
Allegato A.2

Campionamento olfattometrico

Premessa

La norma tecnica UNI EN 13725 costituisce il riferimento per gli aspetti tecnici e le procedure relative al campionamento olfattometrico e all'analisi in olfattometria dinamica.

In particolare per gli aspetti di campionamento, la norma, nell'edizione attualmente in vigore, non risulta esaustiva. Pertanto, allo scopo di mettere in atto un efficace programma di controllo delle emissioni odorigene, risulta necessaria la definizione di modalità tecnico – operative, funzionali al prelievo di campioni rappresentativi della sorgente emissiva. Il presente documento riporta, quindi, specifiche integrazioni rinvenienti da procedure consolidate e/o definite in successivi documenti di indirizzo. Si precisa che la norma tecnica europea EN 13725:2003 è oggetto di revisione nell'ambito del CEN/TC 264/WG 2 e che, quindi, si dovrà tener conto delle modifiche, eventualmente intervenute, a seguito della nuova pubblicazione.

1. Scopo e campo di applicazione

Scopo del presente documento è la definizione di modalità tecnico - operative opportune per l'esecuzione di campionamenti olfattometrici in campo. L'obiettivo del campionamento olfattometrico è quello di ottenere una frazione volumetrica del campione gassoso, rappresentativa delle caratteristiche tipiche della sorgente emissiva. Pertanto, tale fase costituisce un elemento di fondamentale importanza in grado di influenzare significativamente la qualità del dato analitico e la valutazione dei conseguenti risultati.

Per 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 devono essere tali da garantire la rappresentatività della sorgente campionata.

Nel presente documento si fa espressamente riferimento al campionamento di tipo statico (o campionamento per olfattometria ritardata, così come definito nella norma tecnica UNI EN 13725).

2. Documenti di riferimento

Di seguito si riportano i documenti di riferimento per la presente procedura:

- UNI EN 13725, Qualità dell'aria - Determinazione della concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica (nel seguito: UNI EN 13725).
- UNI EN ISO 16911-1, Emissioni da sorgente fissa - Determinazione manuale ed automatica della velocità e della portata di flussi in condotti - Parte 1: Metodo di riferimento manuale.
- UNI EN 15259 – Qualità dell'aria - Misurazione di emissioni da sorgente fissa. Requisiti delle sezioni e dei siti di misurazione e dell'obiettivo, del piano e del rapporto di misurazione.
- Delibera n. 38/2018 del Consiglio Nazionale del Sistema Nazionale della Protezione dell'Ambiente – “Metodologie per la valutazione delle emissioni odorigene”.
- UNI 11806:2021, Qualità dell'aria - Emissioni odorigene e impatto olfattivo – Vocabolario.

Per quanto riguarda i termini, le definizioni, i simboli e le unità di misura, non già riportati nei citati documenti di riferimento, si rimanda al D.Lgs. 152/06 e s.m.i..

3. Pianificazione di campionamenti e prove olfattometriche

La fase di campionamento deve essere di norma preceduta da attività propedeutiche funzionali alla corretta impostazione del monitoraggio da realizzare, tra le quali:

- acquisizione di sufficienti informazioni sul contesto territoriale in cui si manifestano le problematiche di odore, sulle attività produttive e sulle emissioni di potenziale interesse (individuazione delle sorgenti odorigene principali);
- conoscenza preliminare generale della composizione chimica delle emissioni odorigene e acquisizione di informazioni circa l'eventuale presenza di composti tossici. Tale informazione è importante sia per l'operatore che effettua il prelievo sia per gli esaminatori addetti all'analisi (panel);
- individuazione dei punti di campionamento e valutazione delle loro caratteristiche, anche in relazione alla possibilità oggettiva di effettuare correttamente i prelievi; potrebbe essere necessaria l'installazione di presidi specifici per facilitare o rendere possibili le operazioni di campionamento, soprattutto nel caso di sorgenti emissive convogliate (ad esempio: realizzazione di bocchettoni di prelievo, scale, ecc.);
- valutazione del ciclo produttivo che genera l'emissione, in modo da effettuare una prima valutazione sul fatto che la si possa ritenere ragionevolmente costante ed omogenea nel tempo oppure variabile (con riferimento sia alla portata volumetrica, nel caso di emissioni convogliate o sorgenti areali attive, sia alle caratteristiche quali/quantitative chimiche e odorigene).
- valutazione delle condizioni meteorologiche, occorse nelle 24 ore precedenti al campionamento, che possono influenzare la rappresentatività dei campioni (con particolare riguardo per i campionamenti presso le sorgenti areali).

