

Linea guida per la caratterizzazione, l'analisi e l'autorizzazione delle emissioni gassose in atmosfera delle attività ad impatto odorigeno

Campionamento olfattometrico

Premessa

Il presente documento è stato elaborato nell'ambito del "Tavolo regionale per lo studio delle problematiche relative alle emissioni odorigene da fonti stazionarie" istituito presso la "Regione Lombardia – Direzione Generale Qualità dell'Ambiente" nel febbraio 2007 (di seguito TdL).

Nell'ambito dei lavori del TdL è emersa la necessità di definire, tra l'altro, gli elementi di controllo per la verifica della corretta gestione dei cicli produttivi al fine di contenere le emissioni odorigene. Tra questi elementi risulta indispensabile definire quelle attività per le quali la stessa norma di riferimento UNI EN 13725:2004 afferma "siano necessarie ulteriori ricerche per completare la questione".

In particolare, al fine di mettere in atto un efficace programma di controllo delle emissioni odorigene, risulta necessario definire le modalità di ottenimento di campioni rappresentativi delle emissioni stesse. Infatti, gli aspetti legati al campionamento sono accennati nella EN 13725, ma non in maniera esaustiva, per cui risulta indispensabile integrarla con un documento specifico sulle strategie e le procedure di prelievo di campioni gassosi da sottoporre ad analisi olfattometrica per la determinazione della concentrazione di odore.

I contenuti del presente documento derivano dalle esperienze consolidate di laboratori pubblici e privati che hanno affrontato le problematiche relative alla misura degli odori:

1. Scopo e campo di applicazione

Scopo del presente documento è la definizione delle modalità di effettuazione dei campionamenti olfattometrici in campo.

Nell'olfattometria, il campionamento costituisce uno degli elementi di maggiore importanza. La qualità delle fasi di misura successive, quali l'analisi olfattometrica e la valutazione dei risultati, dipendono da un campionamento opportuno.

Lo scopo del campionamento è ottenere informazioni rappresentative sulle caratteristiche tipiche di una sorgente attraverso il prelievo di opportune frazioni di volume dell'effluente.

Come caratteristiche tipiche di una sorgente si intendono:

- corso temporale dell'emissione, inclusi i picchi emissivi;
- modalità di trasferimento delle sostanze odorigene dalla sorgente all'atmosfera (portata gassosa volumetrica misurabile convenzionalmente per sorgenti definite; portata gassosa volumetrica non misurabile convenzionalmente per sorgenti diffuse);
- configurazione geometrica della sorgente, i.e. sorgente puntuale, areale o volumetrica.

Le condizioni di esercizio campionate, la durata e il numero dei campionamenti deve essere tale da poter consentire di valutare l'impatto olfattivo relativo alla sorgente campionata.

Nel presente documento si fa riferimento al campionamento di tipo statico (o campionamento per olfattometria ritardata, cfr. par. 7.2.2 della UNI EN 13725:2004). Questa metodologia di campionamento prevede che una frazione dell'effluente venga aspirata in opportuni sacchetti realizzati con materiali olfattivamente neutri e che sia quanto più velocemente possibile analizzata all'olfattometro.

2. Documenti di riferimento, acronimi e definizioni

Il presente documento 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, escluse le normative di legge, successive modifiche o revisioni apportate a dette pubblicazioni valgono unicamente se introdotte nel presente documento come aggiornamento o revisione. Per i riferimenti non datati vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa riferimento (compresi gli aggiornamenti).

I documenti di riferimento per la presente procedura, anche per quanto riguarda i termini, le definizioni, i simboli e le unità di misura (in particolare l'unità di misura della concentrazione di odore, ossia l'unità olfattometrica europea al metro cubo [ou_E/m^3]), sono i seguenti:

- UNI EN 13725:2004, Qualità dell'aria - Determinazione della concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica (nel seguito: UNI EN 13725).
- UNI 10169:2001, Misure alle emissioni - Determinazione della velocità e della portata di flussi gassosi convogliati per mezzo del tubo di Pitot. Rispetto alla norma ISO 10780:1994 (citata dalla EN 13725), pur mantenendo una concordanza sostanziale, nella UNI 10169 sono state introdotte alcune variazioni di carattere operativo allo scopo di meglio rispondere all'esperienza nazionale acquisita in questo capo.
- UNI EN 13284-1:2003, Emissioni da sorgente fissa - Determinazione della concentrazione in massa di polveri in basse concentrazioni - Metodo manuale gravimetrico.

In particolare, i campionamenti olfattometrici oggetto del presente documento seguono il metodo descritto nel capitolo 7 e nell'Appendice J della UNI EN 13725.

3. Pianificazione di campionamenti e prove olfattometriche

Al fine di determinare le emissioni dalle sorgenti odorigene principali è necessario predisporre un piano di monitoraggio, in modo tale che le singole analisi consentano di ottenere il maggior numero di informazioni significative riguardo all'impatto olfattivo dell'impianto, evitando errori o repliche inutili nelle misurazioni.

