

## Capitolo 1

# CARATTERIZZAZIONE DELLA SENSAZIONE DI ODORE

### 1.1- GENERALITÀ SUGLI ODORI

L'odore è la proprietà che hanno alcune sostanze di essere percepibili attraverso il senso dell'olfatto. La possibilità di percepire gli odori, infatti, è correlata al grado di volatilità delle sostanze che li emettono.

La maggior parte delle sostanze odorose che vengono captate dal naso degli esseri umani sono volatili a temperature relativamente basse e, per questo motivo, riescono ad essere facilmente trasportate dall'aria. Basti pensare che in ambiente liquido la percezione olfattiva è nulla e praticamente coincidono le sensazioni dell'olfatto e del gusto, che è quello dei cinque sensi che percepisce le molecole chimiche in soluzione.

Il processo per cui una emissione odorosa viene percepita dagli organi di senso ed analizzata dal cervello è complesso e non ancora ben conosciuto. Non è ancora chiaro, infatti, il motivo per cui la risposta umana ad una sensazione odorosa è altamente soggettiva: a parità di sostanza, differenti persone percepiscono la sensazione odorosa ad un diverso livello.

#### 1.1.1 - LA FASE DELLA PERCEZIONE E LA FASE DEL RICONOSCIMENTO

Il processo di rilevazione di sostanze odorose presenti nell'ambiente si compone di due fasi: la prima di ricezione fisiologica (detta fase della percezione) e la seconda di interpretazione psicologica (detta fase del riconoscimento).

La ricezione avviene attraverso i componenti del sistema olfattivo.

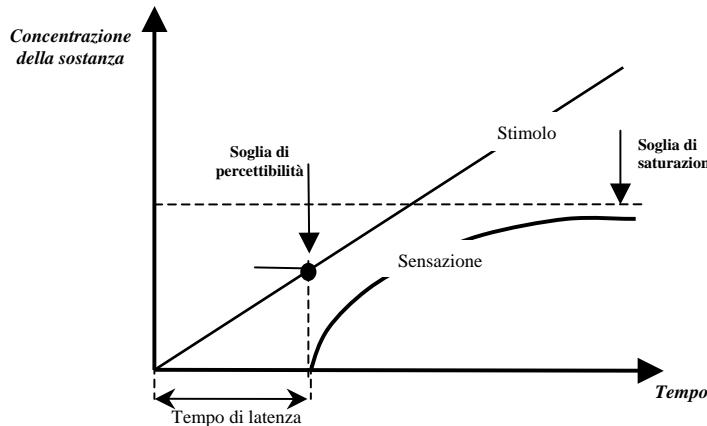
Nel loro percorso le molecole odorose incontrano le finissime ciglia di cui sono provviste le cellule chemiorecettive dell'epitelio olfattivo, localizzato all'estremità superiore di entrambe le cavità nasali.

I neuroni che partono da queste cellule sensoriali si uniscono a formare il nervo olfattorio, lungo il quale si trasmettono al cervello gli impulsi nervosi generati.

Non si sa ancora precisamente come le molecole chimiche possano indurre la formazione degli impulsi elettrici trasportabili dal nervo olfattorio ed al riguardo sono state avanzate diverse ipotesi. È probabile che esse legandosi ai recettori ne provochino un cambiamento nella forma, il quale sarebbe responsabile dell'innesto delle scariche elettriche propagabili.

Una seconda ipotesi prevede che i chemiorecettori rispondano in qualche modo alla frequenza di vibrazione delle molecole (Stuetz, Gostelow, Burgess, 2001)

Per quanto riguarda la relazione tra concentrazione odorosa e risposta sensoriale, il sistema olfattivo si comporta come uno strumento a risposta logaritmica, seguendo la legge di Weber (fig. 1):



**Fig. 1 - Legge di Weber: concentrazione di sostanza odorosa / risposta sensoriale (Monte, 1979)**

Il grafico mostra come, considerando che la concentrazione di una sostanza odorosa, da nulla, aumenti nel tempo in modo lineare, il sistema olfattivo percepisce una sensazione soltanto dopo un certo tempo di latenza. Nel preciso punto di corrispondenza tra il valore finale del tempo di latenza ed un certo valore di concentrazione della sostanza, il sistema olfattivo riesce ad avvertire la presenza della sostanza odorosa esaminata rispetto ad un campione bianco (aria pura). Questo valore di concentrazione è detto *soglia olfattiva* (o soglia di percezione) ed è caratteristico per ciascuna sostanza odorosa. Con il continuo aumentare dello stimolo, la percezione si manifesta, dapprima, come rapidamente crescente, poi essa raggiunge lentamente un valore che rimane pressoché costante nel tempo (detto *soglia di saturazione*).

