

Provincia Treviso

**STUDIO SU ALCUNE
TECNOLOGIE DI TRATTAMENTO
DELLE EMISSIONI DI COMPOSTI ORGANICI
VOLATILI DA ATTIVITÀ PRODUTTIVE**

INDICE

Premessa

- pg. 5 Schede descrittive delle aziende interessate al monitoraggio
- pg. 20 Commento ai risultati
- confronto fra combustori termici rigenerativi
 - adsorbimento e ossidazione catalitica
 - combustore termico recuperativo
- pg. 23 Schede grafiche impianto di adsorbimento e ossidazione termica V.O.C.
- pg. 26 Tabella n. 1 – Comparazione rese di abbattimento
- pg. 27 Tabella n. 2 – Concentrazione V.O.C. in emissione
- pg. 28 Tabella n. 3 – Composizione gas di combustione in emissione
- pg. 29 Tabella n. 4 – Impianto di adsorbimento e ossidazione catalitica rese di abbattimento V.O.C.
- pg. 30 Commento alle metodiche di analisi
- pg. 31 Tabella n. 5 - V.O.C. nel condensato
- pg. 32 Tabella n. 6 – Comparazione metodiche di analisi
- pg. 33 Considerazioni conclusive
- pg. 34 Allegato 1 – Metodiche di prelievo ed analisi utilizzate
- pg. 36 Allegato 2 – Tabella limiti D.M. 12.7.1990 e fattori di conversione V.O.C. in carbonio organico
- pg. 38 Allegato 3 – Certificati delle analisi alle emissioni effettuate

Ringraziamenti

Premessa

Le emissioni in atmosfera derivanti dagli insediamenti produttivi sono attualmente regolamentati dal D.P.R. del 24 maggio 1988 n.203 e dalle successive norme tecniche. Per i grossi quantitativi di solventi utilizzati una buona parte di aziende di diversi settori produttivi sarà soggetta alle norme che recepiranno la Direttiva Comunitaria n. 1999/13/CE dell'11.3.1999, più facilmente ricordata come "direttiva solventi".

Le più significative saranno inoltre oggetto della cosiddetta "autorizzazione integrata" secondo i disposti del D.Lgs. n.372/99.

In generale l'evoluzione della normativa sta portando dal semplice rispetto dei limiti di Legge alle emissioni previsto dal D.P.R. n.203/88 e dal D.M. 12.7.1990 ad una più generale e rigorosa applicazione della migliore tecnica disponibile (Best Available Technics).

L'applicazione delle BAT può coinvolgere diverse fasi del ciclo produttivo; infatti possono essere introdotte sulle materie prime e sui processi di produzione (interventi a "monte") o direttamente sulle emissioni generate da quei processi (interventi a "valle") con appropriate tecnologie di trattamento.

Negli ultimi anni si è assistito ad un grosso sforzo delle case produttrici nella ricerca di sistemi produttivi più efficaci e di formulazioni a più basso tenore di solventi o con prodotti a base acquosa.

Meno ricca di motivi si è rivelata d'altra parte, almeno fino al momento attuale, la ricerca nell'ambito dei sistemi di trattamento delle emissioni.

Le tecnologie utilizzate sono nella maggior parte dei casi ormai note da anni e ben consolidate e comprendono generalmente sistemi di adsorbimento – assorbimento dei V.O.C. o la diretta combustione degli stessi.

Le tecniche di riduzione delle emissioni tramite combustione dei V.O.C. sono al momento attuale poco diffuse nella realtà italiana e mancano in letteratura dati sulle prestazioni a lungo termine di tali sistemi, sui loro costi di gestione e sulle effettive capacità di abbattimento delle sostanza organiche volatili trattate.

In considerazione dell'aumentata diffusione di queste tecnologie in taluni settori produttivi del territorio provinciale, l'Ufficio Aria del Servizio Ecologia dell'Amministrazione Provinciale di Treviso, ha intrapreso uno studio con il duplice intento di:

- a) conoscere le reali rese di abbattimento delle emissioni costituite da miscele di composti organici volatili;*
- b) meglio definire limiti congruenti per le emissioni residue rilasciate da alcune delle tecnologie di trattamento attualmente disponibili.*

Per l'esecuzione analitica dell'indagine la Provincia di Treviso si è avvalsa di un laboratorio chimico esterno accreditato ai sensi della norma UNI CEI EN 45001; i campionamenti sono stati effettuati sotto la diretta supervisione del personale dell'Ufficio Aria del Servizio Ecologia.

