



## LE MIGLIORI TECNOLOGIE PER L'ABBATTIMENTO DEGLI ODORI PROVENIENTI DA IMPIANTI DI TRATTAMENTO RIFIUTI

**Lorenzo Ceccherini – Addetto Servizi Permitting di AISA Impianti S.p.A.**



**Arezzo, 30 Maggio 2023**

## La Centrale di recupero totale di rifiuti di San Zeno



*L'Impianto di recupero totale di rifiuti di San Zeno ha iniziato la sua attività, in modo continuativo, nel gennaio 2000 e, ad oggi, è possibile evidenziare in esso le seguenti linee:*

- 1) Linea di selezione meccanica e trattamento biologico;*
- 2) Linea di digestione anaerobica con produzione di biometano e recupero della CO2 (in corso di realizzazione);*
- 3) Linea di compostaggio e di trasformazione delle potature in ammendante per l'agricoltura biologica;*
- 4) Linea di produzione di cippato di legno vergine;*
- 5) Linea di recupero energetico degli scarti delle altre linee e trattamento gas di combustione;*
- 6) Linea di teleriscaldamento per il recupero dei cascami termici.*

## Centrale di recupero totale di rifiuti di San Zeno

### Linea di recupero energetico

La linea è dedicata al recupero energetico, mediante produzione di energia elettrica e termica, di circa 45.000 t/anno di scarti e sovralli prodotti dalle altre linee del polo di San Zeno (linea di selezione meccanica del rifiuto urbano indifferenziato (RSU) e linea di compostaggio)

### Linea di selezione meccanica e trattamento biologico

La linea di Selezione Meccanica processa 80.000 t/anno ed ha lo scopo di recuperare materia (metalli e frazione organica contenuti nel rifiuto indifferenziato) e produrre combustibile per la centrale di recupero energetico. L'impianto di selezione è interamente automatizzato ed ha una potenzialità di trattamento compresa tra 15t/h e 20 t/h di rifiuto per cicli di lavoro di 20 h/giorno, festivi compresi.

### Linea di biostabilizzazione

La linea di biostabilizzazione tratta il sottovaglio prodotto dalla linea di selezione meccanica del rifiuto urbano indifferenziato

## Centrale di recupero totale di rifiuti di San Zeno

### Linea di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata

La linea di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata è dedicata al trattamento finalizzato al riciclo di circa 58.000 t/anno di frazione organica da raccolta differenziata.

Mediante tale linea la frazione organica viene trasformata in fertilizzante organico, ammendante compostato misto (ACM) ai sensi del D.Lgs. 75/2010

### Linea di digestione anaerobica

Il digestore anaerobico sarà in grado di trattare circa 35.000 t/anno di matrici organiche da R.D., prima che il medesimo materiale venga inviato alla linea di compostaggio. Saranno ricavati circa 2.500.000 di Sm<sup>3</sup>/anno di biometano e, nel processo di purificazione del biogas, verrà separata la CO<sub>2</sub> da utilizzare per scopi tecnici. Il biometano prodotto sarà immesso nella rete e, per avere un'idea, garantirà il pieno a circa 100.000 autovetture.

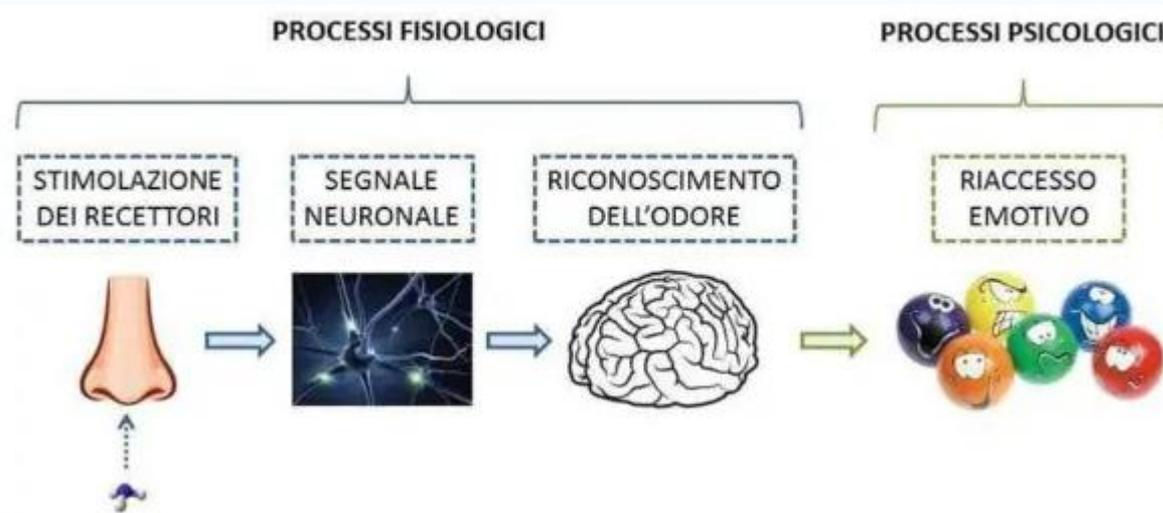
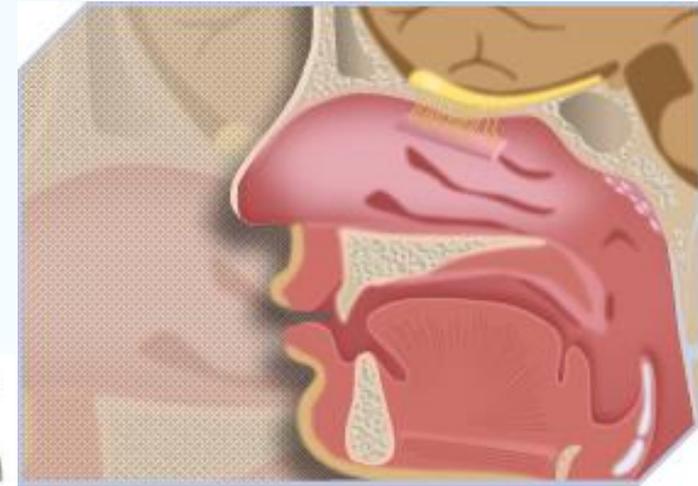
Tale nuova sezione oltre ad essere indicata dalle norme come miglior tecnica disponibile (BAT) per il trattamento della frazione organica, comporterà anche una riduzione delle emissioni prodotte.