Per i suddetti motivi è necessario, nel corso della pianificazione di un monitoraggio olfattometrico, effettuare sopralluoghi preventivi presso l'impianto da monitorare.

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 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).

4.2. Scelta dei materiali

I materiali di campionamento devono soddisfare le specifiche caratteristiche riportate dalla norma UNI EN 13725, ed in particolare i criteri di seguito elencati.

- Inerzia. I materiali utilizzati devono essere tali da minimizzare la possibilità che si verifichino interazioni fra l'aeriforme da campionare e i materiali stessi, e.g:
 - Politetrafluoroetilene (PTFE, Teflon™);
 - Copolimero di Tetrafluoroetilene e Esafluoropropilene (FEP);
 - Polietilentereftalato (PET, Nalophan™);
 - Vetro (svantaggio: fragilità);
 - Acciaio (vantaggio: elevata stabilità meccanica e termica, svantaggio: chimicamente non sempre inerte, condensazioni e sporcamenti non possono essere verificati visivamente; in particolare, si sconsiglia l'utilizzo dell'acciaio qualora siano attese concentrazioni relativamente elevate di NH₃ e H₂S).
- 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.

4.3. 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 rimanda alla norma UNI EN 13725.

4.4. Sacchetti di campionamento

I materiali impiegati per la realizzazione dei sacchetti di campionamento devono soddisfare i requisiti riportati nella norma UNI EN 13725. Nella pratica, si sono dimostrati adeguati i materiali seguenti:

- Copolimero di Tetrafluoroetilene e Esafluoropropilene (FEP);
- Polietilentereftalato (PET, Nalophan™);
- Politetrafluoroetilene (PTFE, Teflon™);
- Polivinilfluoruro (PVF, Tedlar™).

Eventuali nuovi materiali (o nuovi lotti di materiale per sacchetti) dovranno essere sottoposti a prova secondo le modalità previste dalla norma UNI EN 13725 per la verifica della concentrazione di odore di fondo prima della messa in servizio. Prima dell'uso, dovranno essere verificate anche eventuali presenza di perdite.

4.5. Pre-diluizione durante il campionamento

Per quanto riguarda la pre-diluizione dei campioni si fa riferimento a quanto riportato nella norma tecnica UNI EN 13725.

La pre-diluizione dei campioni può risultare necessaria nei casi in cui si debbano prelevare campioni gassosi da sorgenti emissive caratterizzate da elevate temperature o con contenuto di umidità tale da generare la formazione di condense all'interno del campione stesso, con conseguente rischio di alterazione delle caratteristiche originali e di possibili fenomeni di adsorbimento. La pre-diluizione può essere effettuata anche su campioni per i quali è ipotizzabile una concentrazione di odore molto elevata. Pertanto, preliminarmente al campionamento, devono essere valutati i parametri temperatura e umidità dell'aeriforme da campionare.

Il fattore di pre-diluizione da applicare deve essere tale da impedire il raggiungimento del punto di rugiada dell'aeriforme nell'intervallo di tempo tra il momento del campionamento e l'analisi olfattometrica. È pertanto necessario prestare particolare attenzione anche nel caso di basse temperature esterne o di stoccaggio. Come gas di pre-diluizione è possibile utilizzare azoto (inerte) o aria sintetica, trattati in modo tale da essere il più possibile tecnicamente inodori e che, secondo i membri del gruppo di prova, non interferiscono con l'odore sotto esame (come definito dalla UNI EN 13725).

In particolare, la pre-diluizione del campione durante il campionamento si applica 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; in quest'ultimo caso, se il campione non presenta rischi di condensa, l'operazione può essere effettuata anche in laboratorio;

-
- 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 rimanda alla possibilità di utilizzare formule o diagrammi di stato per prevedere ed impedire la formazione di condense.