La tipologia produttiva delle sette aziende coinvolte nell'indagine e l'impiantistica di trattamento utilizzata vengono riassunte nella tabella che segue:

Identificativo azienda	Tipologia produttiva	Tipologia di trattamento installata
A	produzione carte da gioco	combustore termico rigenerativo
B	produzione film siliconati	combustore termico rigenerativo
C	produzione elementi in legno per ufficio	combustore termico rigenerativo
D	verniciatore terzista di elementi in legno per mobili	combustore termico rigenerativo
E	verniciatore terzista di elementi in legno per mobili	combustore termico rigenerativo
F	verniciatore terzista di elementi in legno per mobili	adsorbimento e combustione catalitica
G	produzione shopper	combustore termico recuperativo

Le valutazioni ed i commenti tecnici riportati nel documento riflettono quanto analiticamente misurato negli impianti oggetto dei controlli e non possono essere, ovviamente, facilmente generalizzabili; si ritiene che i risultati siano comunque indicativi della funzionalità dei sistemi adottati dalle aziende in oggetto.

L'ASSESSORE

Leonardo Muraro

IL PRESIDENTE

Luca Zaia

La presente relazione è stata realizzata dal personale dell'Ufficio Aria del Servizio Ecologia dell'Amministrazione Provinciale di Treviso con sede operativa a Treviso In Via Manin 73:

Luisa Memo
n. tel. 0422 656765
n. fax 0422 582499

Sabrina Bollini
n. tel. 0422 656766
n. fax 0422 582499
e-mail: sbollini@provincia.treviso.it

Antonella Sinigaglia
n. tel. 0422 656764
e-mail: asinigaglia@provincia.treviso.it
n. fax 0422 582499

Franco Giacomini
n. tel. 0422 656763
e-mail: fgiacomini@provincia.treviso.it
n. fax 0422 582499

SCHEDE DESCRITTIVE DELLE AZIENDE

Ditta (A)

Descrizione dell'attività produttiva

La ditta produce articoli cartotecnici ed in particolare carte da gioco; opera nel settore dal 1928 con una vasta gamma di prodotti commercializzati che esporta in oltre 40 Paesi al mondo.

L'azienda occupa 29 addetti e lavora in uno o più turni da otto ore ciascuno; gli essiccatoi di verniciatura vengono utilizzati per circa 19 - 20 gg/mese per 9,5 h/g.

Il ciclo produttivo prevede le seguenti fasi operative:

- squadratura carta in fogli opportunamente condizionati ai parametri di umidità relativa e temperatura;
- stampa off - set a colori con tre macchine a 2 e 3 colori; le stesse macchine possono, in alternativa, effettuare operazioni di verniciatura con utilizzo di prodotti acrilici a reticolazione fotochimica;
- verniciatura con prodotti poliuretanicici su due distinte linee di spalmatura ed essiccazione utilizzate alternativamente;
- taglio a misura e confezionamento carte da gioco.

Descrizione delle tecnologie di trattamento emissioni installate

La problematica delle emissioni generate nelle operazioni di verniciatura è stata affrontata dalla ditta a partire dal mese di luglio del 1997 con l'installazione di un impianto di trattamento V.O.C. costituito da un combustore termico di tipo rigenerativo a tre camere riempite di materiale ceramico di accumulo termico.

Le principali caratteristiche tecniche dell'impianto sono:

- portata di aria massima: 7 000 Nm³/h
- temperatura di ingresso: 30°C
- concentrazione solventi in ingresso (di progetto): 1,6 g/Nm³
- concentrazione solventi in uscita (di progetto): 50 mgC/Nm³
- combustibile di supporto: metano
- consumo annuo di metano: 31 000 m³
- costi medi annui di manutenzione: 11 000 000 di lire

Il combustore termico rigenerativo è costituito da una camera di combustione (del volume di 11,5 m³) e tre torri riempite di mattoni a nido d'ape in materiale costituito da una miscela di ossidi (SiO₂, Al₂O₃, MgO, Fe₂O₃, Na₂O, K₂O, CaO, TiO₂, BaO) con la funzione primaria di accumulo e scambio del calore generato nella camera di combustione e nell'ossidazione dei V.O.C.

