

5.3.5 - Neutralizzazione per Combustione

Gli odori generati da molecole organiche possono essere abbattuti molto efficientemente distruggendo, tramite combustione, le molecole chimiche che li generano. Sottoporre tali molecole ad alte temperature, in presenza di aria, provoca la loro decomposizione ed ossidazione, portando alla formazione di prodotti tipici della combustione (l'acqua, l'anidride carbonica, ossidi di azoto ed ossidi di zolfo). Questa tecnica d'abbattimento è particolarmente efficace nel trattamento dei VOC e dell'H₂S.

L'efficienza del processo di combustione, per il controllo degli odori, dipende dal livello di completezza raggiunto dalle reazioni: una combustione incompleta potrebbe, addirittura, aumentare il disturbo da odore.

Malgrado il fatto che la reazione di ossidazione dei VOC liberi energia (è esotermica), il calore liberato è insufficiente per mantenere la temperatura necessaria per la reazione, in quanto la concentrazione di VOC presenti nell'aria non è elevatissima. Non essendo possibile condurre la reazione in condizioni autotermiche, risultando negativo il bilancio termico dell'operazione (calore generato < calore richiesto), si deve provvedere alla somministrazione di calore dall'esterno impiegando del combustibile (in genere metano). Per ovvi motivi economici, al fine di ridurre la quantità di carburante da utilizzare, si ricorre all'uso di un catalizzatore che permetta di ottenere la completa ossidazione dei composti odorosi a temperature più basse. A seconda, quindi, del meccanismo con cui si coadiuva il processo, la combustione può essere suddivisa in due categorie:

- la combustione termica, caratterizzata da temperature di reazione superiori a 600 °C, ottenuta bruciando metano;
- la combustione termocatalitica, caratterizzata da temperature di reazione inferiori a 600 °C (normalmente si aggirano intorno ai 300 °C) e che si avvale di catalizzatori(ossidi di alluminio e soprattutto ossidi di vanadio).

In fig. 20 è schematizzato un combustore termico. Come si può vedere, l'aria contenente le molecole da distruggere è introdotta in due differenti zone della camera di combustione: il flusso primario è utilizzato come comburente per far bruciare il metano; il flusso secondario, in parte è preriscaldato, in parte è avviato direttamente alla combustione nella porzione del combustore dove si raggiunge la temperatura necessaria ad ottenere l'abbattimento desiderato.