La seconda fase, l'interpretazione psicologica, comincia quando i dati arrivano al cervello; esso, infatti, li decodifica, li elabora, li memorizza (sotto forma di una specie di "impronta digitale dell'odore") e "decide" l'azione da far seguire allo stimolo, come l'attivazione di meccanismi di difesa in caso di odori sgradevoli particolarmente intensi, seguendo un meccanismo in gran parte ancora sconosciuto.

La fase del riconoscimento è, dunque, in relazione ad un'impressione mentale dell'odore, già presente in una sorta di "banca dati di impronte olfattive" dell'individuo, costituita dalle sue precedenti esperienze olfattive; questo può spiegare in parte perché la risposta ad un odore risulta così soggettiva.

E' estremamente importante tenere presente questo comportamento di risposta del sistema olfattivo e conoscere il valore della soglia olfattiva delle sostanze odorose che bisogna controllare: dovendo effettuare un abbattimento dell'inquinamento da odori, prevedere sistemi che non riuscissero ad abbassare la concentrazione dell'odore fin sotto il valore della soglia olfattiva, non produrrebbe apprezzabili benefici.

## 1.2- MISURABILITÀ E CARATTERIZZAZIONE DEGLI ODORI

La misura delle emissioni odorose "moleste" costituisce il presupposto basilare per la ricerca di soluzioni tecniche finalizzate al loro abbattimento, almeno entro il loro limite di soglia. È evidente, infatti, che senza un'appropriata conoscenza qualitativa e quantitativa del problema, risulta quantomeno difficile, se non impossibile, mettere a punto un efficace sistema di abbattimento.

### **1.2.1 - QUANTITÀ, INTENSITÀ E PERSISTENZA DI UN ODORE**

L'unità di misura degli odori è l'Unità di Odore (OU, detta anche unità olfattiva), definita come un *metro cubo di aria contenente una sostanza odorosa in concentrazione (in ppm) pari alla sua soglia di percezione* (individuata da almeno il 50% degli esaminatori: panel test).

Pertanto, risulta comodo esprimere la misura dell'odore di una sostanza come il numero di volte in cui, in un metro cubo di emissione, viene superato la soglia olfattiva di percezione per la stessa sostanza. Questo numero può essere calcolato effettuando una serie di diluizioni successive ed è detto *Threshold Odour Number* (TON) che è, quindi, proprio il *numero di m<sup>3</sup> d'aria pura che servono per diluire il campione da esaminare fino a che la concentrazione della sostanza odorosa al suo interno raggiunga il valore della soglia di percezione della sostanza stessa*. Esso dà dunque un'idea di quante volte la concentrazione della sostanza odorosa nel campione superi quella corrispondente alla soglia olfattiva.

In generale, l'intensità di un odore può essere espressa in termini di OU/m<sup>3</sup> o, con riferimento ad un componente "tracciante" della miscela odorosa (come ad es. il butanolo o l'idrogeno solforato nel caso di impianti fognari), di microgrammi per litro di aria ( $\mu\text{g/l}$ ) o di ppm.

La persistenza di un odore descrive invece il grado di percezione di un odore al variare della sua concentrazione: è persistente un odore che può essere percepito anche dopo che è stato sottoposto a numerose diluizioni. Un esempio tipico lo si trova nei composti organici contenenti solfuri presenti nelle acque di scarico, con particolare riferimento al dimetisolfuro che presenta caratteristiche di elevata persistenza anche in presenza di bassissime concentrazioni iniziali.

### **1.2.2 - LA SOGLIA ASSOLUTA DI PERCEZIONE ATC**

La soglia di percezione di una sostanza odorosa viene espressa in come ATC (*Absolute Threshold Concentration*), vale a dire come *la minima concentrazione del parametro in esame rilevata, all'analisi olfattiva, dal 100% degli esaminatori*.