La presenza delle tre torri garantisce l'espulsione di aria depurata anche nelle fasi di inversione delle correnti gassose previste su un tempo programmabile nel range di 30÷80 secondi.

Condizioni operative al momento dei prelievi

I prelievi sono stati effettuati il 15/6/2000 dalle ore 9.45 alle ore 11.50 a monte e a valle del combustore; al momento dei prelievi oggetto di questa indagine veniva effettuata la produzione serie "poker doppio" con le seguenti condizioni operative:

- produzione di 750 fogli/ora (dimensione: cm² 73,5 x 95)
- applicazione di vernici poliuretatiche bicomponenti
- grammatura applicata: 40 g/m²
- quantità di prodotto applicato 30 kg/h
- temperatura di combustione: 770 ÷ 785°C
- temperatura fumi in uscita: 95 ÷ 126°C

Commento ai risultati

Dai risultati analitici si possono fare le seguenti considerazioni:

- il valore medio in concentrazione delle sostanze organiche in ingresso al sistema è di circa 1450 mg/Nm³ e in uscita è di 5,6 mg/Nm³ pari ad un flusso di massa medio in ingresso di 8,88 kg/h e in uscita di 0,03 kg/h;
- la resa di abbattimento dei V.O.C. calcolata è pari al 99,7% p/p;
- la concentrazione di monossido di carbonio nell'effluente gassoso è di 15 – 20 mg/Nm³;
- non si registra la presenza di biossido di azoto; la concentrazione di altri ossidi di azoto (espressi come NO₂) è di circa 5 – 30 mg/Nm³;
- la presenza di acetati nelle emissioni in ingresso giustifica la presenza in traccia di tali composti nel condensato.

Ditta (B)

Descrizione dell'attività produttiva

La ditta produce carte e film siliconati per i settori farmaceutico ed alimentare; l'attività si sviluppa su tre turni di lavoro di 8 ore ciascuno per 5 giorni alla settimana, con 50 addetti impiegati.

L'attività consiste nella siliconatura di carta e materiale plastico in foglio continuo su uno o due lati; l'attuale configurazione impiantistica prevede più linee distinte di produzione:

- spalmatura siliconica con processo di reticolazione UV (base acqua)
- spalmatura siliconica a solvente.

Nel processo di spalmatura con reticolazione UV si utilizza un silicone a base acqua e le uniche aspirazioni riguardano le operazioni discontinue di dosaggio e miscelazione nella preparazione del film, la movimentazione dell'aria inviata nella zona di essiccazione UV per il raffreddamento delle lampade e del materiale; in questo caso le emissioni sono direttamente convogliate in atmosfera.

La spalmatura siliconica con il ciclo a solvente viene effettuata in due distinte linee.

Il materiale plastico (polipropilene e polietilene) viene sbobinato e spalmato automaticamente con rullo continuo con una miscela costituita da silicone, solventi metiletilchetone e toluene, catalizzatori ed additivi vari che conferiscono al film le caratteristiche meccaniche e distendenti richieste.

Per ciascuna linea di spalmatura installata viene applicata una quantità di silicone di circa 3,3 – 4,0 g/m² di superficie; la potenzialità produttiva è di 8 000–20 000 m²/h per ciascuna linea e dopo l'evaporazione del solvente in tunnel ad aria calda alla temperatura di 125 - 140°C si ha un'emissione di sostanze organiche volatili che per ciascuna linea è di circa 60 kg/h.

Descrizione delle tecnologie di trattamento emissioni installate

Le emissioni generate dalle due linee produttive vengono inviate a trattamento di depurazione in due distinti combustori termici rigenerativi a due camere riempite e con caratteristiche tecniche costruttive analoghe.

Le emissioni in uscita ai due combustori vengono canalizzate ed espulse attraverso un unico punto di emissione che rilascia i gas ad una quota dal suolo di circa 15 metri.