Tutte le lavorazioni, gli stoccaggi dei rifiuti in attesa di essere trattamento, avvengono in edifici completamente chiusi le cui emissioni sono controllate mediante l'applicazione delle più moderne ed attuali BAT.

**La formazione ed il rilascio di odori costituisce uno dei punti più critici di una qualsiasi impianto di trattamento dei rifiuti.**

## Gli odori

Gli odori rappresentano un fattore che viene percepito dagli esseri umani attraverso uno dei cinque sensi, l'olfatto, come risposta soggettiva ad una stimolazione delle cellule olfattive presenti nella sede del naso, da parte di molecole gassose.



L'odore è il risultato della combinazione di molteplici fattori, alcuni legati alle proprietà chimiche delle molecole, altri relativi agli effetti psico-fisici che esse producono quando vengono rilevate dall'olfatto, altri più strettamente legati alla sfera soggettiva dell'individuo.

## Fattori soggettivi di percezione dell'odore

- **Disfunzioni olfattive:**

- iposmia e anosmia (diminuzione e perdita totale della sensibilità verso uno, alcuni o tutti gli odoranti, che può essere transitoria o permanente);
- iperosmia (esaltazione della sensibilità agli odori);
- parosmia (percezione alterata, sbagliata di un odore reale, se la sensazione che ne risulta è sgradevole si dice cacosmia);

- **Alterazioni del senso dell'olfatto:** dovute a malattie (sinusiti, raffreddori o allergie possono provocare problemi di trasmissione per cui gli odoranti non riescono a raggiungere l'epitelio olfattivo) o a danneggiamenti dell'epitelio o delle fibre nervose, in seguito a infezioni, cause accidentali o esposizione a tossici (per esempio i fumatori sono generalmente meno sensibili dei non fumatori);

- **Età:** all'aumentare dell'età diminuisce uniformemente la sensibilità agli odori, a causa della riduzione di neurogenesi (nascita di nuove cellule olfattive, che dopo un ciclo di vita di circa 60 giorni vengono sostituite); verso i 60 anni di età comincia il declino della risposta olfattiva che si riduce drasticamente oltre gli 80;

- **Sesso:** le donne hanno generalmente una maggiore sensibilità agli odori rispetto agli uomini e inoltre la loro sensibilità olfattiva sembra essere relazionata al ciclo ormonale, aumentando all'inizio di una gravidanza e diminuendo invece dopo il parto ed anche dopo la menopausa;

- **Relazione dose-risposta:** la sensazione provocata da un odore varia in funzione della quantità di sostanza odorosa inalata.

## Dimensione dell'odore

La percezione sensoriale degli odoranti può essere descritta mediante le seguenti caratteristiche :

### 1. Concentrazione : espressa come:

- rapporto tra volume di odore e volume d'aria (**ppm** - parti per milioni o **ppb** - parti per miliardi);
- rapporto tra massa di odore e volume d'aria espresso in m<sup>3</sup> (mg·m<sup>-3</sup> o µg·m<sup>-3</sup> );
- Dal momento che la maggior parte degli odori è generata da un miscuglio complesso di sostanze chimiche, il Comitato Europeo di Normazione (CEN) ha definito un'unità di misura per gli odori: **ouE·m<sup>-3</sup>** (odour units per cubic metre) che equivale a 123 µg di butanolo evaporato in un metro cubo di aria inodore, con una concentrazione di 0,040 µmol·mol<sup>-1</sup>. Con un numero n di ouE·m<sup>-3</sup> si indica il numero n di diluizioni dell'odore al quale il 50% degli osservatori percepisce l'odore con tecnica sensoriale dell'olfattometria dinamica (EN 13725:2022).

### 2. Percettibilità o soglia : una sostanza odorigena può essere percepita quando raggiunge una concentrazione minima, detta "soglia di percettibilità" richiesta per provocare uno stimolo nel sistema olfattivo. E' definita come la concentrazione minima di odorante che viene percepita dal 50% della popolazione esposta.

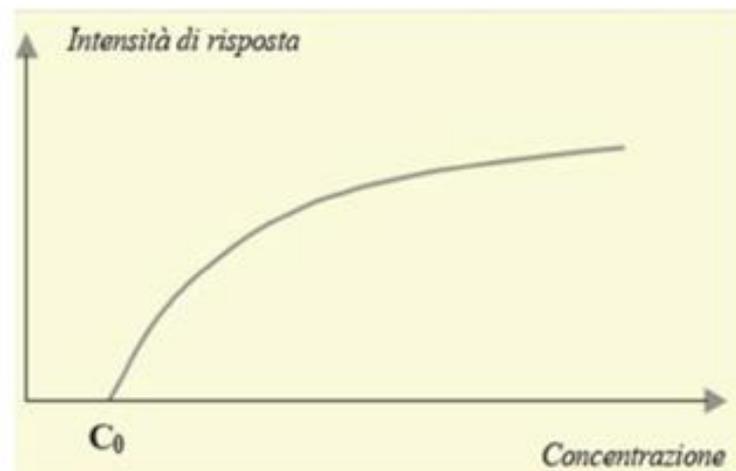
## Dimensione dell'odore

La percezione sensoriale degli odoranti può essere descritta mediante le seguenti caratteristiche :

3. **Intensità** :è la proprietà che esprime la forza dello stimolo olfattivo e ne rappresenta l'effetto a valori di concentrazione dell'odorante superiori alla soglia di percezione. La relazione tra grandezza dello stimolo e intensità non è lineare ma logaritmica.