Campionamenti e analisi devono essere condotti al fine di ottenere risultati rappresentativi delle emissioni dell'impianto monitorato. A tale scopo è importante procurarsi sufficienti informazioni sull'impianto e sulle sue emissioni prima del campionamento.

Innanzitutto, un'approfondita conoscenza ed analisi del ciclo produttivo e di tutte le attività dell'impianto sono fondamentali al fine di individuare le principali sorgenti olfattive dello stesso.

Può essere importante conoscere la composizione chimica delle emissioni, e soprattutto avere informazioni riguardo all'eventuale presenza di composti tossici all'interno degli effluenti da campionare. Tale conoscenza è importante per motivi di sicurezza, sia per l'operatore addetto ai prelievi, sia per gli esaminatori che effettuano l'analisi olfattometrica.

L'individuazione dei punti di campionamento precedentemente al prelievo dei campioni è molto importante anche a fini logistici e di organizzazione dei prelievi stessi. In alcuni casi potrebbe infatti essere necessario l'impiego di accorgimenti specifici allo scopo di rendere possibili o facilitare le operazioni di campionamento (e.g., realizzazione di prese campione, predisposizione di mezzi sicuri per raggiungere punti di campionamento poco agibili, utilizzo di specifiche attrezzature di campionamento, ecc.).

Per i suddetti motivi è necessario, nel corso della pianificazione di un monitoraggio olfattometrico, l'effettuazione di un sopralluogo presso l'impianto da monitorare e la successiva stesura di un verbale di sopralluogo in cui vengano individuati tutti i punti di campionamento con eventuali annotazioni sulle modalità di prelievo.

4. Requisiti generali per il campionamento

4.1. Condizioni di lavoro

Per l'effettuazione dei campionamenti è necessario predisporre il luogo di campionamento in modo tale che l'operatore di prelievo possa svolgere il suo lavoro in sicurezza. Più nel dettaglio, questo significa che:

- il luogo di campionamento deve essere facilmente raggiungibile e corrispondere ai requisiti relativi alla sicurezza sul lavoro;
- il punto di campionamento deve essere adeguato, ossia consentire il prelievo del campione e le eventuali altre misurazioni necessarie (e.g., misura della velocità dell'effluente).

4.1. Scelta dei materiali

I materiali di campionamento devono soddisfare le caratteristiche del par. 6 della EN 13725, ed in particolare i criteri di seguito elencati.

- Inerzia. I materiali utilizzati devono essere tali a minimizzare la possibilità che si verifichino interazioni fra l'aeriforme da campionare e i materiali stessi, e.g:
 - Politetrafluoroetilene (PTFE, TeflonTM);
 - Copolimero di Tetrafluoroetilene e Esafluoropropilene (FEP);
 - Polietilentereftalato (PET, NalophanTM);
 - Vetro (svantaggio: fragilità);
 - Acciaio (vantaggio: elevata stabilità meccanica e termica, svantaggio: chimicamente non sempre inerte, condensazioni e sporcamenti non possono essere verificati visivamente).

- Superficie liscia.
- Assenza di odore proprio del materiale (neutralità odorigena).
- Tenuta: porosità e coefficiente di diffusione bassi, al fine di evitare perdite di campione o, al contrario, ingresso di aria falsa.

Il campione non deve entrare in contatto con materiali non consentiti. Questo vale anche per eventuali connessioni o guarnizioni.

4.2. Pulizia

Al fine di essere riutilizzate, le apparecchiature di campionamento devono essere pulite in modo tale da essere rese inodori, evitando così fenomeni di contaminazione dei campioni. In particolare, per quanto riguarda la pulizia dell'apparecchiatura di campionamento si fa riferimento al par. 6.2.4 della EN 13725.

4.3. Sacchetti di campionamento

I materiali impiegati per la realizzazione dei sacchetti di campionamento devono soddisfare i requisiti elencati al par. 4.1 del presente documento. Nella pratica, si sono dimostrati adeguati i materiali seguenti:

- Copolimero di Tetrafluoroetilene e Esafluoropropilene (FEP);
- Polietilentereftalato (PET, NalophanTM);
- Politetrafluoroetilene (PTFE, TeflonTM): utilizzato per la realizzazione del tubo attraverso il quale il gas entra durante il campionamento ed esce durante l'analisi e del tappo per la chiusura del sacchetto.

Eventuali nuovi materiali per la realizzazione dei sacchetti dovranno essere testati per verificare l'assenza di odore proprio del materiale. Tale verifica deve essere effettuata secondo la seguente procedura: un minimo di 3 sacchetti vengono riempiti con aria neutra e stoccati per 24 ore. Successivamente viene determinata la concentrazione di odore all'interno del sacchetto. Il materiale si considera privo di odore se non è possibile determinarne la concentrazione, oppure se la concentrazione massima rilevata è inferiore di almeno P_{olf}^4 volte (P_{olf} = passo di diluizione dell'olfattometro) rispetto alla concentrazione dell'aeriforme che dovrà essere contenuto all'interno del sacchetto.