Nella tabella 1 sono riportati i valori di concentrazione di alcune sostanze odorose, corrispondenti ai rispettivi valori di soglia assoluta di percezione ATC. Sinotticamente sono riportate le descrizioni qualitative degli odori delle sostanze, le quali vengono effettuate associando ad odori noti, l'odore della sostanza in esame.

### **1.2.3 - METODI ANALITICI E QUALITATIVI DI MISURA**

Gli odori si possono misurare in due modi differenti: utilizzando *metodi analitici*, oppure *metodi olfattometrici*. Le due metodologie si basano su presupposti completamente diversi ed il loro utilizzo presenta relativi vantaggi e svantaggi.

I metodi analitici si basano sulle analisi di campioni di aria effettuate da strumentazioni che riescono ad identificare la sostanza chimica percepita e la sua concentrazione, anche all'interno di miscele. Essi danno risultati sufficientemente accurati ed oggettivi e quindi, sembrano essere i più attendibili.

D'altro canto bisogna considerare il fatto che gli strumenti non riescono sempre a discriminare la presenza di una sostanza se essa non raggiunge valori minimi identificabili. Inoltre, trattandosi di sostanze aeriformi, assume fondamentale importanza la scelta giusta

del sito in cui si effettua il prelievo del campione. Infine, aspetto di non trascurabile importanza, non sono state ancora messe a punto tecnologie di strumentazione sufficientemente economiche.

Formula chimica e nome del composto		Sensazione olfattiva	Soglia di percezione ATC (ppm)	Soglia di riconoscimento (ppm)
H <sub>2</sub> S	Idrogeno solforato	Uova marce	0.00047	0.0047
CH <sub>3</sub> SH	Metil mercaptano	Cavolo, aglio	0.0011	0.0021
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH	Etil mercaptano	Cavolo marcio	0.00019	0,001
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S	Dimetilsolfuro	Legumi marci	0.001	0,001
NH <sub>3</sub>	Ammoniaca	Irritante	0,037	46,8
CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>	Metilammina	Pesce marcio	0,021	0,021
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	Etilammina	Irritante	0,83	0,83
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NH	Dimetilammina	Pesce marcio	0,047	0,16
C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> NH	Indolo	Fecale, nauseabondo	0,0006	---
C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> NH	Scatolo	Fecale, nauseabondo	0,0012	0,47
CH <sub>3</sub> COOH	Acido acetico	Aceto	0,025	6,5
C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> COOH	Butirrico	Burro rancido	0,0004	3
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> COOH	Valerico	Sudore	0,0008	1,3
HCHO	Formaldeide	Acre	0,033	12
CH <sub>3</sub> CHO	Acetaldeide	Frutta, mele	0,004	0,21
CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	Acetone	Frutta dolce	1,1	240
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Benzene	Solvente	4.69	---
Cl <sub>2</sub>	Cloro	Dolce	0.01	0,314
CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	Etanolo (sintetico)	Dolce	10.0	---
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	Fenolo	Medicinale	0.047	---
CH <sub>3</sub> OH	Metanolo	Dolce	100.0	---
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	Toluene	Pungente floreale, solvente	2.14	4,68

**Tab.1** – Valori della soglia di percettibilità e descrizione dell'odore dei composti maleodoranti riscontrabili nelle acque reflue

Effettuando, dunque, un'analisi quantitativa, dell'emissione odorosa si può attribuire un valore numerico all'intensità ed alla concentrazione delle sostanze che la emanano.

L'intensità I è l'entità della sensazione ricevuta e, per valori superiori alla soglia olfattiva al di sotto della quale è nulla, essa è strettamente dipendente dalla concentrazione C secondo la legge di Stevens espressa dalla (1):

$$I = kC^a \quad (1)$$

con:

k ed a = costanti caratteristiche della sostanza, con n variabile tra 0.2 e 0.8

La concentrazione e l'intensità possono essere messe in relazione anche secondo la legge di Weber-Frenchen espressa dalla (2):

$$I = K_b \log(C/C_s) \quad (2)$$

con:

$K_b$  = costante caratteristica della sostanza

$C_s$  = soglia di percettibilità della sostanza.