Le caratteristiche di dettaglio, comuni ai due combustori, sono le seguenti:

- portata d'aria massima da trattare: 30 000 Nm³/h
- data di installazione del primo impianto: 1996
- data di installazione del secondo impianto: 1998
- operatività: su tre turni per cinque giorni alla settimana
- flusso di massa di V.O.C. da trattare (min - max): 30 - 70 kg/h
- volume di riempimento: 60 m³
- materiale di riempimento: selle ceramiche da ½ "
- filtri in ingresso: prefiltri più filtri a tasche in serie
- potenza installata al ventilatore: 90 KW
- potenzialità termica del bruciatore a metano: 750 KW
- temperatura camera di combustione (da progetto): 850 - 900°C

- manutenzione programmata: controllo della camera di combustione ogni 3 mesi (a cura dell'azienda) ed ogni 6 mesi (a cura del costruttore)
- costi di manutenzione annui: Lire 8 000 000 (due interventi all'anno del costruttore)

Note

Nel primo combustore installato il materiale di riempimento delle due camere era originariamente costituito da quarzo in sassi; a causa dello sgretolamento del materiale e conseguente aumento delle perdite di carico (con riduzione della portata volumica di lavoro) il materiale è stato sostituito dopo circa 28 mesi con selle ceramiche.

Condizioni operative al momento dei prelievi: condizioni degli impianti di produzione

Nella "linea I" si stava spalmando con rullo di 2,2 m di larghezza, velocità di avanzamento di 150 m/min, applicazione di 3,5 g/m² e temperatura di essiccazione di 160°C una miscela composta da 60 kg di eptano, 75 kg di toluene, 30 kg di metiletilchetone, 52 kg di resina siliconica e ²/₃ di catalizzatore.

Nella "linea II" si stava spalmando con rullo di 1,5 m di larghezza, velocità di avanzamento di 180 m/min, applicazione di 4 g/m² e temperatura di evaporazione a 140°C una miscela composta da 48 kg di n-eptano, 48 kg di toluene, 16 kg di metiletilchetone, 7.5 kg di catalizzatore e reticolante e 28 kg di resina siliconica.

Condizioni operative al momento dei prelievi: condizioni degli impianti di trattamento

Primo combustore (linea I)		Secondo combustore (linea II)	
temperatura camera di combustione	850°C	temperatura camera di combustione	870°C
temperatura uscita fumi (subito a valle impianto)	177°C	temperatura uscita fumi	146°C
temperatura letti	820 – 840°C	temperatura letti	860 – 850°C
tempo di inversione flusso	180 s	tempo di inversione flusso	180 s
quantitativi V.O.C. in ingresso	63,3 kg/h	quantitativi V.O.C. in ingresso	24,2 kg/h

Commento ai risultati

- le concentrazioni medie di monossido di carbonio e ossidi di azoto (espressi come NO₂) sono risultate essere molto basse; assente il biossido di azoto;
- l'efficienza di abbattimento di V.O.C. calcolata è risultata pari al 99,0% p/p.

Ditta (C)

Descrizione dell'attività produttiva

La ditta produce arredamenti per ufficio a partire da pannelli in truciolare nobilitato con carte melaminiche ed impiallacciati di varie essenze ed occupa 62 addetti.

Il suo ciclo produttivo si compone essenzialmente di tre processi:

1. operazioni di falegnameria (sezionatura, impiallaccio e bordatura)
2. operazioni di verniciatura con prodotti a solvente
3. operazioni di produzione calore ad uso tecnologico e riscaldamento ambienti di lavoro.

Le linee di verniciatura presenti in azienda sono:

- verniciatura con robot di spruzzatura di pannelli
- verniciatura automatica di pannelli piani (superficie piana e bordi) con utilizzo di prodotti poliacrilici U.V. di tinte a solvente o ad acqua, stucchi poliestere e poliacrilici U.V., finitura poliacrilica e poliestere U.V.
- verniciatura manuale a spruzzo su cabina pressurizzata a velo d'acqua con utilizzo di prodotti poliuretani
- linea robot verniciatura bordi in catasta con utilizzo di prodotti poliuretani

Descrizione delle tecnologie di trattamento emissioni installate

Nelle operazioni di verniciatura, considerate le tipologie, le modalità applicative e le quantità di prodotti utilizzati, l'azienda ha adottato la scelta di concentrare il carico inquinante mediante opportuni ricircoli d'aria sottoponendo a trattamento di depurazione solo le emissioni relative alle fasi di applicazione più critiche mediante un combustore termico rigenerativo.