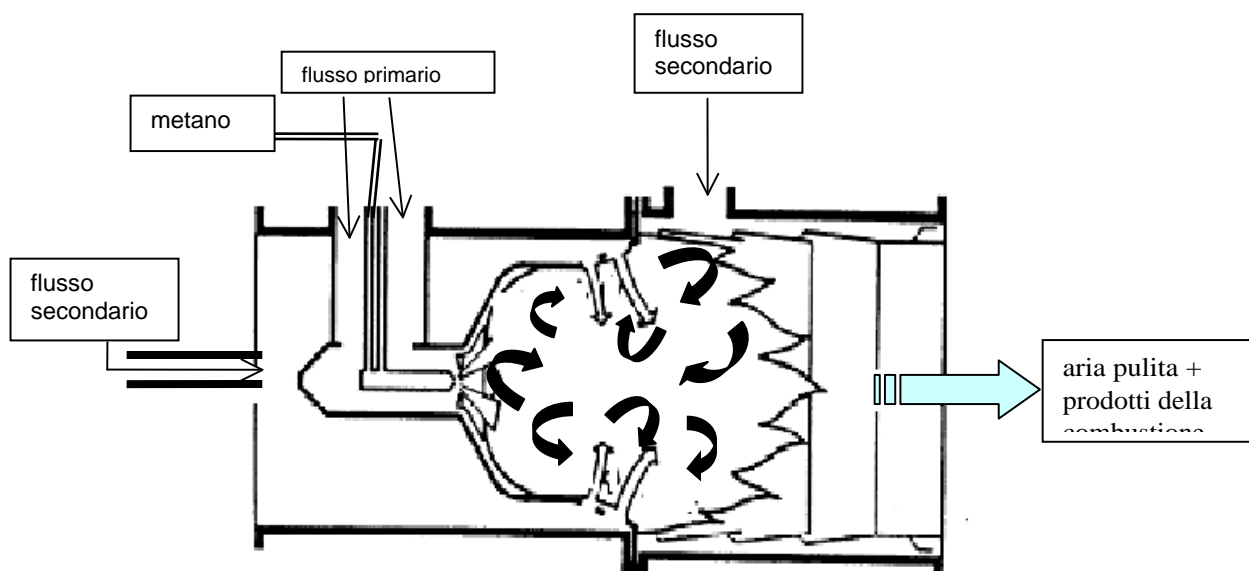


Fig. 21 – Schema di una sezione di un combustore termico (Monte A., 1979).

Il grado di efficienza di questo tipo di depurazione è strettamente dipendente dalla temperatura, come è mostrato nel grafico in fig. 21:

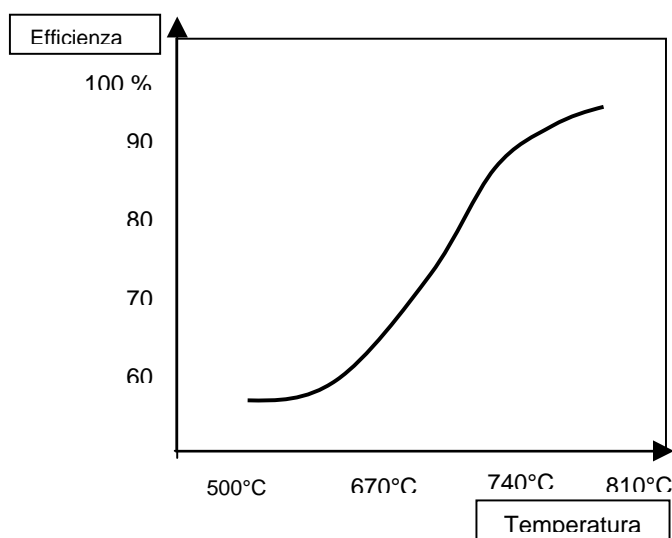


Fig. 22 – Relazione fra l'efficienza di abbattimento e la temperatura (Monte A., 1979).

Una volta conosciuti i parametri caratteristici dell'emissione, si fissa la percentuale d'abbattimento da realizzare e, di conseguenza, si stabilisce la temperatura minima necessaria per eliminare gli odori che la sorgente emana.

Poiché per raggiungere le temperature volute, normalmente, c'è bisogno di utilizzare combustibili d'integrazione, quest'operazione incide notevolmente sui costi di gestione.

Per riuscire ad ammortizzare gli elevati costi d'esercizio che il trattamento comporta, normalmente il calore prodotto dal combustore è recuperato e riutilizzato con un'efficienza che può raggiungere il 60-80%.

Nella figura 22 è rappresentato un esempio di sistema di recupero e riutilizzo del calore.

Al combustore arriva l'aria, ricca di sostanze tossiche, che fuoriesce da un forno di cottura per vernici e che deve essere depurata. I gas contenuti nel flusso d'aria in uscita dal forno, prima di entrare nel combustore, attraversano una fase di preriscaldamento, dovuta al passaggio nelle vicinanze dello scarico del combustore stesso, in cui sono presenti l'aria pulita ed i prodotti della combustione, i quali si trovano ancora ad elevatissime temperature. Dopo aver subito la combustione, tutta l'aria così purificata viene divisa in due flussi distinti che subiranno destini differenti: una parte viene mescolata con aria fredda all'interno di un mixer e viene riavviata al forno che viene così riscaldato, l'altra parte, visto che ormai è purificata da ogni inquinante, può essere o riutilizzata come fonte di calore per preriscaldare i reagenti in bruciatori anche non industriali, oppure liberata direttamente in atmosfera.