I nuovi materiali dovranno essere testati anche per quanto riguarda la stabilità del campione nel tempo, al fine di verificare che non ci siano perdite di composti attraverso il sacchetto con conseguente calo della concentrazione di odore del campione. A tale scopo è necessario analizzare il campione a diversi tempi: immediatamente dopo al prelievo, e successivamente a diversi tempi, fino alle 30 ore di stoccaggio consentite dalla EN 13725. Se i valori di concentrazione di odore riscontrati ai diversi tempi differiscono di un fattore inferiore a 1.5 i campioni possono essere ritenuti stabili.

4.4. Pre-diluizione dinamica

Per quanto riguarda la prediluizione dinamica dei campioni si fa riferimento a quanto riportato nei par. 7.3.2.1 e 7.3.2.3 della EN 13725.

La prediluizione dei campioni può risultare necessaria al fine di evitare perdite all'interno del sacchetto, che possono verificarsi a causa di fenomeni di condensazione o adsorbimento. Normalmente è necessaria la prediluizione di campioni con elevata concentrazione, elevata temperatura e/o elevato contenuto di umidità. Prima del campionamento devono essere valutate temperatura e umidità dell'aeriforme da campionare.

Il fattore di prediluizione deve essere tale da impedire che il punto di rugiada del campione prediluito venga raggiunto tra il momento del campionamento e l'analisi olfattometrica. E' pertanto necessario prestare particolare attenzione nel caso di basse temperature esterne o di stoccaggio. Come gas di prediluizione è possibile utilizzare azoto (inerte) o aria sintetica.

La pre-diluizione del campione durante il campionamento si applica in particolare nei seguenti casi:

- quando può verificarsi la formazione di condensa nel sacchetto di campionamento, ad esempio quando l'aeriforme da campionare ha umidità relativa superiore al 90% o quando ha temperatura superiore a 50 °C;
- quando la concentrazione di odore presunta nell'aeriforme da campionare eccede l'intervallo di diluizione dell'olfattometro impiegato per la misurazione;
- quando sia opportuno ritardare i processi di ossidazione nel campione, riducendo la concentrazione di ossigeno nel sacchetto; in questo caso il gas neutro è necessariamente azoto.

A tale riguardo si ricorda la possibilità di utilizzare delle formule o diagrammi di stato per prevedere ed impedire la formazione di condense.

Le apparecchiature di prediluizione devono essere pulite tra un prelievo e il successivo, al fine di evitare la contaminazione dei campioni.

4.5. Durata dei campionamenti

In generale non è necessario fissare una durata minima del campionamento, purché questo risulti rappresentativo dell'emissione campionata.

4.6. Numerosità dei campionamenti

Il numero dei campioni deve essere valutato in base all'obiettivo dell'indagine olfattometrica.

4.7.1. Verifica del rispetto di limiti di emissione

E' necessario effettuare i campionamenti con l'impianto a regime, nelle condizioni che portino alla massimizzazione delle emissioni di odore.

Nel caso di impianti con condizioni di lavoro variabili, è necessario effettuare un campionamento per ciascuna delle condizioni che, sulla base dell'esperienza, provocano le maggiori emissioni di odori.

4.7.2. Valutazione dell'efficienza di presidi di abbattimento

E' necessario effettuare i campionamenti a monte e a valle del presidio, con impianto e presidio in condizioni di funzionamento di regime.

4.7.3. Ottenimento di dati per la valutazione dell'impatto olfattivo dell'impianto

Nel caso di utilizzo dei risultati dell'indagine olfattometrica per la valutazione di impatto olfattivo dell'impianto (ad esempio mediante l'applicazione di modelli matematici per la simulazione della dispersione delle emissioni), è necessario che il campionamento sia condotto in modo tale da ottenere una fotografia il più possibile rappresentativa delle emissioni dell'impianto nelle eventuali diverse condizioni di esercizio.

4.7. Stoccaggio e trasporto dei campioni

Il tempo fra il momento del campionamento e quello dell'analisi olfattometrica deve essere minimizzato con lo scopo di ridurre le possibilità di alterazioni del campione durante lo stoccaggio. In conformità con quanto previsto dalla EN 13725, l'intervallo tra il campionamento e la misurazione non deve comunque essere maggiore di 30 h. In ogni caso è opportuno che sul report della prova olfattometrica siano riportate, per ciascun campione, sia l'ora di prelievo sia quella di analisi, in modo tale che sia immediatamente deducibile il tempo di stoccaggio del campione stesso.

Occorre tenere conto che tutti i processi che possono causare il deterioramento degli odoranti campionati progrediscono nel tempo (assorbimento, diffusione e trasformazione chimica). La trasformazione chimica può essere minimizzata riducendo la disponibilità di ossigeno e vapore acqueo nel campione mediante prediluizione con azoto secco. I dati sufficienti di esami sistematici estesi sulla conservabilità dei campioni non sono conclusivi.

Durante il trasporto e la conservazione, i campioni devono essere mantenuti a meno di 25 °C. La temperatura, tuttavia, deve essere mantenuta sopra il punto di rugiada dei campioni, per evitare la formazione di condensa.

I campioni non devono essere esposti alla luce solare diretta o a intensa luce diurna, al fine di ridurre al minimo le reazioni (foto)chimiche e la diffusione.