Il combustore si compone di una camera di combustione e due camere di preriscaldamento/recupero di calore, riempite da materiale inerte (sellette ceramiche di dimensione pari a 1") in modo da formare due masse distinte di notevole capacità termica; la temperatura di lavoro della camera di combustione è di circa 720 - 750°C ed il suo riscaldamento avviene grazie alla presenza di due bruciatori contrapposti alimentati a gas metano.

Le caratteristiche tecniche salienti dell'impianto sono:

- portata d'aria massima da trattare: 50 000 Nm³/h
- flusso di massa dei V.O.C. da trattare (di progetto): 50 - 60 kg/h
- combustibile ausiliario: gas metano
- volume e massa di riempimento: 49 000 kg
- potenza installata al ventilatore: 132 kW
- consumo effettivo di combustibile a regime: 85 Nm³/h
- costo annuo manutenzione ordinaria: 10 milioni di lire circa
- costo annuo di combustibile ausiliario gas metano: circa 95 milioni

Condizioni operative al momento dei prelievi

I prelievi sono stati effettuati il 22/6/2000 e le condizioni operative degli impianti di verniciatura nel periodo dei prelievi erano le seguenti:

- linee produttive convogliate al trattamento
 - verniciatura bordi su catasta
 - verniciatura a spruzzo con prodotti poliuretanicici bicomponenti
 - verniciatura piana con applicazione di 10 g/m² di tinta al solvente, 220 g/m² di stucco e 100 g/m² di finitura a velo (ciclo poro chiuso su componenti piane - antine e fianchi)

Il combustore operava nelle seguenti condizioni:

- temperatura in camera di combustione: circa 750°C
- temperatura fumi in uscita: 60 ÷ 107°C

Commento ai risultati

Analizzando i risultati dell'indagine emergono i seguenti dati:

- il valore medio in concentrazione delle sostanze organiche in ingresso è di circa 120 mg/Nm³ e in uscita è di 8,8 mg/Nm³ pari ad un flusso di massa medio in ingresso di 4,80 kg/h e in uscita di 0,36 kg/h;
- la resa di abbattimento calcolata per i V.O.C. è di 92,6% p/p;
- le concentrazioni medie di monossido di carbonio sono superiori a 100 mg/Nm³; nella terza serie di misure si raggiungono i 280 mg³/h;
- non si registra la presenza di biossido di azoto; la concentrazione di altri ossidi di azoto (espressi come NO₂) è trascurabile.

Note:

- Dalle misure effettuate con l'analizzatore FID è stata registrata la presenza di metano non combusto nell'effluente gassoso (concentrazioni istantanee da 20 a 1100 mgC/Nm³) con una risposta in carbonio organico totale che altera le reali emissioni di V.O.C.; il fenomeno giustifica la presenza di elevate concentrazioni di monossido di carbonio riscontrate nella terza serie di misure.

Ditta (D)

Descrizione dell'attività produttiva

La ditta opera nel settore della verniciatura conto terzi di elementi in legno e materiali succedanei per mobili; in particolare cornici e profili di vario tipo.

L'impiantistica di verniciatura si compone di 4 linee di verniciatura automatica separate ed indipendenti del tipo a "carosello"; il sistema prevede il carico manuale dei pezzi su bilancioni e l'avanzamento sequenziale degli stessi nella zona dedicata all'applicazione delle vernici.

Le linee sono chiuse con tamponamenti a tenuta che consentono un buon contenimento delle sostanze organiche volatili.

Oltre ai sistemi di applicazione descritti viene utilizzata una cabina del tipo a secco per limitate operazioni di verniciatura manuale per il ritocco degli elementi difettosi.