LIVELLO DI INTENSITÀ	DESCRIZIONE
0	nessun odore
1	odore appena avvertito
2	odore debole ma riconoscibile
3	odore chiaramente identificabile
4	odore forte
5	odore molto forte

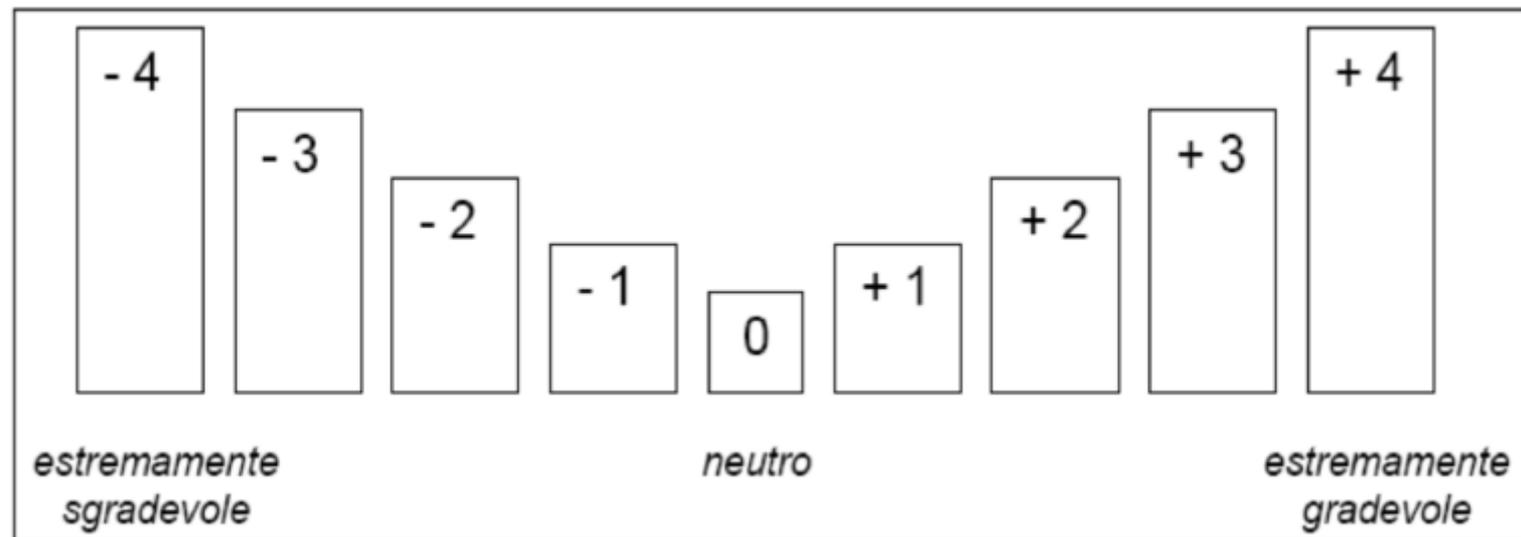
Esempio di scala per la definizione dell'intensità



Relazione tra concentrazione e intensità percepita

## Dimensione dell'odore

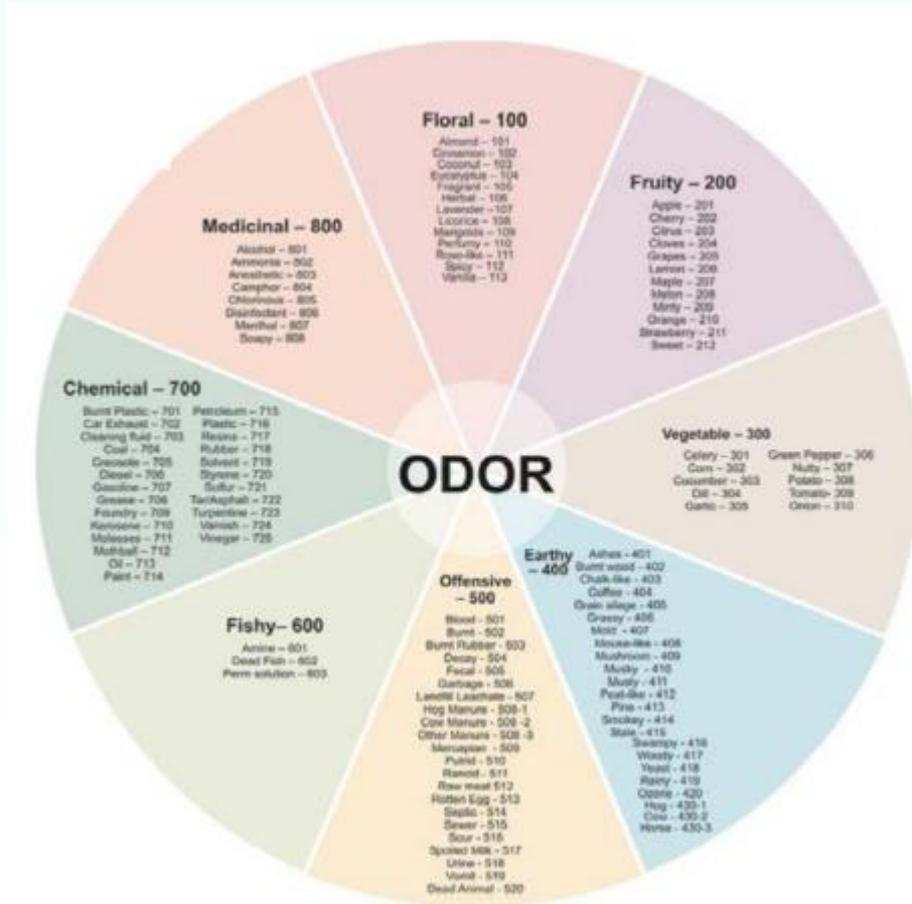
4. **Tono edonico** : Il tono edonico è un parametro che definisce il grado di accettabilità dell'odore (percepito come piacevole o fastidioso). Esprime la gradevolezza dell'odore ed è per questo una grandezza più soggettiva rispetto all'intensità.



Scala di tono edonico a nove livelli

## Dimensione dell'odore

4. **Qualità:** è la proprietà che permette di identificare un odore. Il metodo più diffuso per la valutazione di tale parametro è il confronto con un set di sostanze di riferimento, aventi una qualità definita per mezzo di un vocabolario di descrittori.



## Dimensione dell'odore

5. **Natura chimico – fisica:** La capacità di riconoscere un odore è legata a caratteristiche intrinseche delle sostanze, quali:

- Diffusibilità o volatilità : un odore è percepito quando una molecola gassosa si dissolve nella mucosa olfattiva e riesce a legarsi ad un recettore;
- Struttura molecolare: le caratteristiche odorigene di un composto possono variare in considerazione dei gruppi funzionali (aldeidico, carbonilico, carbossilico, amminico, idrossilico, sulfidrilico) .