I campioni devono essere protetti da eventuali danneggiamenti meccanici e devono essere evitate contaminazioni dall'esterno.

5. Strategia di campionamento in base alla tipologia di sorgente

5.1. Principi generali

Quando si effettua una misura non è sufficiente misurare la concentrazione di odore, ma si deve tenere conto anche della portata gassosa associata alla sorgente di odore, perché nella maggior parte dei casi queste due grandezze sono correlate fra loro. Il parametro fondamentale da considerare è la portata di odore (OER – Odour Emission Rate), espressa in unità odorimetriche al secondo (ou_E/s), e ottenuta come prodotto della

concentrazione di odore per la portata gassosa. La portata gassosa volumetrica deve essere valutata in condizioni normali per l'olfattometria: 20°C e 101.3 kPa su base umida.

La tecnica usata per il campionamento dipende dalla tipologia di sorgente (Gostelow et al., 2003; Bockreis e Steinberg, 2005) ed è importante tanto quanto il metodo di misura.

5.2. Sorgenti puntuali

In una sorgente puntuale l'odore è emesso da un singolo punto, normalmente in maniera controllata attraverso un camino.

In questo caso il campionamento consiste nel prelievo di una frazione dell'aeriforme convogliato.

Se l'aeriforme da campionare è in pressione, il prelievo può essere condotto in maniera diretta, inserendo il sacchetto di campionamento all'interno del condotto.

Altrimenti, il prelievo deve essere condotto creando una depressione. A tale scopo il sacchetto deve essere inserito in un opportuno contenitore. L'aria all'interno del contenitore viene aspirata mediante una pompa. A causa della depressione così realizzata l'aeriforme è aspirato all'interno del sacchetto di campionamento in maniera indiretta (Figura 1). Il contenitore utilizzato deve essere a tenuta, al fine di evitare l'ingresso di aria falsa. Il vantaggio di questa procedura è che l'aeriforme da campionare non entra in contatto con la pompa.

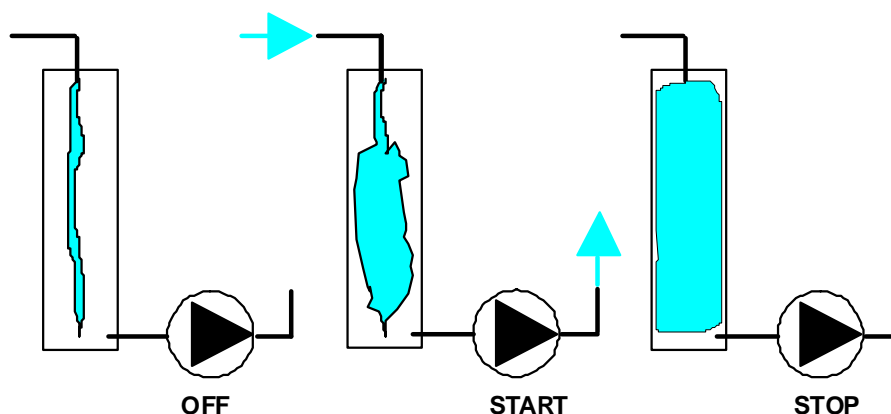


Figura 1. Schema di campionamento con pompa a depressione

Il punto di prelievo dovrebbe essere posizionato su una sezione di misura scelta in modo tale che la velocità su tale sezione sia il più possibile uniforme (UNI 10169).

I sacchetti di campionamento possono essere condizionati prima del prelievo. A tale scopo essi vengono riempiti con l'aeriforme da campionare e poi svuotati.

Nel caso di sorgente puntuale, è possibile calcolare il flusso gassoso in uscita misurando la velocità dell'aria e la sezione trasversale del condotto. L'OER è calcolato come segue:

$$OER = Q_{effl} \cdot c_{od}$$

$$OER = \text{portata di odore (ou}_E\text{/s)}$$

$$Q_{effl} = \text{portata volumetrica dell'effluente (m}^3\text{/s)}$$

$$c_{od} = \text{concentrazione di odore misurata (ou}_E\text{/m}^3\text{)}$$

5.3. Sorgenti volumetriche

Le sorgenti volumetriche sono tipicamente degli edifici dai quali fuoriescono degli odori, sia intenzionalmente attraverso condotti a ventilazione naturale, sia non intenzionalmente attraverso porte, finestre o altre aperture. La stima dell'OER in questi casi è complicata, in quanto è difficile misurare una concentrazione di odore rappresentativa e generalmente non è possibile definire un flusso preciso. Per effettuare una valutazione dell'OER si deve cercare di misurare la velocità dell'aria in corrispondenza delle aperture, oppure stimare la portata gassosa che fuoriesce dall'edificio mediante l'utilizzo di opportuni gas traccianti.

L'OER di odore viene poi calcolato con la formula seguente:

$$OER = Q_{effl} \cdot c_{od}$$

OER = portata di odore (ou_E/s)

Q_{effl} = portata volumetrica dell'effluente uscente dall'edificio (m^3/s)

c_{od} = concentrazione di odore misurata (ou_E/m^3).