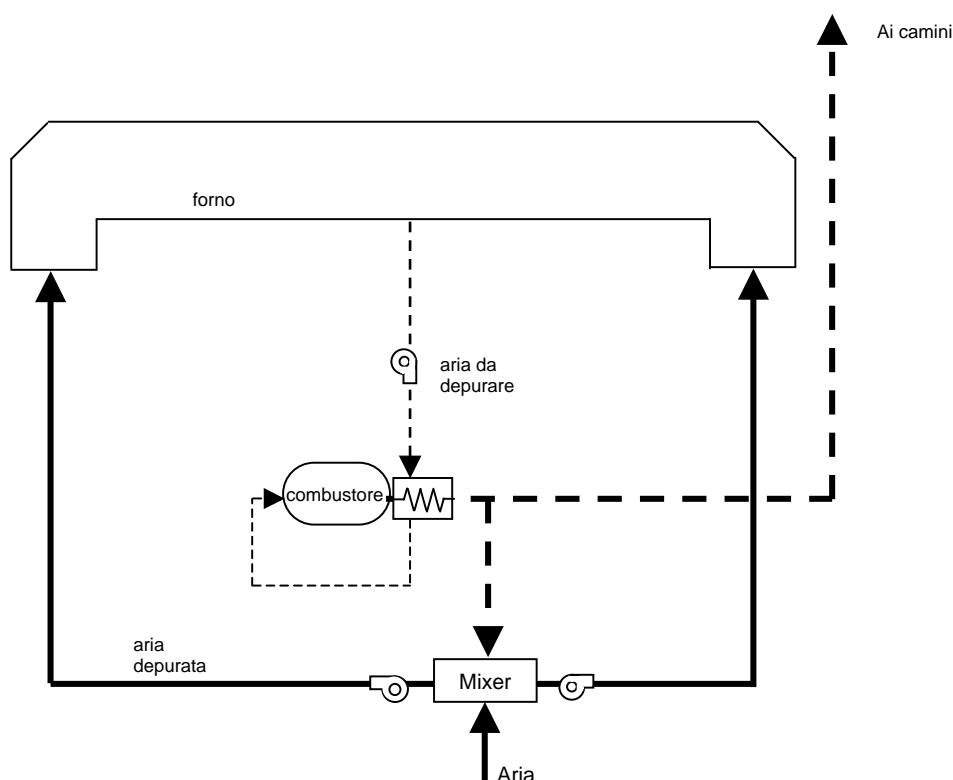


Fig. 23 - Schema di un sistema di ricircolo e riutilizzo del calore (Monte 1979).

La combustione termocatalitica effettua la completa trasformazione chimica dei composti gassosi a mezzo dell'ossigeno, mentre i gas sono in contatto con la superficie di un particolare materiale solido (il catalizzatore) che aumenta il tasso di ossidazione.

Essa presenta diversi vantaggi rispetto alle altre metodologie d'intervento; ad esempio, quando si debbano trattare degli inquinanti in concentrazioni che variano tra 20 e 60 ppm, esso risulta più economico dell'adsorbimento con carbone attivo. Rispetto poi ad un combustore termico, esso richiede una minor quantità di combustibile e materiali di costruzione meno costosi.

Nella fig. 23 è schematizzato un reattore per combustione termocatalitica.