I metodi di indagine olfattometrica utilizzano invece, un gruppo di rini-analisti come strumento di monitoraggio degli odori. Il gruppo di esaminatori utilizzati per queste misurazioni (Panel Test), deve determinare la soglia olfattiva della sostanza presa in esame; il valore deve essere rilevato da almeno il 50% dello stesso gruppo.

A causa della soggettività della percezione odorosa le tecniche utilizzate sono basate sul confronto tra le sensazioni di diversi individui fatti accomodare in una cabina olfattometrica (fig. 2) nella quale fluiscono i campioni d'aria da analizzare. Quando il campione d'aria comincia a fluire, le persone non riescono subito a riscontrare la presenza di un composto odoroso, fino a che la sua concentrazione non raggiunge la soglia di percettibilità.

Accertata la presenza di una sostanza odorosa rispetto al campione di aria pura, con l'aumentare della concentrazione della sostanza odorosa, si arriva una successiva *soglia di riconoscimento* corrispondente a quella concentrazione alla quale l'individuo riesce ad identificare distintamente l'odore del composto.

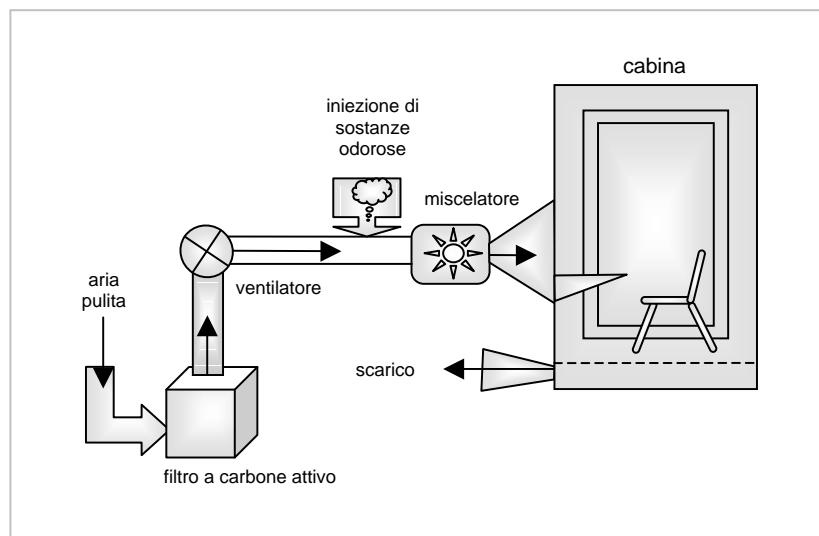


Fig. 2 – Schema di cabina olfattometrica

I metodi analitici effettuano, anche, un'analisi qualitativa degli odori in quanto le persone che testano il campione di odore, danno una descrizione dell'odore, dopo averlo associato istintivamente ad un odore noto caratteristico (v. tabella 1).

Naturalmente, il naso umano è lo strumento migliore soprattutto per la individuazione degli odori che risultano più fastidiosi per una popolazione e per determinarne le soglie limite di intensità.

Ne scaturisce il maggior vantaggio proprio dei metodi olfattometrici che, d'altro canto, non possono essere utilizzabili in assoluto, visto che non sono utili per discriminare all'interno di una miscela la natura e, soprattutto, la quantità dei diversi e vari componenti.

Bisogna sempre considerare il fatto che gli odori che il nostro naso percepisce non sono quasi mai riferibili ad una singola sostanza, ma perlopiù a miscele di più composti chimici odorosi.

L'odore da esse emanate può variare nel tempo in quanto è variabile al loro interno la quantità e la volatilità dei singoli componenti.

L'odore caratteristico delle acque reflue, ad esempio, è riferibile a molti composti chimici in esse presenti, di cui l'acido solfidrico ( $H_2S$ ), il cui odore è più riconoscibile perché più conosciuto, è soltanto quello predominante.