I prodotti vernicianti utilizzati sono totalmente del tipo a solvente costituiti per il 70% circa da poliuretanic e per il restante 30% da poliesteri; la quantità globale di prodotti giornalmente impiegati è in media di 2 500 kg.

Il sistema di applicazione delle vernici per ogni "carosello" è costituito da due braccia oscillanti che sorreggono ciascuna 7 pistole del tipo "airless" dove l'atomizzazione della vernice avviene mediante efflusso ad alta pressione; l'aerosol di vernice non depositato sui pezzi (overspray) viene aspirato da una vasca aspirante collocata sotto la bilancella e da qui convogliata alla linea di trattamento effluenti gassosi.

Descrizione delle tecnologie di trattamento emissioni installate

L'aria aspirata da ogni linea di verniciatura viene, dapprima, lavata con acqua in scrubbers e successivamente, convogliata con unico collettore ad una camera di calma, costituita da silo contenente diaframmi, che obbligano l'aria ad un percorso tortuoso che ne rallenta la velocità, al fine di favorire il deposito delle particelle di vernice ancora presenti.

L'aria viene successivamente inviata ad un combustore termico di tipo rigenerativo a due camere riempite per l'ossidazione termica delle sostanze organiche volatili.

Le principali caratteristiche tecnico - costruttive del combustore sono:

- portata d'aria al trattamento (massima): 42 000 Nm³/h
- flusso di massa delle V.O.C. da trattare: 50 ÷ 150 kg/h
- temperatura di esercizio: 720 °C (valore di set point in c.d.c.)
- combustibile ausiliario: gas metano
- numero di camere di accumulo e scambio termico: 2 riempite + linea di compensazione del diametro di circa 4" (circa 100 mm)
- massa di riempimento: 50 t
- materiale di riempimento: ghiaia quarzifera di granulometria 12 ÷ 20 mm
- tempo di inversione delle camere: 180 s
- potenza installata al ventilatore: 132 kW
- potenza assorbita: 100 kW
- potenzialità termica totale: 1,4 MW

Condizioni operative al momento dei prelievi effettuati

Con la temperatura del combustore a 720°C le emissioni dei tre impianti di verniciatura in lavorazione sono stati progressivamente inseriti al trattamento termico.

Dei tre impianti di verniciatura in funzione contemporaneamente, due utilizzavano prodotti poliuretanicici catalizzati al 50% e diluiti al 20%, mentre nel terzo carosello si impiegavano prodotti acrilici catalizzati al 10% e diluiti al 35%.

Già con la prima linea di verniciatura (che utilizzava prodotti di tipo poliuretanicico) la temperatura registrata in camera di combustione raggiungeva gli 820°C senza alcun apporto di combustibile metano (1° prelievo effettuato).

Dalla tabella riepilogativa dei dati analitici si vede il regolare incremento nel tempo della concentrazione di V.O.C. in ingresso al combustore; per tutta la durata dei campionamenti la temperatura non è mai scesa sotto i 930 - 940°C.

Commento ai risultati

Le risultanze analitiche hanno evidenziato quanto segue:

- la resa media di abbattimento di V.O.C. calcolata è stata del 99,0 % p/p
- la concentrazione di polveri totali nell'effluente si è sempre mantenuta al di sotto di 1 mg/Nm³
- la concentrazione massima di monossido di carbonio registrata è stata di 16 mg/Nm³
- non è stata riscontrata la presenza del biossido di azoto NO₂

Note:

- 1) La presenza di sassi silicei quale materiale di riempimento dei letti di accumulo e scambio termico genera, nelle inversioni di flusso, la fuoriuscita dal camino di espulsione di sabbia fine per il lento sgretolamento del materiale;
- 2) nelle normali condizioni operative le temperature raggiunte nel combustore sono sempre vicine a quelle di blocco dell'impianto per alta temperatura; l'impianto sembra sottodimensionato rispetto alle reali esigenze di produzione.

Ditta (E)

Descrizione dell'attività produttiva

La ditta opera nel settore della verniciatura conto terzi di elementi in legno e materiali succedanei per mobili ed in particolare cornici, antine ed elementi di vario tipo.

L'azienda opera su un unico turno di lavoro impiegando circa 15 addetti.