Classi di composti	Composti chimici	Odore	Produzione
Composti solforati ridotti	H <sub>2</sub> S	uova marce	scissione di cisteina e metionina in condizioni anaerobiche
	Dimetilsolfuro - dimetildisolfuro	vegetali in decomposizione	degradazione delle proteine in condizioni anaerobiche
	Mercaptani	cavolo in decomposizione	condizioni anaerobiche spinte
Composti azotati	NH <sub>3</sub>	caratteristico acuto e pungente	condizioni anaerobiche
	Ammine primarie, secondarie e terziarie	pungente di pesce	deaminazione degli amminoacidi in condizioni anaerobiche
Terpeni	Limonene, α-pinene	agrumi, aghi di pino e resine	Biodegradazione degli scarti ligneo-cellulosici
Acidi volatili	Acidi grassi a catena breve	rancido e pungente	Incompleta ossidazione dei lipidi in condizioni anaerobiche
Alcoli	Alcoli	classico di alcol	demolizione e fermentazione in condizioni anaerobiche
Altri composti ossigenati	Aldeidi	dolce, pungente di frutti	demolizione e fermentazione in condizioni anaerobiche
	Chetoni	pungente, dolciastro, fortemente sgradevole	demolizione e fermentazione in condizioni anaerobiche
	Eteri	tipico degli eteri	demolizione e fermentazione in condizioni anaerobiche
	Esteri	dolciastro	demolizione e fermentazione in condizioni anaerobiche

## Le migliori tecniche disponibili (BAT) e gli impianti di trattamento dei rifiuti

### Direttiva 2010/75/UE, relativa alle emissioni industriali

Fissa norme intese ad evitare oppure, qualora non sia possibile, a ridurre le emissioni industriali nell'aria, nell'acqua e nel terreno e ad impedire la produzione di rifiuti, per conseguire un livello elevato di protezione ambientale.

#### Allegato 1 (art. 10)

##### Ambito di applicazione

- La legislazione riguarda le attività industriali nei seguenti settori:
  - energia;
  - produzione e lavorazione dei metalli;
  - minerali;
  - chimica;
  - **gestione dei rifiuti**;
  - e altri, come la produzione della pasta di legno e della carta, i macelli e l'allevamento intensivo di pollame e suini.
  
- Tutti gli impianti disciplinati dalla direttiva devono prevenire e ridurre l'inquinamento applicando **le migliori tecniche disponibili (BAT)**.

## Le migliori tecniche disponibili (BAT) e gli impianti di trattamento dei rifiuti

### Il trattamento biologico dei rifiuti: Odori – BAT n.10 (Decisione UE 2018/1147) Monitoraggio Odori

Le emissioni possono essere monitorate utilizzando:

- Norme EN ad esempio olfattometria dinamica secondo la norma EN 13725 per determinare la concentrazione delle emissioni odorigene.
- Norme ISO, norme nazionali o altre norme internazionali che assicurano la disponibilità di dati di qualità scientifica equivalente

#### Problema:

Il metodo dell'olfattometria dinamica indicata nella norma EN 13725 non consente di identificare la tipologia di odore, ma ne misura, con buona approssimazione la sua intensità.

Per la dispersione dell'odore si utilizzano dei programmi di calcolo che utilizzano modelli fisico-matematici di cui alla norma UNI 10796:2000

## Le migliori tecniche disponibili (BAT) e gli impianti di trattamento dei rifiuti

A livello nazionale il **D.Lgs n. 102 del 30 luglio 2020** ha introdotto nel D.Lgs. n. 152/2006 ha introdotto la nozione di «emissione odorigena» indicata come «*emissione convogliate o diffuse aventi effetti di natura odorigena*» (art. 268, com.1, lett. F-bis).

Le precedenti normative non indicano dei limiti di concentrazione delle emissioni odorigene né a livello di sorgente emissiva né a livello di recettore rimandando alle singole Regioni la loro definizione.

La normativa di riferimento a livello nazionale rimangono le linee guida della:

- Regione Lombardia n. IX/3018 del 15 febbraio 2012;
- DGP Provincia di Trento n. 1087/2016

Di seguito si riportano le **Soglie di accettabilità** identificate nel DGP della Provincia di Trento n. 1087/2016:

Per recettori in aree residenziali		Per recettori in aree non residenziali	
1 ouE/m <sup>3</sup>	a distanza > 500 m dalle sorgenti	2 ouE/m <sup>3</sup>	a distanza > 500 m dalle sorgenti
2 ouE/m <sup>3</sup>	a distanza compresa fra i 200 e 500 m dalle sorgenti	3 ouE/m <sup>3</sup>	a distanza compresa fra i 200 e 500 m dalle sorgenti
3 ouE/m <sup>3</sup>	a distanza < 200 m dalla sorgente	4 ouE/m <sup>3</sup>	a distanza < 200 m

## Sistemi di prevenzione basati sulla gestione della filiera di trasformazione

- 1) riduzione dei tempi di stazionamento delle matrici in ingresso sui piazzali di scarico e di stoccaggio transitorio.
- 2) Evitare di creare cumuli di matrice fresca che sia immediatamente preparata per la fase successiva.

La fase maggiormente responsabile dell'emissione di odori è quella del processo biologico e l'insorgenza di emissioni maleodoranti è di solito associata al crearsi di condizioni anossiche all'interno degli impianti di compostaggio.

In tale fase gli odori vengono infatti generati sia a seguito del tipo di metabolismo microbico prevalente all'interno della matrice in trasformazione, sia come conseguenza di reazioni di natura strettamente chimica. Posso prevenire la formazioni di emissioni odorigene:

1. Attraverso il rapido trasferimento della biomassa nel bioreattore;
2. La verifica che la matrice in fase di compostaggio attivo sia nelle condizioni ottimali di aerazione, tali da evitare il formarsi di zone anaerobiche;
3. Assicurare, laddove il compostaggio avvenga in cumuli statici e all'aperto, la copertura degli stessi con uno strato superficiale (5-10 cm) di compost maturo o di altro materiale;
4. Evitare la formazione di ristagni di percolato alla base dei cumuli o al fondo del bioreattore;
5. Confinare la fase attiva di compostaggio in strutture chiuse, la cui aria possa essere captata e convogliata in speciali apparati di trattamento.

## Sistemi di prevenzione basati sulla gestione della filiera di trasformazione



VENETO: Impianti di compostaggio devono essere posti in edifici confinati e in depressione.



SICILIA, LOMBARDIA, ABRUZZO e CAMPANIA: Impianti di compostaggio max 300 ouE /m3.