5.4. Sorgenti areali

Nel caso di sorgenti areali si hanno tipicamente delle emissioni da superfici solide o liquide piuttosto estese. Si possono distinguere due diversi tipi di superfici emissive areali:

- con flusso indotto (attive): sono sorgenti con un flusso di aria uscente (e.g. biofiltri o cumuli areati).
- senza flusso indotto (passive): l'unico flusso presente è quello dovuto al trasferimento di materia dalla superficie all'aria sovrastante. Esempio di questo tipo sono le discariche, e le vasche degli impianti di depurazione acque reflue.

Il limite fra sorgenti areali attive e passive è fissato per convenzione ad un flusso volumetrico specifico pari a $50 m^3/h/m^2$.

5.4.1. Sorgenti areali attive

In questo caso per il campionamento si utilizza una cappa "statica" che isola una parte di superficie e permette di convogliare il flusso nel condotto di uscita della cappa, dove viene prelevato il campione, con le stesse modalità adottate per il campionamento da sorgente puntiforme.

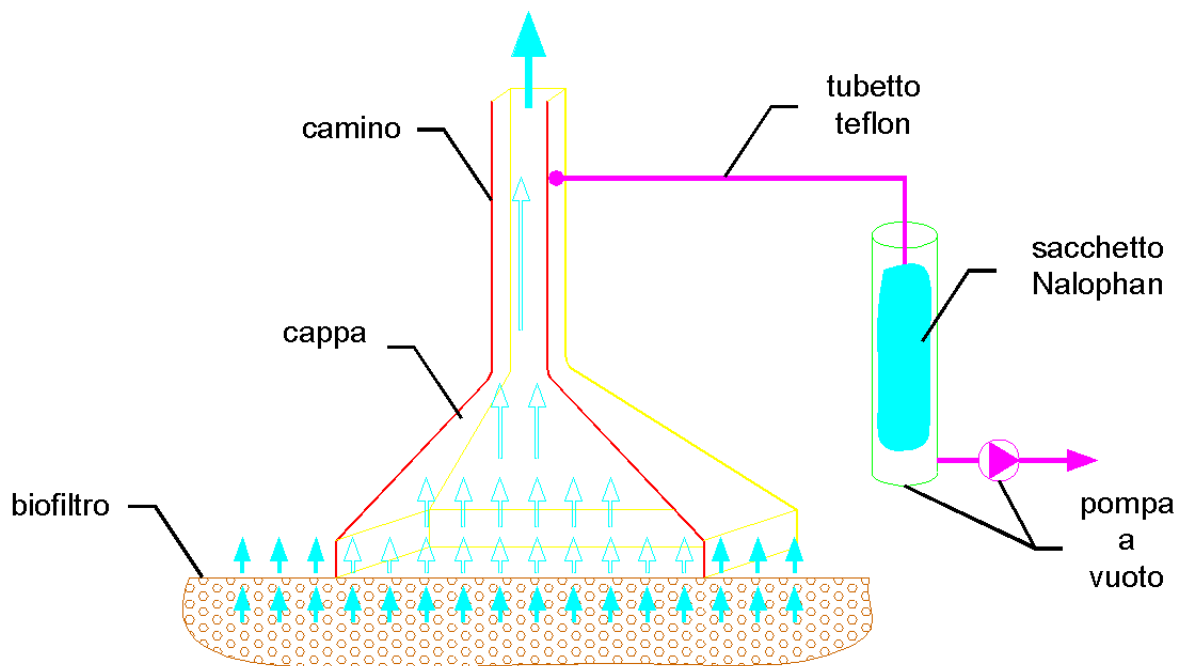


Figura 2. Schema di campionamento da sorgente areale attiva (biofiltro)

La cappa statica è costituita da due corpi di cui il primo è un tronco di piramide o cono cavo con base di area nota (ed es. $1 m^2$) e il secondo, sormontante il primo, è un camino di espulsione cilindrico avente un diametro compreso fra 10 e 20 cm. Sul condotto di uscita della cappa sono predisposte delle aperture per consentire il prelievo del campione e la misura dei parametri fisici dell'emissione. La cappa deve essere costituita di materiale inerte dal punto di vista odorigeno (ad es. acciaio o alluminio rivestito internamente di politetrafluoroetilene). La lunghezza del camino e la posizione della bocchetta di ispezione devono ottemperare le prescrizioni della norma UNI EN 13284-1:2003.

Per il prelievo, la cappa deve essere posta sulla superficie emittente con lo scopo di isolare il punto di prelievo dall'atmosfera esterna ed in particolare evitando che il vento diluisca il gas emesso prima che esso sia aspirato dal sacchetto di prelievo.

Al fine di ottenere dei dati rappresentativi dell'intera sorgente, è necessario effettuare più campionamenti in diversi punti distribuiti uniformemente sulla superficie emissiva. Più nel dettaglio: la superficie campionata mediante l'ausilio della cappa statica dovrebbe essere ca. l'1% della superficie emissiva totale con, a prescindere dalla superficie emissiva, un minimo di 3 e un massimo di 10 campioni (ad esempio: su un biofiltro con una superficie di 500 m² potranno essere prelevati un totale di 5 campioni in 5 diversi punti distribuiti uniformemente sulla superficie del biofiltro stesso).