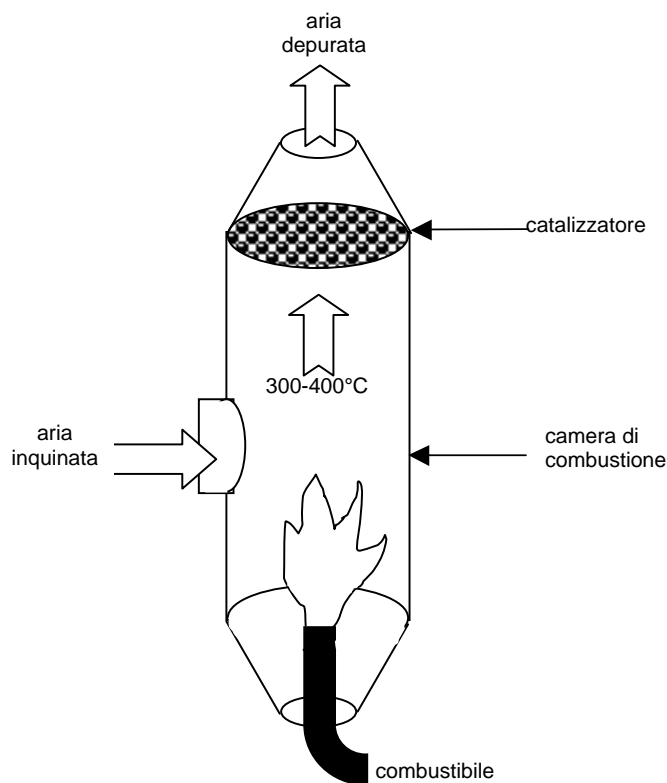


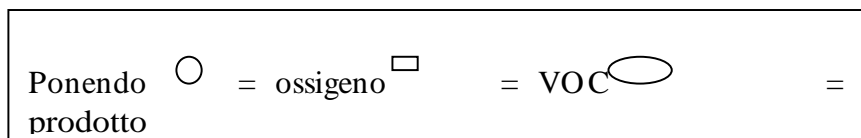
Fig. 24 - Reattore per combustione termocatalitica (Monte 1979).

Come combustibile è molto utilizzato il metano, perché i fumi generati dalla sua combustione non contengono anidride solforosa e polveri e, per questi motivi, le operazioni di recupero e riutilizzo del calore, che possono essere effettuate successivamente, sono più semplici.

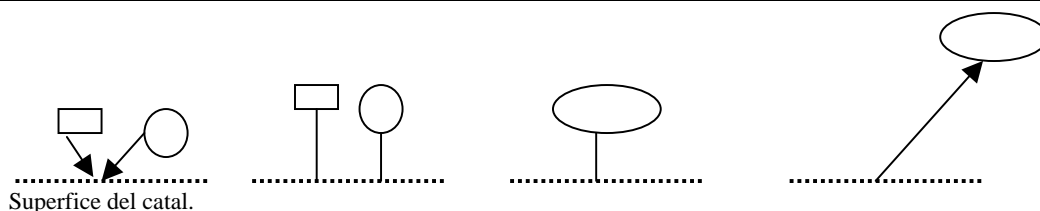
Meccanismi d'azione del catalizzatore

Il catalizzatore è un materiale che prende parte ad una reazione chimica in maniera soltanto temporanea, è utilizzato perché aumenta, in diversi modi, la velocità di reazione, favorendo la formazione di legami fra i componenti chimici della miscela. L'ossidazione dei VOC tramite catalizzatore può avvenire secondo tre modalità differenti (le seguenti figure sono tratte da Lens P.N.L. *et al*, 2001):

:



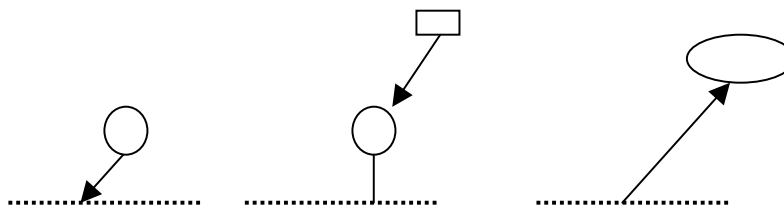
- 1) secondo il meccanismo di Langmuir-Hinshelwood, in cui i due reagenti devono trovarsi legati a siti attivi situati in posizioni confinanti sulla superficie del catalizzatore; in questo modo dopo dalla loro reazione si può formare il prodotto che come tale si libera dalla superficie del catalizzatore;



- 2) secondo il meccanismo di Mars-van Krevelen è necessaria una reazione redox in cui l'ossigeno è intimamente legato al catalizzatore e non è più quello presente nella fase aerea; esso è consumato sulla superficie del catalizzatore attraverso la reazione con un composto; l'ossigeno sulla superficie del catalizzatore è ripristinato tramite assorbimento dalla fase aerea;



- 3) secondo il meccanismo di Eley-Rideal, che è simile al primo, il composto reagisce con l'ossigeno legato alla superficie del catalizzatore mentre si trova, invece, nella fase aerea; il prodotto si forma, così, nella fase aerea, dove poi viene rilasciato.