La soglia olfattiva di una miscela di due sostanze, ognuna con il suo proprio valore di soglia, è ottenibile soltanto con metodi analitici, ad esempio mediante la relazione (3):

$$S_x = S_a + \ln [(1-x) + 2^{(S_b-S_a)} \cdot x] \quad (3)$$

con:

$S_x$  = soglia olfattiva della miscela (espressa in unità di odore);

$S_a, S_b$  = soglie olfattive dei due componenti “a” e “b” (espresse in U.O.);

$x$  = frazione del componente “b” nella miscela

Il termine logaritmico indica l'aumento dell'odore della sostanza “a” in relazione alla presenza della sostanza “b”.

Per ottenere la soglia olfattiva di miscele di più sostanze si utilizza invece l'espressione (4):

$$S_x = \ln \left( \sum_{i=1}^N 2^{S_i} \cdot x_i \right) \quad (4)$$

con:

$N$  = numero delle sostanze nella miscela;

$S_i$  = soglia olfattiva del componente  $i$ -esimo (espressa in unità di odore).

Per quanto che riguarda specificamente l'analisi degli odori provenienti da impianti di depurazione delle acque reflue, si può utilizzare il sistema “purge and trap” per analizzare campioni raccolti in punti differenti delle condotte. Con questo metodo si mette in relazione la concentrazione dei vapori con la portata dell'aria insufflata nelle stazioni di prelievo dei campioni.

Aspirando aria dai campioni di liquame, attraverso un procedimento di strippaggio dell'aria, le sostanze odorose possono passare allo stato aeriforme. Dalla misura della loro concentrazione si può ricavare la quantità presente inizialmente nel campione liquido.

Questo procedimento porta all'identificazione di un altro parametro utilizzato nel controllo degli impianti di trattamento delle acque. Esso è l'OGP (Odour Generation Potential) e rappresenta la quantità di sostanze odorose che si liberano da 1  $m^3$  di reflui in un determinato tempo (Koe, Tan, 1990).

### 1.2.4 - LA SOGLIA DI PERICOLOSITÀ AMBIENTALE TLV-TWA

Per quanto riguarda gli ambienti di lavoro, per conoscere i valori limite entro i quali le concentrazioni delle sostanze chimiche responsabili di odori molesti devono essere contenuti, data la carenza di norme nazionali specifiche, si fa riferimento alle prescrizioni della ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists).

In genere, ci si riferisce al parametro TLV-TWA (Threshold Limit Value-Time Weight Average), che rappresenta la concentrazione media della sostanza, ponderata nel tempo per una giornata lavorativa di 8 ore, per 40 ore lavorative settimanali, per 50 settimane l'anno, alla quale i lavoratori possono essere esposti, giorno dopo giorno, senza effetti negativi per la salute.

I valori di TLV-TWA di alcuni composti maleodoranti significativi sono riportati nella seguente tabella (tab. 2).

COMPOSTO	Pericolosità Ambientale TLV-TWA (ppm)
Idrogeno solforato	10
Ammoniaca	25
Acetaldeide	100
Acido Acetico	10
Metilammina	5
Dimetilammina	5
Metilmercaptano	0.5
Etilmercaptano	0.5
Benzene	10
Percloretilene	25
Tricloetilene	50
Toluene	50
Fenolo	5
Piridina	5

**Tab. 2** - Valori del TLV di alcune sostanze maleodoranti (espressi in ppm a 25 °C ed 1 atmosfera)

Quindi, se si considera un lavoratore che opera in un ambiente dove si sviluppa, ad esempio, acido solfidrico, analizzando un campione di aria raccolto durante le intere otto ore lavorative, la concentrazione media deve essere inferiore al TLV-TWA = 10 ppm, mentre la soglia di percezione ATC è di 0,03 ppm.

In presenza di una sorgente odorosa costituita da più sostanze inquinanti, l'esposizione ammissibile di un lavoratore, rispetto al limite complessivo di pericolosità ambientale, viene valutata considerando la sommatoria dei rapporti tra le concentrazioni Ci delle singole sostanze odorose e il rispettivo TLV. Deve risultare, infatti:

$$\sum(C_i/TLV_i) \leq 1$$

dove:

C<sub>1</sub>....C<sub>i</sub> = valori delle concentrazioni dei singoli inquinanti

TLV<sub>1</sub>.....TLV<sub>i</sub> = valori dei corrispondenti TLV

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.