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

La norma UNI EN 13725 prevede che la pre-diluizione possa essere effettuata attraverso due modalità:

- statica: si riempie preventivamente parte del sacchetto con un gas inerte privo di odore (aria secca o azoto). Questa tecnica è utilizzabile con un fattore di diluizione massimo di 3; per fattori di diluizione superiori, l'errore dovuto alla misurazione di un volume minore di campione prelevato, cresce in maniera significativa.
- dinamica: si ottiene miscelando, direttamente in fase di prelievo, il flusso di gas inerte con il flusso di gas campione.

La pre-diluizione dinamica è considerata, ad ogni modo, preferibile rispetto alla modalità statica.

Nei casi in cui le condizioni di campionamento (temperatura, umidità, pressione) si discostino dalle condizioni di taratura dell'apparecchiatura di pre-diluizione dinamica, è raccomandata la verifica del fattore di diluizione applicato mediante l'impiego di un idoneo gas tracciante (es. ossigeno, quando applicabile).

4.6. Durata e numero dei campionamenti

Durata di campionamento e numerosità dei campioni devono essere valutati in base all'obiettivo dell'indagine olfattometrica e all'impiego del dato risultante (es. rispetto dei limiti di emissione, valutazione dell'impatto olfattivo mediante modelli di dispersione); in ogni caso devono essere garantite le condizioni di rappresentatività del campione.

Ai successivi parr. 5.2 e 5.4, si riportano specifiche indicazioni in relazione alle diverse tipologie di sorgenti.

Si precisa che:

- ai fini della verifica del rispetto di limiti di emissione, il campionamento deve essere effettuato 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.
- ai fini della valutazione dell'efficienza di presidi di abbattimento, è necessario effettuare i campionamenti a monte e a valle del presidio, con impianto e presidio in condizioni di funzionamento di regime. La valutazione dovrà essere effettuata facendo riferimento ai valori di portata di odore, come definito nella norma UNI EN 13725.
- ai fini dell'impiego dei risultati dell'indagine olfattometrica per la valutazione dell'impatto olfattivo dell'impianto (ad esempio mediante applicazione di modelli matematici per la simulazione della dispersione), 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

L'intervallo di tempo intercorrente tra il momento del campionamento e quello dell'analisi olfattometrica deve essere minimizzato con lo scopo di ridurre le possibilità di alterazioni del campione durante la fase di stoccaggio (assorbimento, diffusione e trasformazione chimica). In conformità con quanto previsto dalla UNI EN 13725, il tempo di stoccaggio non deve comunque essere maggiore di 30 ore. Si ritiene necessario, in ogni caso, che l'ora di prelievo e quella di analisi siano riportate nel Rapporto di Prova, per ciascun campione, in modo tale che il tempo di stoccaggio sia immediatamente deducibile.

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. La trasformazione chimica può essere minimizzata riducendo la disponibilità di ossigeno e vapore acqueo nel campione mediante pre-diluizione con azoto secco.

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

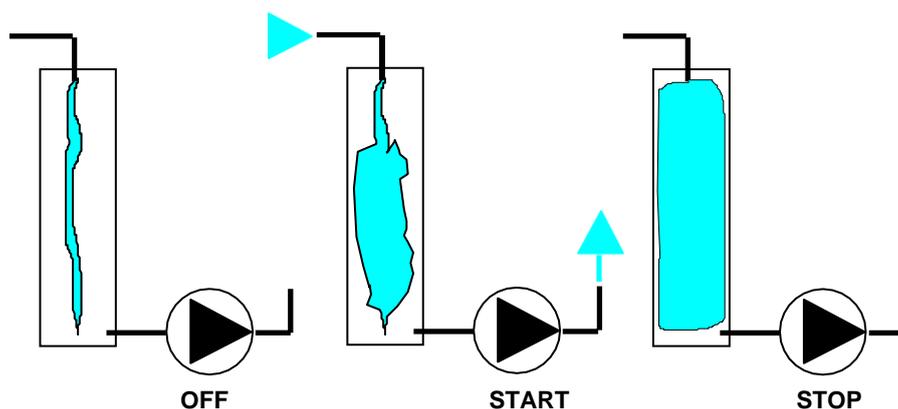
Quando si effettua una misura non è sufficiente determinare la concentrazione di odore, ma si deve tenere conto anche della portata gassosa associata alla sorgente di odore. Il parametro fondamentale da considerare è la portata di odore (OER – Odour Emission Rate), espressa in unità odorimetriche al 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.