I fattori determinanti affinché si verifichi la completa ossidazione di ogni composto contenuto in una miscela sono l'alta temperatura e un eccesso di ossigeno; per favorire la reazione, comunque, frequentemente sono utilizzati catalizzatori di ossidi di metalli eterogenei. La scelta del catalizzatore più adatto e delle condizioni operative dipendono dalla natura del composto che deve essere distrutto e dal suo grado di distruttibilità. La tab. 12 riporta, in ordine di distruttibilità decrescente, un elenco di alcuni VOC con le relative temperature di ignizione.

VOC	Distruttibilità relativa	Temperatura di ignizione
↑ Formaldeide	Alta	< 30 °C
Metanolo		< 30 °C
Acetaldeide		100°C
Trimetilammina		100°C
Butanone		100°C
n-Esano		120°C
Fenolo		150°C
Toluene		150-180°C
Acido acetico		200°C
Acetone		200°C
↓ Propano	Bassa	250-280°C
Idrocarburi clorurati		400°C

Tab. 12 – Distruttibilità relativa e temperature di ignizione di alcuni VOC (Lens et al., 2001).

La successiva tabella 13 riporta alcuni dei catalizzatori più utilizzati nella combustione termocatalitica dei VOC, con riferimento ai composti per cui sono usati e alle temperature operative.

Catalizzatore	Composto	Temperatura
ossido di uranio	Acetato di butile, acetilene, benzene, butano, cicloesano, clorobenzene, clorobutano, metanolo, toluene.	300-450 °C
ossido di uranio	Butano, metano, etano, propano.	
ossido di cromo	Benzene, gas di scarico delle raffinerie di olio, n-esano.	240-400 °C
Platino, nichel e leghe di cromo	Butanone, toluene.	120-220 °C
	Clorobenzene, composti aromatici clorurati, metano clorurato.	
Platino, palladio	Tricloroetilene	250-550 °C

Tab. 13 – Catalizzatori usati nella combustione termocatalitica dei VOC (Lens et al, 2001).

Gli ossidi di metalli che sono semiconduttori di tipo *n* generalmente non riescono ad essere dei catalizzatori molto attivi. Il pentossido di vanadio è un'importante eccezione. Di contro, la superficie dei semiconduttori di tipo *p* assorbe l'ossigeno rapidamente e sono catalizzatori molto attivi. Materiali isolanti che siano stabili e non friabili sono molto importanti come supporto per catalizzatori in ossido di metallo attivi e metalli nobili. In alternativa, la ceramica o le zeoliti possono essere usati come materiali di supporto.

Esistono molte differenti tipologie di reattori che differiscono in base alla posizione del sistema di riscaldamento, dal tipo e dal numero delle superfici ricoperte dal catalizzatore e dalle temperature operative utilizzate. Nella figura 24 è schematizzato il processo d'abbattimento catalitico di miscele (CSA process), sviluppato per trattare aria inquinata contenente VOC sia alogenati che non alogenati. La trasformazione d'ogni VOC richiede l'utilizzo combinato di diversi catalizzatori. Successivamente è necessario il lavaggio dell'effluente per rimuovere i composti acidi generati.