## Metodi di abbattimento degli odori alla sorgente

In generale, le tecnologie per il trattamento delle emissioni odorigene possono essere classificate in tre categorie, in considerazione del principio di azione:

- **Fisico**: captazione, diluizione, adsorbimento fisico, mascheramento.
- **Chimico**: assorbimento con reazione chimica, ossidazione, incenerimento.
- **Biologico**: con scrubber, biofiltrazione.

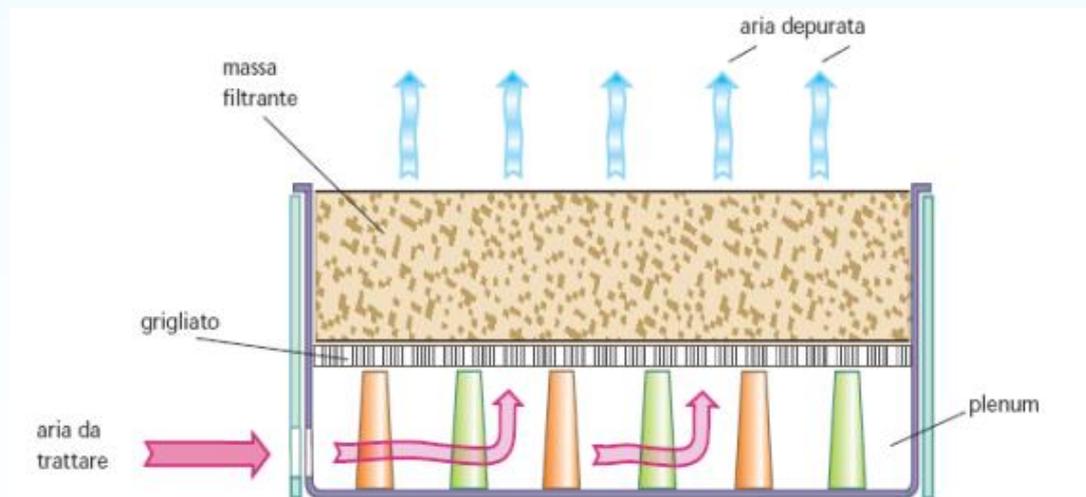
Le principali tecnologie per l'abbattimento delle emissioni odorigene, oggi adottate presso impianti di trattamento dei rifiuti sono rappresentate essenzialmente da:

- **Biofiltri**
- **Torri di lavaggio** (scrubbers ad umido).

## Tecnologie di abbattimento delle emissioni gassose

### I Biofiltri

La biofiltrazione è una tecnologia mediante la quale le emissioni gassose da trattare vengono fatte passare uniformemente attraverso un mezzo poroso biologicamente attivo, ovvero in un apposito letto riempito con materiali quali cortecce, legno triturato, compost maturo, torba, ecc., mantenuti a condizioni di temperatura e umidità costanti e che vengono colonizzati da microrganismi aerobi in grado di degradare i composti da trattare presenti nelle emissioni.



Il flusso gassoso contenente le sostanze volatili odorigene è immesso in maniera forzata attraverso lo strato biologicamente attivo, cosicché i composti di interesse sono utilizzati come substrati da microrganismi (principalmente batteri, ma anche funghi) e vengono trasformati in composti inodore ed innocui ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , etc).

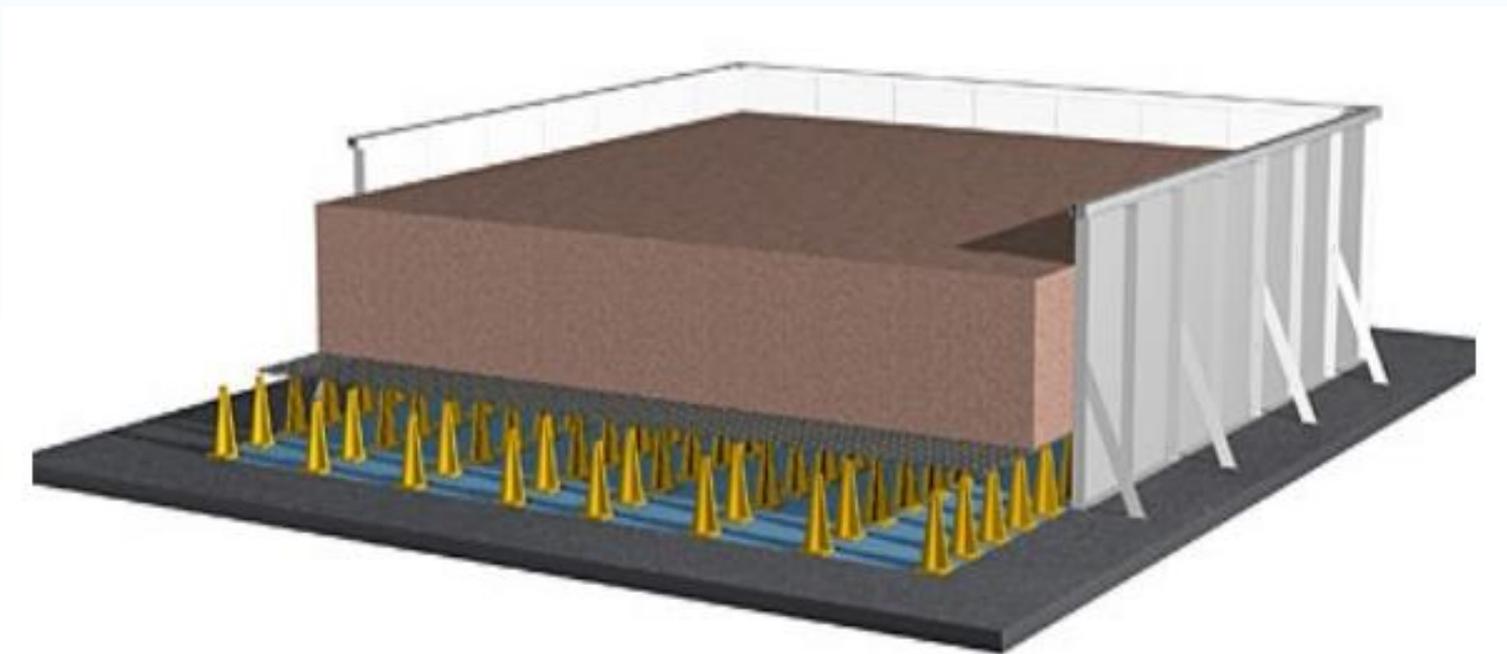
## Tecnologie di abbattimento delle emissioni gassose

### I Biofiltri

Con la biofiltrazione si rimuovono i composti organici volatili (COV) e i composti ridotti dello zolfo e dell'azoto che vengono degradati principalmente come substrati primari.