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 realizzato in maniera diretta, inserendo il tubo in teflon, di imbocco al sacchetto di campionamento, all'interno del condotto.

Altrimenti, il prelievo deve essere effettuato 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 (Allegato A.2 - Figura 1) senza entrare in contatto né con la pompa né con altri materiali che potrebbero alterarne le caratteristiche. Il contenitore utilizzato deve essere a tenuta.



Allegato A.2 - Figura 1 Schema di campionamento con pompa a depressione

Secondo le specifiche norme per la misura di portata volumetrica (norma UNI EN 15259 e norma UNI EN ISO 16911), la presa di campionamento deve essere posizionata possibilmente in una sezione del condotto che soddisfi i requisiti di stazionarietà ed uniformità di flusso.

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

La portata di odore (OER) è calcolata come segue:

$$\text{OER} = Q_{\text{effl}} * C_{\text{od}}$$

OER: portata di odore espressa come ou_E/s

Q_{effl} : portata volumetrica dell'effluente espressa come m^3/s

C_{od} : concentrazione di odore misurato espressa come uo_E/m^3

Per quanto riguarda la durata dei campionamenti, devono essere considerate le caratteristiche della sorgente, in termini di valutazione delle fluttuazioni della portata odorigena. In generale, si possono considerare le seguenti situazioni:

- emissioni che si possono ritenere caratterizzate da livelli emissivi ragionevolmente costanti sia in termini di portata emissiva (Nm^3/h), sia in termini di caratteristiche chimiche quali/quantitative e, di conseguenza, anche in termini di emissioni odorigene;
- emissioni che non possono ritenersi caratterizzate da livelli emissivi ragionevolmente costanti e pertanto devono essere caratterizzate mediante il campionamento di più porzioni gassose, ognuna delle quali rappresentativa di una diversa condizione emissiva di interesse e possibilmente effettuate in corrispondenza del momento più critico dal punto di vista delle emissioni odorigene.

In fase operativa è comunque necessario verificare "in campo" la variabilità dell'emissione, eseguendo misure dirette e continuative con strumentazioni in continuo (FID, PID o altro), in modo da garantire campionamenti rappresentativi delle condizioni emissive che si vogliono caratterizzare. Poiché i dispositivi di campionamento con pompa a depressione realizzano il riempimento di un sacchetto campione in un limitato periodo di tempo, generalmente pochi minuti, si ritiene opportuno fornire indicazioni operative diverse in funzione delle caratteristiche dell'emissione e degli obiettivi programmati:

- nel caso di emissioni continue in termini di portata emissiva e costanti in termini di caratteristiche chimiche quali/quantitative e quindi, presumibilmente costanti anche in termini di emissioni odorigene, ogni porzione di gas campione da sottoporre ad analisi deve essere ottenuta nell'arco della giornata mediante almeno 3 singoli campionamenti in un intervallo temporale rappresentativo di almeno 30 minuti; in alternativa, possono essere utilizzate pompe a depressione che, attraverso specifici dispositivi (temporizzatori, riduzione della depressione realizzata, ecc.), consentano il riempimento di un unico sacchetto nello stesso intervallo temporale.
- nel caso di emissioni continue in termini di portata emissiva ma variabili in termini di caratteristiche chimiche quali/quantitative e quindi, presumibilmente variabili anche in termini di emissioni odorigene, potrà essere eseguito 1 solo campionamento, cercando di individuare il momento emissivo più critico, qualora interessi caratterizzare solo la condizione estrema. Qualora interessi valutare anche la variabilità dell'emissione, dovranno essere effettuati molteplici singoli campionamenti, in numero sufficiente per caratterizzare correttamente i diversi livelli emissivi, in un adeguato intervallo temporale da stabilire, volta per volta, in funzione delle specifiche caratteristiche della sorgente; i campionamenti dovranno essere analizzati singolarmente.

