attività pari a 30 giorni;

L'apparecchiatura elettromeccanica per il compostaggio è dotata di una ventilazione minima di 10 mc/h per tonnellata di materiale trattato. La stima del materiale in macchina è ottenuta come la capacità giornaliera (annua/365) moltiplicata la durata in macchina del processo;

Per le apparecchiature elettromeccaniche è obbligatoria la presenza di almeno un sensore interno alla vasca di bioossidazione per il rilievo della temperatura e di un sensore per il rilievo dell'umidità. In uscita del biofiltro, è presente un anemometro, nonché dei sensori per il rilievo in continuo almeno dell'anidride carbonica (CO₂) e dell'acido solfidrico (H₂S). Il sensore CO₂ deve poter rilevare concentrazioni almeno fino a 100.000 ppm (10%) e quello dell'H₂S fino a 50 ppm.

La cippatura del materiale vegetale, quale strutturante, è sempre ammessa nell'area di pertinenza dell'apparecchiatura statica o elettromeccanica, per massimo 2 ore settimanali e nella fascia oraria dalle 9:00 alle 17:00 escluso la domenica e le giornate festive. Potrà essere cippato unicamente il materiale funzionale all'utilizzo dell'apparecchiatura.