L'impiantistica di verniciatura si compone di 2 linee di verniciatura automatizzata e manuale separate ed indipendenti del tipo a "carosello".

Il sistema prevede il carico manuale dei pezzi su bilancioni e l'avanzamento sequenziale degli stessi nella zona dedicata all'applicazione delle vernici.

Nella verniciatura automatica l'aria, seguendo il movimento del braccio oscillante, viene aspirata localmente dalla zona sottostante la vasca di raccolta del prodotto in eccesso; le linee sono solo parzialmente separate dalla zona di lavoro con tamponamenti nella parte superiore.

L'essiccazione dei manufatti nei caroselli viene effettuata a temperatura ambiente; non sono previste particolari zone o impianti dedicati allo scopo.

Oltre ai sistemi di applicazione descritti viene utilizzata una manovia sulla quale i pezzi vengono appesi e fatti avanzare in corrispondenza di una cabina a velo d'acqua per essere poi verniciati manualmente.

I prodotti vernicianti utilizzati sono quasi totalmente a solvente di tipo poliuretano ed in misura minore di tipo a poliesteri; le tinte utilizzate sono del tipo all'acqua.

Descrizione delle tecnologie di trattamento emissioni installate

L'aria aspirata da ogni carosello di verniciatura viene dapprima lavata con acqua in scrubbers, successivamente convogliata con unico collettore ad un combustore di tipo rigenerativo a due camere riempite per l'ossidazione termica delle sostanze organiche volatili.

Le principali caratteristiche tecnico - costruttive del combustore sono:

- portata d'aria massima al trattamento: 8 000 Nm³/h
- flusso di massa di V.O.C. da trattare: 17 kg/h (di progetto)
- temperatura di esercizio: 800 ÷ 850 °C (di progetto)
- temperatura di esercizio: 750 °C (valore di set point in c.d.c.)
- combustibile di supporto: G.P.L.
- numero di camere di scambio termico: 2 riempite + linea di compensazione del diametro di circa 800 mm
- volume e massa di riempimento: 10,44 m³ (6,6 t)
- materiale di riempimento: selle ceramiche da 1"
- tempo di inversione delle camere: 40 s
- potenza installata al ventilatore: 30 kW
- potenzialità termica totale: 350 KW
- consumo combustibile: 13,8 Nm³/h (max.)
- consumo aria compressa: 15 Nm³/h alla pressione di 5 bar
- data installazione impianto: 1997

Condizioni operative al momento dei prelievi effettuati

Nel corso dei prelievi effettuati l'azienda effettuava la verniciatura automatizzata di retri e fronte di antine in MDF con applicazione di prodotti a solvente poliuretanici bicomponenti catalizzati al 50% e diluiti nella misura del 20 ÷ 30%.

Nelle condizioni di massimo carico inquinante (utilizzo continuo del braccio oscillante di applicazione) venivano raggiunte le condizioni di autosostentamento del combustore con temperature dei letti che oscillavano all'interno del range 750 ÷ 850 °C.

Commento ai risultati

Le risultanze analitiche hanno evidenziato quanto segue:

- la resa media di abbattimento di V.O.C. calcolata è pari al 97,5 % p/p;
- la concentrazione massima di monossido di carbonio registrata è stata di 325 mg/Nm³;
- la concentrazione di ossidi di azoto si è mantenuta a valori molto bassi e non superiori a 18 mg/Nm³.

L'andamento del monossido di carbonio nelle misure istantanee è risultato essere molto altalenante, nonostante le basse concentrazioni di sostanze organiche volatili nell'effluente gassoso; è ipotizzabile la cattiva combustione del G.P.L. nei momenti di mancato autosostentamento.

Note:

nel corso delle misure è stato verificato il cattivo funzionamento della valvola di ingresso al combustore, solo parzialmente aperta, con conseguente sovrappressione della linea "a monte" dell'impianto stesso.

Ditta (F)

Descrizione dell'attività produttiva

La ditta effettua la verniciatura conto terzi di elementi in legno ed in particolare di antine per l'industria del mobile.

L'azienda opera su un unico turno di lavoro impiegando circa 20 addetti.