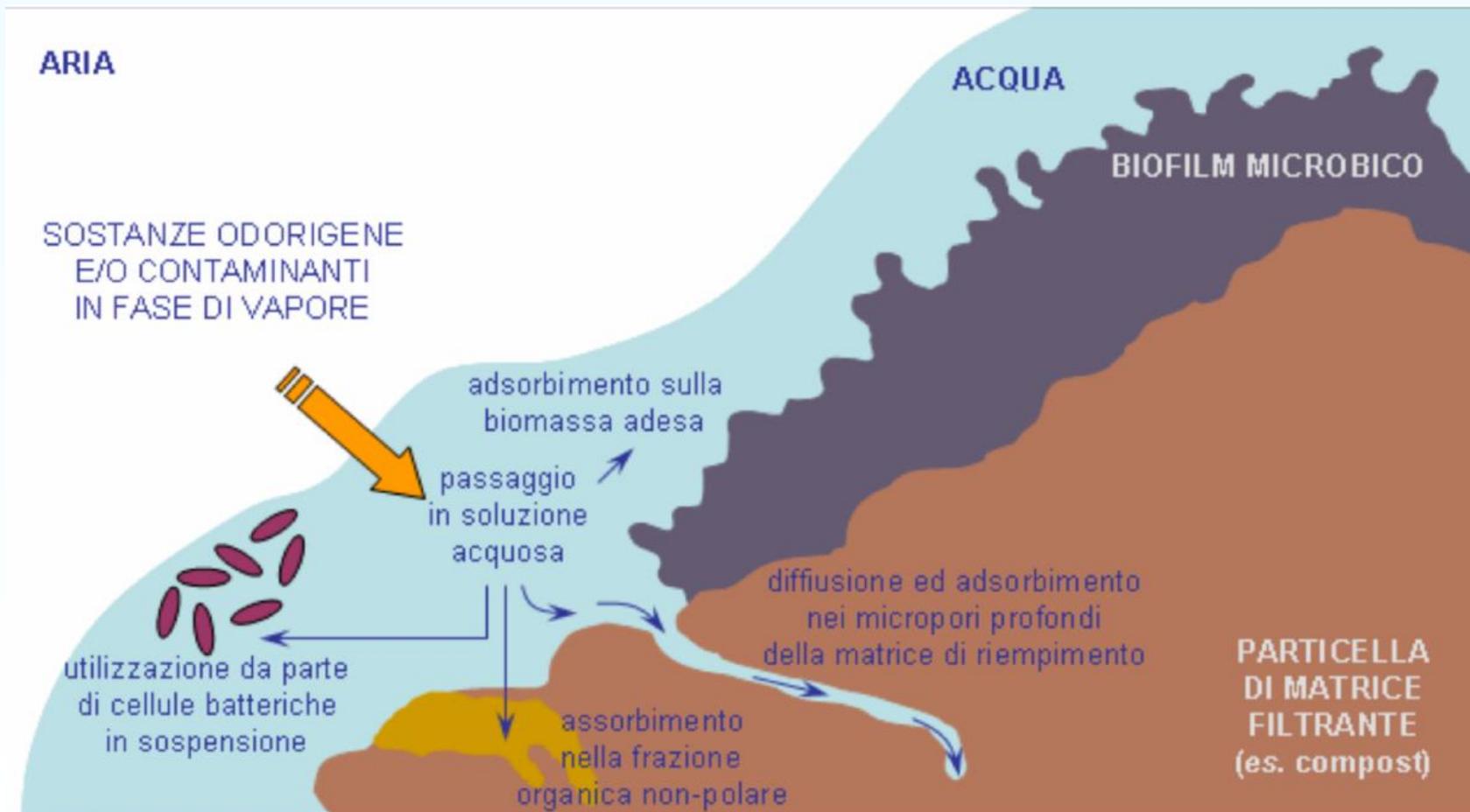
Al fine di ottenere una buona efficienza del biofiltro le sostanze da rimuovere devono avere due caratteristiche fondamentali:

- facile biodegradabilità;
- non tossicità per i microrganismi.



## Tecnologie di abbattimento delle emissioni gassose

### I Biofiltri – Stadi del processo



È importante sottolineare che la colonizzazione e le attività metaboliche avvengono all'interno del biofilm che, in questo caso, deve intendersi come la pellicola d'acqua che si crea attorno alle particelle della matrice solida di cui il biofiltro è costituito.

## Tecnologie di abbattimento in uso nell'impianto di San Zeno

### I Biofiltri – Stadi del processo

**Umidificazione:** l'umidità è il parametro che condiziona maggiormente l'efficienza di un biofiltro in quanto i microrganismi richiedono adeguate condizioni di umidità per il loro metabolismo.

Condizioni di scarsa umidità possono portare alla cessazione dell'attività biologica nonché al formarsi di zone secche e fessurate in cui l'aria scorre, in vie preferenziali, non trattata.

Un biofiltro troppo umido provoca, al contrario, elevate contropressioni, problemi di trasferimento di ossigeno al biofilm, creazione di zone anaerobiche, lavaggio di nutrienti dal mezzo filtrante nonché formazione di percolato a basso pH ed alto carico inquinante. Il contenuto di umidità ottimale del mezzo filtrante è nell'ordine del 40-60%.

**Distribuzione del flusso gassoso:** è importante assicurare, per uniformare l'alimentazione del carico inquinante al biofiltro, un'omogenea distribuzione del flusso attraverso:

- la predisposizione di un sistema di distribuzione efficace al di sotto del letto di biofiltrazione;
- la prevenzione del compattamento della biomassa filtrante. A tal proposito, indagini anemometriche periodiche sulla superficie del biofiltro si rivelano decisive per controllare la uniforme distribuzione dell'alimentazione del biofiltro.