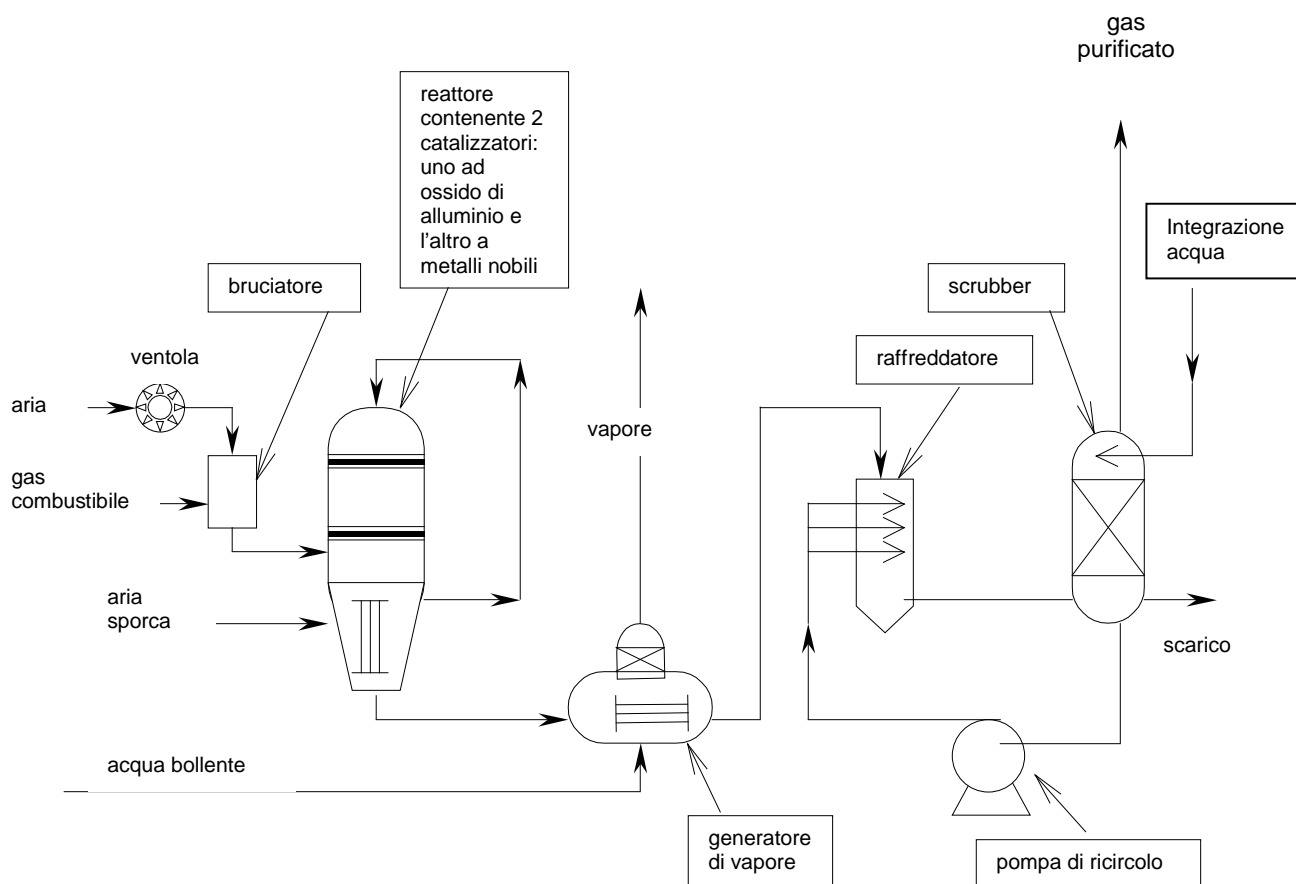


Fig. 25 – Esempio di sistema di abbattimento termocatalitico (Lens et al, 2001).

L'utilizzo di diversi catalizzatori per il trattamento di miscele pone comunque alcuni problemi; ad esempio, alcuni VOC possono inibire l'ossidazione di altri ed alcuni composti odorosi, soprattutto i composti dello zolfo, avvelenano i catalizzatori.

Ad esempio la combustione termocatalitica del biogas, che contiene CH_4 e H_2S (15-40 ppm), si può effettuare utilizzando due tipi di catalizzatore: uno al palladio e l'altro al platino, ad una temperatura di 220°C . Il palladio è il catalizzatore migliore per l'ossidazione del metano, ma è parzialmente avvelenato dall' H_2S che però, di contro, non ha quest'effetto sul catalizzatore al platino.