Ciascun campione di gas odorigeno viene prelevato inserendo il tubo in PTFE del sacchetto di campionamento nella bocchetta d'ispezione, dopo aver atteso un tempo sufficiente affinché il flusso odorigeno abbia riempito internamente l'intero corpo della cappa.

La bocchetta di ispezione dalla quale viene prelevato il campione è utilizzata anche per l'inserimento delle sonde necessarie alla determinazione dei parametri fisici dell'emissione, quali temperatura, umidità relativa e velocità. In particolare, la determinazione della velocità di efflusso consente di valutare la distribuzione del flusso attraverso l'intera superficie emissiva. E' importante sottolineare che le velocità di efflusso misurate in uscita da una sorgente areale attiva non devono essere utilizzate per la determinazione della portata dell'effluente.

La verifica dell'uniformità del flusso attraverso la superficie emissiva è importante al fine di definire la concentrazione di odore media emessa, ossia il valore medio che, moltiplicato per la portata dell'effluente, dà la portata di odore.

Si distinguono due casi possibili:

- sorgenti areali attive con distribuzione del flusso omogenea;
- sorgenti areali attive con distribuzione del flusso non omogenea.

Per sorgenti areali attive con distribuzione del flusso omogenea si intende una sorgente per cui le velocità di efflusso misurate sulle diverse superfici parziali differiscano al massimo di un fattore 2. In questi casi la concentrazione di odore media è ottenuta come media geometrica delle concentrazioni dei singoli campioni, in accordo con la formula seguente:

$$\bar{C}_{od} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n c_i}$$

\bar{C}_{od} = concentrazione di odore media (ou_E/m³)

c_i = concentrazione di odore misurata sulla i-esima superficie parziale (ou_E/m³).

Nel caso di sorgenti areali attive con distribuzione del flusso non omogenea (le velocità di efflusso misurate sulle diverse superfici parziali differiscono di un fattore superiore a 2) la concentrazione di odore media è calcolata come media geometrica pesata, in accordo con la formula seguente:

$$\bar{C}_{od} = \frac{\sqrt[n]{\prod_{i=1}^n (c_i \cdot v_i)}}{\sum_{i=1}^n v_i}$$

\bar{C}_{od} = concentrazione di odore media (ou_E/m³)

c_i = concentrazione di odore misurata sulla i-esima superficie parziale (ou_E/m³)

v_i = velocità di efflusso misurata sulla i-esima superficie parziale (m/s).

5.4.2. Sorgenti areali passive

La stima dell'OER per queste sorgenti risulta essere piuttosto complicato, in quanto è difficile misurare una concentrazione di odore rappresentativa, e soprattutto determinare una portata di aria ben definita.

Per queste ragioni al fine di valutare l'OER è necessario impiegare dei metodi particolari di campionamento denominati metodi a cappa.

Il principio sul quale si basano tali metodi è quello di isolare una parte della superficie emissiva con una cappa, e di misurare la concentrazione di odore all'uscita da essa (Figura 3).

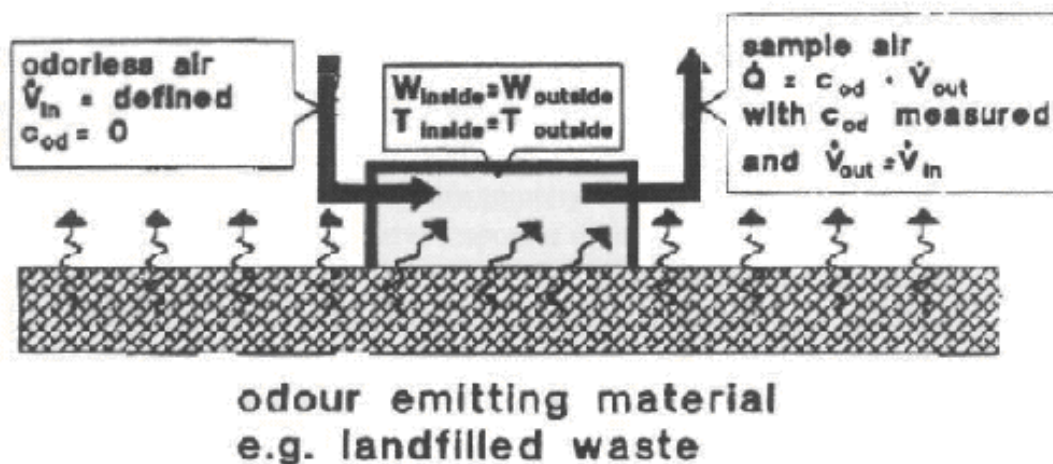


Figura 3. Schema di funzionamento di una cappa per il campionamento da superfici areali passive

Per la valutazione dell'OER è necessario passare attraverso il calcolo di un altro parametro significativo, ossia il flusso specifico di odore (SOER – Specific Odour Emission Rate), espresso in unità odorimetriche emesse per unità di superficie e di tempo ($ou_E/m^2/s$)

$$SOER = \frac{Q_{effl} \cdot c_{od}}{A_{base}}$$

$SOER$ = flusso specifico di odore ($ou_E/m^2/s$)

Q_{effl} = portata volumetrica di aria uscente dalla cappa (m^3/s)

c_{od} = concentrazione di odore misurata (ou_E/m^3)

A_{base} = area di base della cappa (m^2).