## Tecnologie di abbattimento delle emissioni gassose

### I Biofiltri – Rimozione tramite biofiltrazione di alcuni composti coinvolti nella formazione di emissioni gassose odorose e/o tossiche

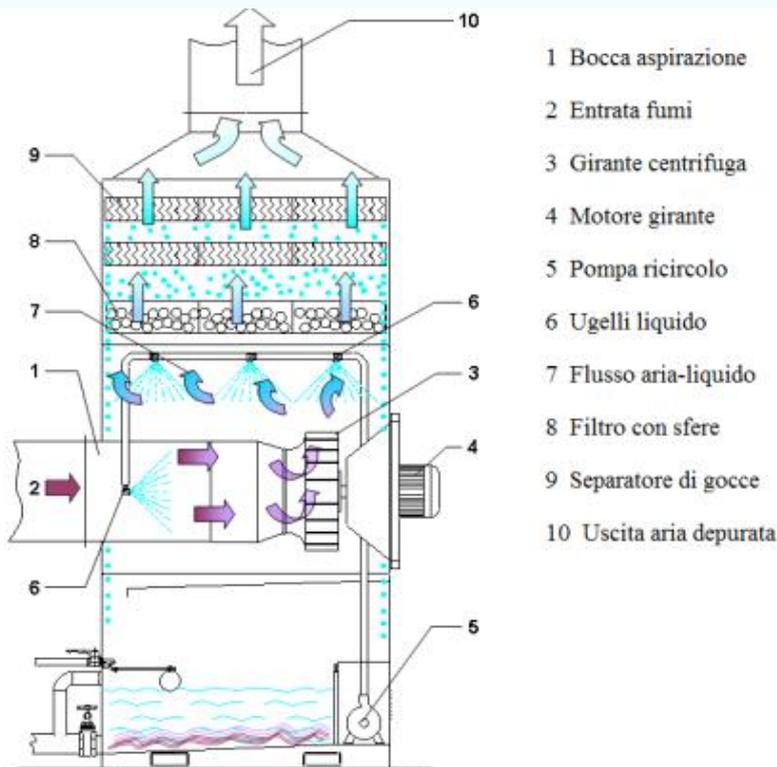
Composto volatile odoroso e/o tossico	Rimozione dal flusso gassoso a seguito di biofiltrazione (%)
Acidi organici	99.9
Aldeidi	92 – 99.9
Ammine, ammidi	92 – 99.9
Ammoniaca	92 – 95
Anidride solforosa	97 – 99
Benzene	> 92
Cadaverina, putrescina, limonene	96
Dimetilsolfuro	91
Etanolo, diacetile, acetoina	96
Idrocarburi policiclici aromatici *	95 – 100
Idrogeno solforato	98 – 100
Isobutano, <i>n</i> -butano	95 – 98
Mercaptani	92 – 95
Monossido di carbonio	90
Propano	92 – 98
Solfuri e disolfuri organici	90 – 99
Terpeni	> 98

fonte: InternaBonal Process Systems, Inc., USA – 1990)

## Tecnologie di abbattimento delle emissioni gassose

### Gli Scrubber

Gli scrubbers sono torri di lavaggio che si basano sul principio dell'assorbimento; esso comporta il trasferimento dalla fase gas alla fase liquida delle componenti inquinanti presenti in una miscela, mediante la loro dissoluzione in un opportuno solvente



Tale tecnica è ampiamente usata per la separazione e purificazione di flussi gassosi che contengono alte concentrazioni composti solubili (VOC, ammoniaca o acido solfidrico).

Gli scrubbers ad umido si basano sull'impiego di soluzioni di lavaggio per rimuovere i composti odoriferi presenti nel flusso gassoso, mediante assorbimento e successiva ossidazione di queste sostanze.

## Punti di emissione a potenziale impatto odorigeno dell'impianto di San Zeno

Le sezioni di trattamento rifiuti del Polo impiantistico di San Zeno dalle quali potrebbero essere emesse sostanze ad impatto odorigeno sono quelle dove vengono stoccati e/o processati i rifiuti con un elevato contenuto di materiale putrescibile quali:

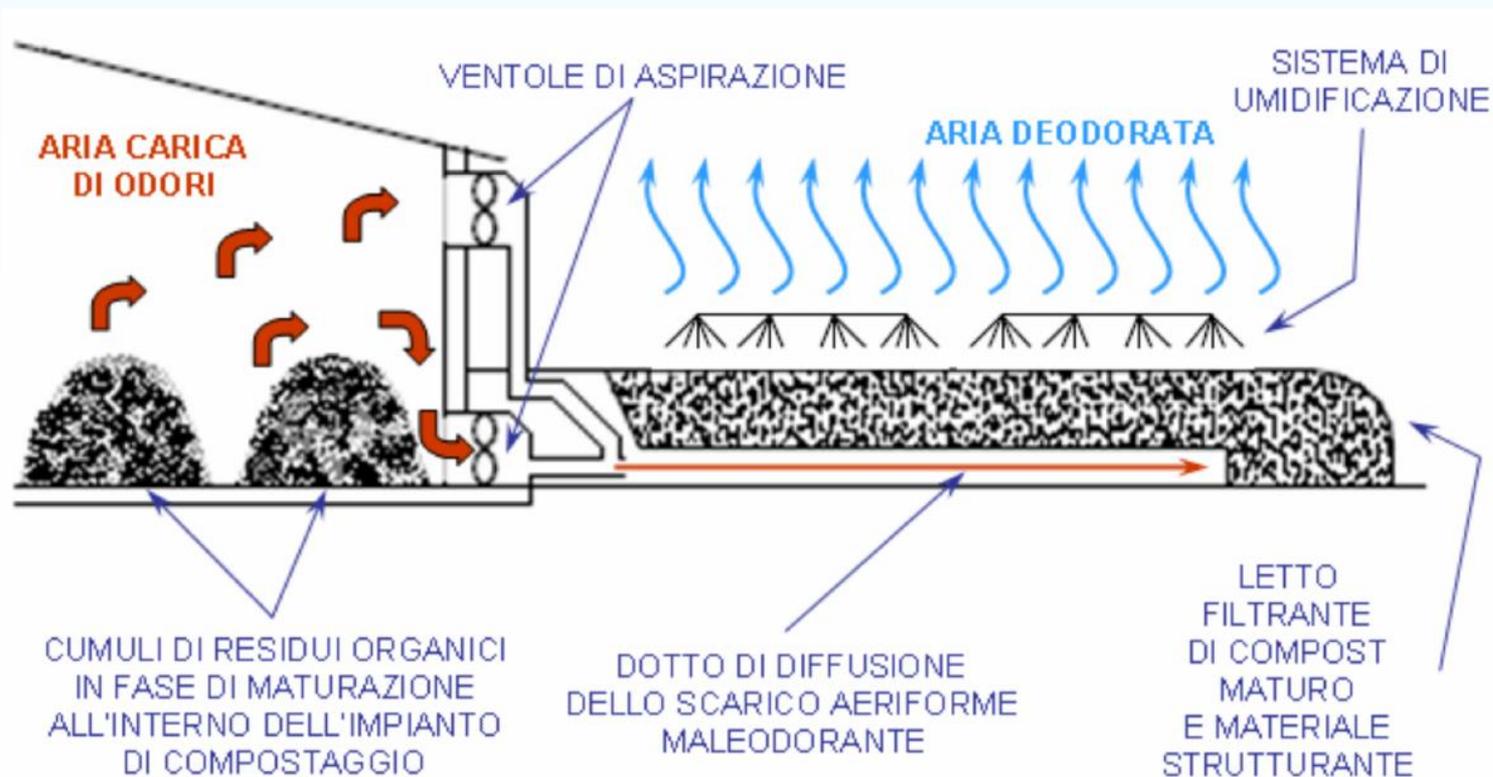
1. sezione di compostaggio → trattamento della frazione organica dei rifiuti da raccolta differenziata;
2. sezione di biostabilizzazione → trattamento del sottovaglio dei rifiuti solidi urbani indifferenziati (RSU) che viene trattato nella;
3. Fosse di stoccaggio RSU → RSU che contiene una certa percentuale in massa di frazione organica e inviati successivamente alla linea di selezione meccanica.