In figura 25 è esemplificato, in grafico, come un composto possa influire sulla reazione di combustione di un altro che si trova nella stessa miscela.

Il grafico mostra come l'attività del catalizzatore al palladio sia ridotta dall'acido solfidrico: la sua presenza nel biogas, infatti, comporta che, per ottenere una completa ossidazione del metano, è necessario raggiungere temperature del 35-40% maggiori rispetto a quelle sufficienti per la stessa reazione, nel caso in cui esso non sia presente.

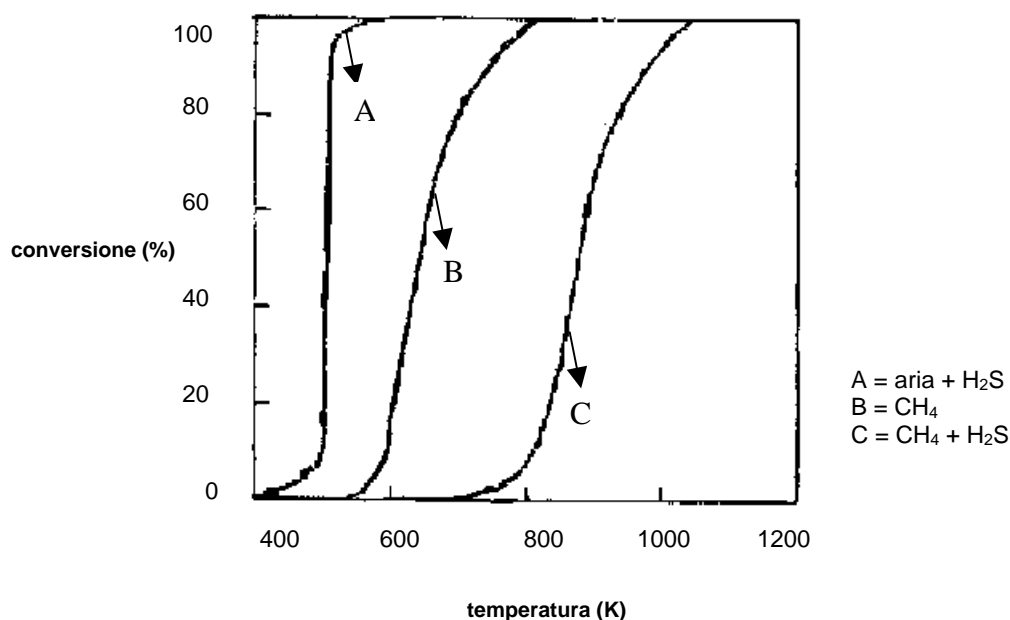


Fig. 26 – Curve di conversione in funzione della temperatura, in presenza di catalizzatore al palladio. (Lens et al, 2001)

La scelta di abbattere gli odori tramite una combustione termica oppure una combustione termocatalitica deve essere effettuata tenendo conto delle caratteristiche chimico-fisiche dell'aria inquinata da trattare, con particolare riguardo alla sua composizione chimica. Infatti, la presenza di composti che potrebbero avvelenare il catalizzatore sconsiglierebbe la scelta della combustione termocatalitica la quale, quindi, per avere efficienze elevate, deve essere utilizzata per il trattamento di aria che non contenga, ad esempio, particelle metalliche incombustibili (mercurio, arsenico, zinco o piombo). Nonostante abbia a suo svantaggio anche il fatto di essere una tecnica molto sofisticata, dal punto di vista economico la combustione termocatalitica rappresenta una soluzione abbastanza conveniente al problema degli odori a condizione, però, che si effettui il recupero del calore.

5.3.6. - Neutralizzazione per via Biologica

Per la neutralizzazione degli odori possono essere utilizzate anche tecnologie basate sui processi biologici, che sfruttano le capacità degli stessi organismi che producono le sostanze che generano il cattivo odore.