Nel caso di emissioni caratterizzate da ben definite fasi produttive alle quali sono associabili caratteristiche emissive ben distinte, le modalità di campionamento descritte ai punti precedenti saranno da realizzare per ognuna delle fasi di interesse. Nel caso in cui si vogliano mettere in evidenza esclusivamente i livelli emissivi massimi generata da una specifica attività, seppur associabili a brevi periodi di tempo, è possibile focalizzare l'attività di campionamento nella fase ritenuta più critica, fermo restando la necessità di individuarla con sufficiente attendibilità sulla base delle informazioni a disposizione.

5.3. Sorgenti volumetriche

Le sorgenti volumetriche sono rappresentate 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:

$$\text{OER} = Q_{\text{effl}} * C_{\text{od}}$$

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 (uo_E/m^3)

5.4. Sorgenti areali

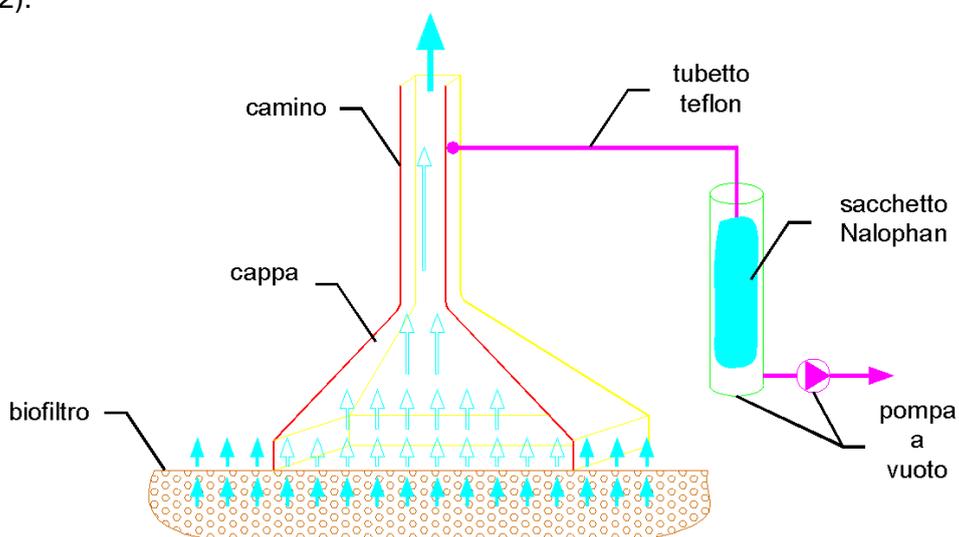
Nel caso di sorgenti areali si hanno tipicamente delle emissioni da superfici solide o liquide piuttosto estese. Si possono distinguere due diversi tipi di superfici emissive areali:

- con flusso indotto (attive): sorgenti areali di dimensioni definite, aventi un flusso di effluente controllato o controllabile (es. biofiltri aperti; vasche aerate di trattamento di reflui liquidi; cumuli aerati).
- 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 $50 \text{ m}^3/(\text{h} * \text{m}^2)$.

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 (Allegato A.2 - Figura 2).



Allegato A.2 - 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).

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. Risulta pertanto necessario effettuare, preliminarmente al campionamento, una mappatura delle velocità di emissione, al fine di verificare l'omogeneità del flusso o l'eventuale presenza di flussi preferenziali.

È 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 altresì importante al fine di definire la concentrazione di odore media emessa, ossia il valore medio che, moltiplicato per la portata dell'effluente, fornisce il valore di 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:

$$\overline{c_{\text{od}}} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n c_i}$$

$\overline{c_{\text{od}}}$ = 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:

$$\overline{c_{\text{od}}} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{\sqrt[n]{\prod_{i=1}^n x_i f_i}}$$

$\overline{c_{\text{od}}}$ = concentrazione di odore media (ou_E/m³)

x_i = concentrazione di odore misurata sulla i-esima superficie parziale (uo_E/m³)