Infine, per calcolare l'OER è sufficiente moltiplicare il SOER per la superficie emissiva, i.e. la superficie totale della sorgente considerata:

$$OER = SOER \cdot A_{emiss}$$

OER = portata di odore (ou_E/s)

$SOER$ = flusso specifico di odore ($ou_E/m^2/s$)

A_{emiss} = superficie emissiva (m^2).

Per avere dei risultati che rappresentino la situazione reale, le cappe devono essere utilizzate prestando attenzione ad alcuni aspetti: esse infatti isolano dall'ambiente esterno una porzione della superficie emissiva, e di conseguenza potrebbero alterare l'emissività di tale porzione. Ad esempio una variazione di pressione all'interno della cappa potrebbe sopprimere o favorire l'emissione di odoranti. Per questo motivo è necessario eseguire il prelievo dopo aver lasciato passare un tempo sufficiente dopo il posizionamento della cappa stessa., variabile in funzione delle caratteristiche della cappa.

Per il campionamento da questa tipologia di sorgenti è consigliabile l'utilizzo di cappe di tipo Wind Tunnel (galleria del vento)

Il sistema wind tunnel è disegnato per simulare la condizione atmosferica di flusso parallelo senza rimescolamento verticale: una corrente di aria orizzontale nota passante sulla superficie raccoglie i composti odorigeni volatilizzati provocando un'emissione di odore.

Il principio di funzionamento della wind tunnel è descritto di seguito. Una corrente di aria neutra è introdotta nella cappa a velocità nota.

Sulla base di considerazioni di tipo fisico è possibile dimostrare che il trasferimento di massa dalla superficie liquida (o solida) da campionare alla fase gassosa, e di conseguenza la concentrazione di odore misurata all'uscita della cappa, il SOER e l'OER sono funzione della velocità dell'aria sotto cappa. In particolare, si può dimostrare che:

$$C_{od} \propto v^{-n}$$

$$SOER, OER \propto v^n$$

- C_{od} = concentrazione di odore (ou_E/m^3)
 $SOER$ = flusso specifico di odore ($ou_E/m^2/s$)
 OER = portata di odore (ou_E/s)
 v = velocità dell'aria inviata sotto cappa (m/s)
 n = esponente sperimentale.

In particolare, per i liquidi è stato dimostrato che l'esponente n è pari a 0.5 (Bliss et al., 1995; Capelli et al., 2009).

Secondo questa relazione è possibile osservare che la concentrazione di odore misurata in uscita dalla cappa decresce all'aumentare della velocità, ossia della portata inviata sotto cappa. Per questo motivo in fase di campionamento, in particolare su superfici relativamente poco emissive (e.g. vasche di ossidazione, superfici di lotti di discarica esauriti e chiusi), è necessario operare in condizioni tali da non far scendere i valori di concentrazione in uscita dalla cappa al di sotto di valori intorno alle 50-100 ou_E/m^3 . A tale scopo si consiglia di effettuare i campionamenti con portate sufficientemente basse, ossia che consentano di avere velocità sotto cappa di qualche centimetro al secondo (1-10 cm/s) (Capelli et al., 2009; Frechen et al., 2004). In ogni caso, dato che la concentrazione di odore misurata è funzione della velocità dell'aria inviata sotto cappa durante il campionamento, è opportuno che sul report della prova olfattometrica tale velocità venga esplicitata.

Al di sopra della superficie emissiva avviene un trasferimento di massa convettivo. Gli odoranti si mescolano alla corrente gassosa e fuoriescono dal condotto di uscita dal quale viene prelevato il campione.

Il vantaggio derivante dall'utilizzo di questa tecnica è che la misura è ottenibile in modo relativamente semplice ed economico.

Il problema di questo sistema è che per poter correlare le misure sperimentali con la reale capacità emissiva della fonte di odore è necessario valutare l'aerodinamica della cappa. E' importante conoscere i profili di velocità all'interno della wind tunnel, al fine di poter esprimere le emissioni in funzione della velocità media sulla superficie monitorata.

A titolo esemplificativo, in Figura 4 è riportato la pianta di una wind tunnel (Capelli et al., 2009), con le caratteristiche dimensionali della stessa.

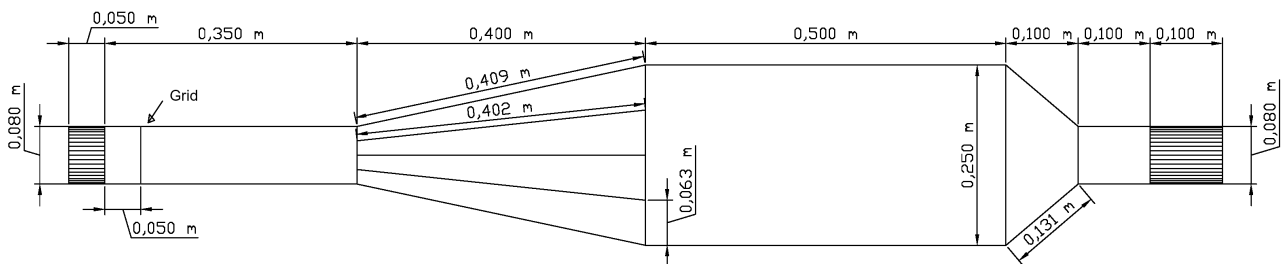


Figura 4. Esempio di pianta di una wind tunnel

In Figura 5 è riportata la stessa cappa in vista tridimensionale.