## Tecnologie di abbattimento in uso nell'impianto di San Zeno

### I Biofiltri

Il biofiltro abbate le emissioni mediante processi di tipo biologico ed è a servizio dei seguenti reparti impiantistici:

- Linea di selezione meccanica e trattamento biologico;
- Linea di digestione anaerobica;
- Linea di compostaggio.



**Grazie per l'attenzione**



## METODOLOGIE DI MONITORAGGIO DELLE EMISSIONI ODORIGENE

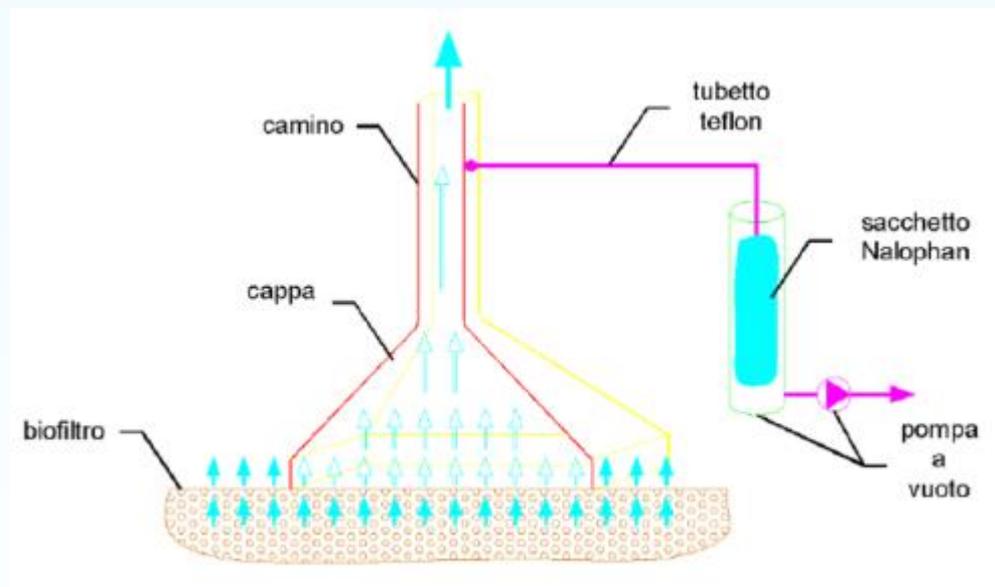
- Mediante caratterizzazione chimica qualitativa e quantitativa, finalizzata alla determinazione della composizione della miscela di sostanze che determinano l'odore.
- Mediante analisi in olfattometria dinamica secondo la norma UNI EN 13725 (panel di persone, campionamento con bags).
- Mediante la rendicontazione della percezione del disturbo olfattivo da parte della popolazione residente (questionari, segnalazioni).
- Mediante l'utilizzo di metodologie senso-strumentali o "Nasi Elettronici" (difficile interpretazione, da "addestrare").
- Mediante il monitoraggio di parametri surrogati (composti analizzabili e rappresentativi del flusso).

## METODOLOGIE DI MONITORAGGIO DELLE EMISSIONI ODORIGENE

### Procedure di raccolta, prelievo e gestione dei campioni gassosi odorigeni per misure olfattometriche

L'olfattometria consiste nel sottoporre ad un gruppo di persone selezionate un flusso di aria in cui sono stati diluiti degli odori.

Al contrario dei metodi analitici, l'olfattometria non dà alcuna informazione sull'identificazione dei composti contenuti nella miscela, ma fornisce l'unità odorimetrica della miscela di gas.



## Come si diffondono gli odori

Un odore è, infatti, generato da molecole che gravitano nell'aria che viene respirata. Tali particelle sono definite "odorigene".

A questo proposito è importante conoscere le diverse situazioni che possono portare alla generazione di emissioni maleodoranti in modo da rendere possibili interventi di prevenzione e/o mitigazione sia a livello delle condizioni di processo, sia sulle caratteristiche delle strutture impiantistiche.

Le emissioni odorigene che vengono prodotte durante i diversi cicli di gestione dei rifiuti sono principalmente di due tipi:

- **convogliate**: quando l'odore è emesso da un canale specifico (ad esempio attraverso camini, portoni, serbatoi);
- **diffuse**: quando le emissioni avvengono da superfici estese a ventilazione naturale o forzata (ad esempio biofiltri e superfici di discarica).

Tra i parametri che contribuiscono alla diffusione degli odori ci sono quelli meteorologici, come il vento e quelli relativi alle caratteristiche degli ambienti.