L'utilizzo di metodi biologici può risultare estremamente vantaggioso rispetto a quello di metodi chimici e chimico-fisici: il sistema della depurazione biologica è poco dispendioso dal punto di vista energetico, in quanto prevede condizioni operative moderate (non bisogna mantenere artificialmente alti i valori della temperatura e della pressione, ad esempio); inoltre il suo utilizzo è più auspicabile anche dal punto di vista dell'impatto ambientale, perché, considerando che non sono utilizzati reattivi chimici, le emissioni che esso produce sono assolutamente prive di sostanze che potrebbero inquinare l'ambiente.

Il metodo dell'abbattimento biologico di gas inquinanti e/o maleodoranti è estremamente semplice: esso si basa sullo sfruttamento della fisiologia di alcuni organismi primitivi (i batteri): le colonie di alcuni ceppi di batteri aerobi sono lasciate crescere sulla superficie di un supporto solido, mantenendo più o meno costanti le condizioni ambientali, soprattutto

di temperatura e di umidità ed aggiungendo ossigeno e soluzioni di nutrienti. Questi batteri hanno la capacità di utilizzare una particolare sostanza organica come substrato alimentare. La scelta della specie batterica, naturalmente deve essere eseguita facendo coincidere la sostanza da eliminare con quella di cui i batteri si nutrono.

Il composto da eliminare, trasportato da un flusso d'aria, viene trasferito su questa superficie dove, attaccato biochimicamente dai batteri, viene degradato e trasformato in acqua, anidride carbonica, vari composti inorganici e biomassa batterica.

In alternativa all'utilizzo di questo primo metodo, l'aria inquinata e/o maleodorante può essere sottoposta a lavaggio e l'azione biochimica dei batteri può essere applicata al liquido di lavaggio, contemporaneamente o successivamente; anche questo secondo metodo avviene in condizioni di presenza d'ossigeno e dà gli stessi prodotti.

Il fattore fondamentale di cui bisogna avere particolare cura, per assicurare l'efficienza di questo metodo, è il mantenimento delle ottimali condizioni ambientali in cui le colonie batteriche possano vivere e moltiplicarsi.

Le condizioni ambientali favorevoli alla vita delle colonie batteriche prevedono la presenza di quantità adeguate di sostanze nutritive, un ben determinato valore di temperatura, di umidità, di pH, di concentrazione di ossigeno e di anidride carbonica.

Sfortunatamente le condizioni ambientali che sono favorevoli alla vita ed alla riproduzione delle colonie batteriche non sono uguali per tutte le specie; al contrario, invece, non soltanto sono diverse, ma, a volte, il valore di un fattore che è favorevole per una specie è fortemente disabilitante per un'altra.

Per quanto riguarda i nutrienti, bisogna tener conto del fatto che tutti gli elementi, quelli fondamentali e non, devono essere disponibili per i batteri, anche se in diverse percentuali. Gli elementi fondamentali (detti biogeni di I ordine) sono il carbonio, l'idrogeno, l'azoto, l'ossigeno ed il fosforo; quelli non fondamentali (detti biogeni di II ordine perché di appendice ai composti organici che formano la biomassa sono il boro, il fluoro, il silicio, il vanadio, il ferro, il cobalto, ecc. Per quanto riguarda i batteri che effettuano le reazioni che avvengono durante questi due processi, le condizioni più favorevoli alla crescita delle colonie prevedono un rapporto degli elementi biogeni di I ordine C/N/P/K/S pari a 100/10/4/1/1.

La temperatura agisce sugli enzimi batterici e su svariati processi metabolici e quindi è un fattore fortemente limitante per la crescita delle colonie di microrganismi. La maggior parte delle specie batteriche che vivono nel suolo e nelle acque sono mesofite ed hanno il loro massimo tasso di crescita tra i 25 e i 40 °C.

Un adeguato tasso di umidità è importante soprattutto in virtù del fatto che i batteri hanno bisogno che nutrienti ed ossigeno si trovino disciolti in acqua per poterli assorbire.

Esistono due diversi tipi di reattori con i quali, normalmente, si effettua il trattamento biologico dell'aria generata in un impianto di smaltimento delle acque reflue: i biofiltri ed i bioscrubber (o torri di lavaggio biologiche).

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.