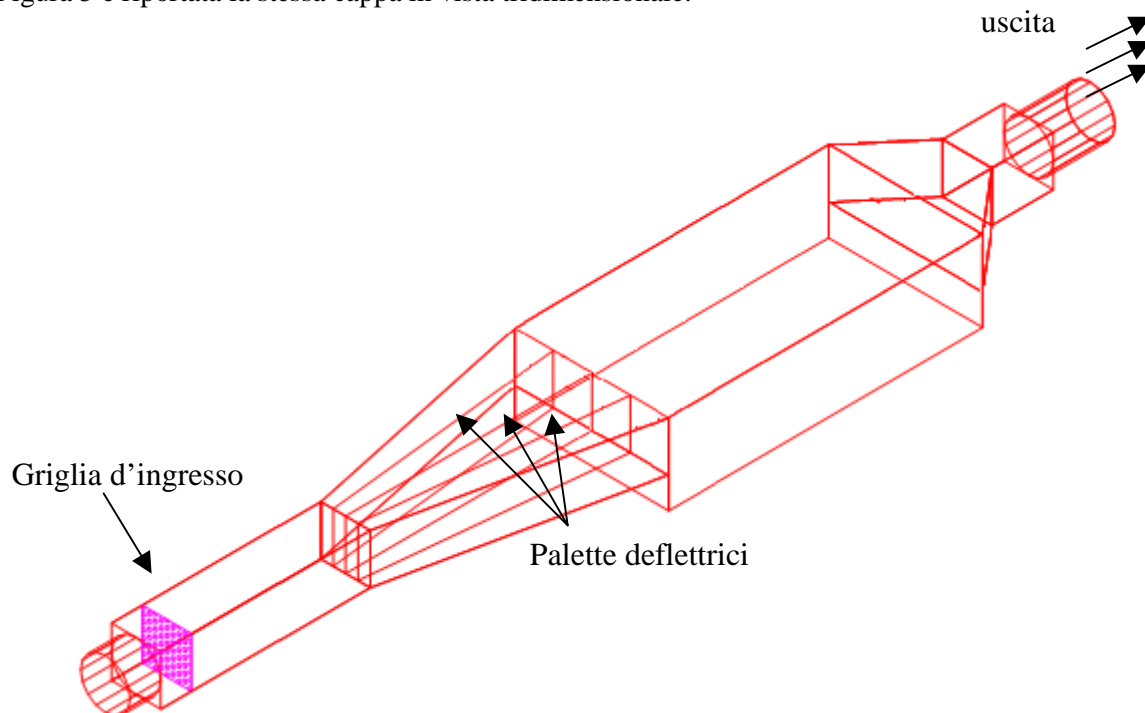


Figura 5. Esempio di vista tridimensionale di una wind tunnel

Per quanto riguarda il numero di campioni da prelevare su una sorgente areale passiva, questo deve essere sufficiente ad ottenere dei dati rappresentativi delle caratteristiche emissive dell'intera sorgente. In generale, le sorgenti possono essere definite come segue:

- sorgenti areali passive omogenee (e.g. vasche movimentate): in questo caso può essere sufficiente il prelievo di un unico campione sull'intera superficie emissiva;
- sorgenti areali passive non omogenee (e.g. superfici di discarica): in questo caso il numero di campioni da prelevare sulla superficie emissiva deve essere aumentato in modo da ottenere una caratterizzazione esaustiva della sorgente stessa (ad esempio, nel caso di campionamento di cumuli di compost, l'individuazione dei punti di campionamento può essere basata sulla diversa età dei cumuli).

6. Bibliografia

Bliss P. J., Jiang K., Schulz T. J., 1995. The Development of a Sampling System for Determining Odor Emission Rates from Areal Surfaces: Part II. Mathematical Model. *Journal of the Air & Waste Management Association* 45, 989-994.

Bockreis A., Steinberg I., 2005. Measurement of odour with focus on sampling techniques. *Waste Management* 25, 859-863.

Capelli L., Sironi S., Del Rosso R., Céntola P., 2009. Design and validation of a wind tunnel system for odour sampling on liquid area sources. *Water Science and Technology* 59, 1611-1620.

Frechen F.B., Frey M., Wett M., Löser C., 2004. Aerodynamic performance of a low-speed wind tunnel. *Water Science and Technology* 50, 57-64.

Gostelow P., Longhurst P., Parsons S.A., Stuetz R.M., 2003. Sampling for Measurement of odours. Scientific and Technical Report No. 17, IWA Publishing, London, UK.