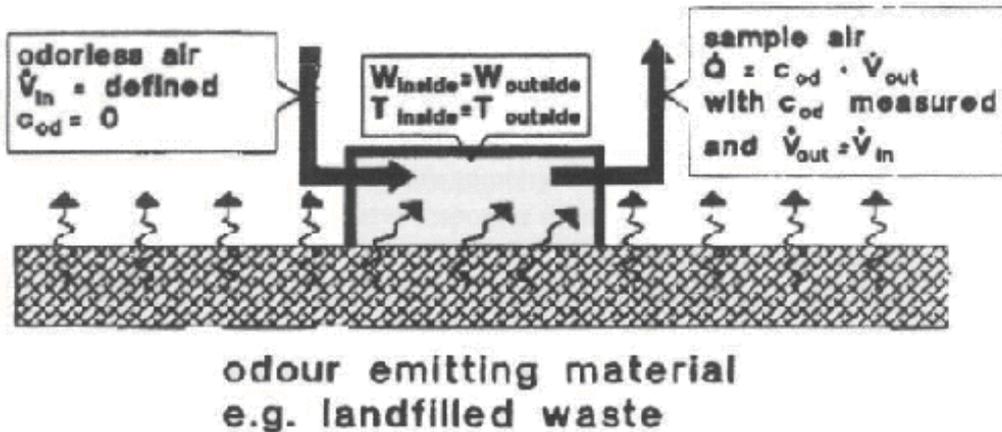
f_i = velocità di efflusso misurata sulla i-esima superficie parziale (m/s)

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 (Allegato A.2 - Figura 3).



Allegato A.2 - Figura 3 Schema di funzionamento di una cappa per il campionamento da superfici areali passive

Per la valutazione dell'OER è necessario determinare 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 ($ou_E/(m^2 \cdot s)$).

$$SOER = \frac{Q_{eff} * c_{od}}{A_{base}}$$

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

Q_{eff} = 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)

L'OER è quindi calcolato moltiplicando il SOER per la superficie emissiva, i.e. la superficie totale della sorgente considerata:

$$OER = SOER * A_{emiss}$$

OER = portata di odore (ou_E/s)

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

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

Per ottenere risultati rappresentativi, 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:

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

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

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).

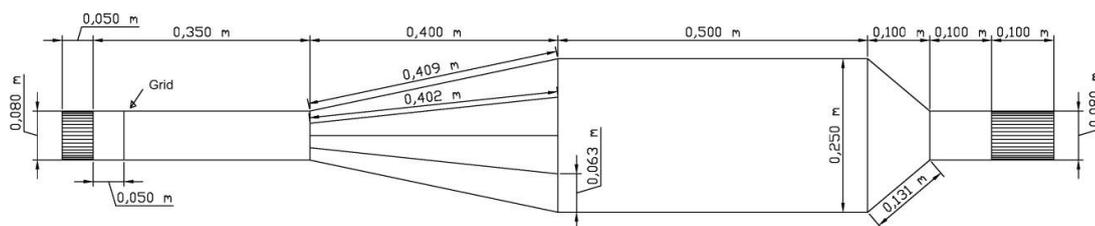
Secondo questa relazione è possibile osservare che la concentrazione di odore misurata in uscita dalla cappa decresce all'aumentare della velocità, ossia della portata inviata sotto cappa. Per questo motivo in fase di campionamento, in particolare su superfici relativamente poco emissive (e.g. vasche 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 Rapporto di Prova 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.

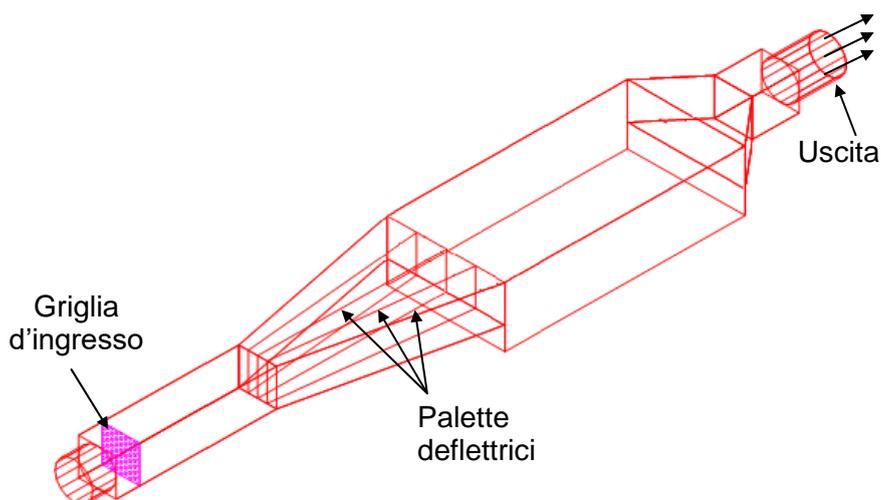
Il problema di questo sistema è che per poter correlare le misure sperimentali con la reale capacità emissiva della fonte di odore è necessario valutare l'aerodinamica della cappa. È importante conoscere i profili di velocità all'interno della wind tunnel, al fine di poter esprimere le emissioni in funzione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

A titolo esemplificativo, in Allegato A.2 - Figura 4 è riportata la pianta di una wind tunnel (Capelli et al., 2009), con le caratteristiche dimensionali della stessa.



Allegato A.2 - Figura 4 Esempio di pianta di una wind tunnel

In Allegato A.2 - Figura 5 è riportata la stessa cappa in vista tridimensionale.



Allegato A.2 - 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 emmissive dell'intera sorgente. In generale, si può stabilire che:

- per sorgenti areali passive omogenee (es. vasche movimentate di materiali liquidi), nelle quali la superficie emissiva si può ritenere ragionevolmente uniforme per effetto della miscelazione, si ritiene sufficiente prelevare un unico campione rappresentativo, avendo l'accortezza di effettuare il prelievo in zona non troppo vicina alla parete perimetrale;
- per sorgenti areali passive non omogenee (es. superfici di discarica, cumuli di rifiuti, compost o materiali in genere, ecc.), il numero di campionamenti dovrà essere valutato sia in funzione delle caratteristiche delle singole porzioni della sorgente areale, sia in funzione della loro specifica estensione. Per fare alcuni esempi concreti, nell'effettuare la caratterizzazione odorigena di cumuli di compost stoccati presso un impianto, l'individuazione del numero di campioni e dei punti di prelievo può essere basata sull'estensione e sui tempi di stoccaggio dei singoli cumuli. Analogamente, nel caso di discariche, nell'effettuare la caratterizzazione odorigena del sito, si dovrà considerare sia lo specifico utilizzo dei diversi settori (fronte di coltivazione della discarica, zone di copertura provvisoria, copertura definitiva, post-gestione, ecc.), sia lo loro estensione.

Per il caso specifico di caratterizzazione odorigena delle emissioni da superfici di discarica, l'individuazione di un'unica metodologia per il prelievo di campioni odorigeni è tuttora oggetto di dibattito scientifico, a causa del più complesso meccanismo di volatilizzazione da superfici solide (Lucernoni et al., 2017). Pertanto, metodi diversi da quello qui descritto potranno essere adottati a seguito dell'evoluzione delle conoscenze scientifiche o all'adeguamento della normativa tecnica relativamente allo specifico caso in esame.

5.5. Campionamenti di aria ambiente

Sebbene il campo di applicazione della norma tecnica UNI EN 13725 sia espressamente rivolto alla determinazione delle concentrazioni di odore presso le sorgenti emmissive, si ritiene utile accennare alla possibilità di prelevare campioni gassosi di aria ambiente, in quanto procedura diffusamente applicata. Tale modalità appare utile nel caso di monitoraggi di situazioni particolari come, ad esempio, quelle di estrema vicinanza con la sorgente e se opportunamente integrata e combinata con altri metodi di indagine in grado di fornire maggiore robustezza alla determinazione eseguita. Pertanto, si ritiene fondamentale che sia approfondito il contesto di applicazione al fine di ottenere risultati rappresentativi. Il prelievo di campioni ambientali viene realizzato mediante pompa a depressione, in modalità istantanea o mediata su periodi temporali maggiori, in relazione alla presenza dell'effetto odorigeno della sorgente.

Per rendere più efficace il campionamento, pertanto, si ritiene auspicabile che il monitoraggio olfattometrico ambientale sia integrato con altre informazioni ed attivato, per quanto possibile, in tempo reale a seguito di segnalazioni di molestia olfattiva e/o di superamenti dei livelli di emissione rilevati da specifici sensori.

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.

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.

Lucernoni F., Capelli L., Sironi S., 2017. Comparison of different approaches for the estimation of odour emissions from landfill surfaces. *Waste Management* 63, 345-353.