L'impiantistica di verniciatura si compone di 3 linee di verniciatura automatizzata e manuale separate ed indipendenti del tipo a "carosello"; un quarto impianto del tipo "a giostra" viene utilizzato per la tinteggiatura dei manufatti.

Dei tre impianti a bilancelle due sono impiegati per l'applicazione automatizzata (12 pistole di applicazione) e manuale di prodotti di finitura.

La giostra per l'applicazione delle tinte utilizza n. 8 pistole di spruzzatura.

Il terzo impianto veniva utilizzato, fino a poco tempo fa, per l'applicazione automatizzata di prodotti di "fondo"; attualmente questa operazione viene effettuata presso altre aziende esterne.

I prodotti vernicianti utilizzati sono totalmente di tipo poliuretano a solvente; le tinte sono quasi esclusivamente di tipo a solvente.

Descrizione delle tecnologie di trattamento emissioni installate

L'attuale configurazione impiantistica prevede l'accorpamento delle emissioni di V.O.C. generate nell'applicazione tinte e finitura, con convogliamento delle stesse ad un combustore catalitico preceduto da rotoconcentratore a carboni attivi.

A monte dell'ossidatore termico è previsto un accurato trattamento di depolverazione costituito in successione da:

- filtri a celle metalliche
- filtri a tasche in microfibre di vetro.

L'impianto di trattamento V.O.C. prevede una prima sezione di adsorbimento, su due rotoconcentratori a carboni attivi posti in parallelo al flusso d'aria da trattare, seguiti da una sezione di strippaggio con aria preriscaldata e combustione dei solventi in presenza di catalizzatore.

Le principali caratteristiche tecnico - costruttive del combustore sono:

- portata d'aria al trattamento: 30 000 Nm³/h (di progetto)
- flusso di massa delle V.O.C. da trattare: 22,4 kg/h (di progetto)
- quantità di carbone (per ciascun rotore): 2 750 kg
- superficie di passaggio per rotore: 12 m²
- tempo di strippaggio per settore: 55 min
- tempo di raffreddamento per settore: 15 min
- potenzialità termica generatore aria calda di strippaggio: 139 KW
- potenzialità termica generatore post combustore catalitico: 348 KW
- temperatura di esercizio post combustore catalitico: 350 °C (valore di set point)
- combustibile di supporto: gasolio

- potenza installata al ventilatore: 50 KW
- data installazione impianto: aprile 2000

Condizioni operative al momento dei prelievi

Le misure sono state effettuate in tre momenti diversi e rispettivamente nei giorni 28 Settembre, 25 Ottobre 2000 e 20 Aprile 2001.

Le condizioni operative nelle varie serie di misure effettuate vedevano l'utilizzo contemporaneo della linea fondo e tinteggiatrice con prodotti vernicianti a solvente; i diversi flussi di inquinanti registrati a "monte" dell'impianto di trattamento sono attribuibili alle pause di lavoro necessarie alla messa a punto dei prodotti ed attrezzature.

Nella seconda serie di misure (quella del giorno 25 Ottobre) è stato possibile quantificare con buona approssimazione la quantità di vernici utilizzate nel periodo dei prelievi (di circa 2.5 ore):

- vernici poliuretaniche di finitura (componente A + catalizzatore al 25% + 40% diluente) per complessivi 155 kg
- tinte a solvente 30 kg

I punti di prelievo scelti per le diverse serie di misure vengono evidenziati nei disegni riportati a pagina 19 della presente relazione.

Commento ai risultati

La tabella che segue illustra i risultati a confronto delle misure effettuate:

	flusso di massa V.O.C. ingresso (kg/h)	flusso di massa V.O.C. in uscita (kg/h)	efficienza di abbattimento (%)	portata volumica in entrata (Nm³/h)	portata volumica in uscita (Nm³/h)
1^ serie	32,0	4,4	86,3	27 800	40 900
2^ serie	49,0	15,4	68,6	28 000	45 500
3^ serie	39,5	3,6	90,8	39 000	40 500

Le risultanze analitiche consentono di esprimere alcune considerazioni:

- il carico inquinante di V.O.C. in ingresso al sistema di trattamento durante le misure effettuate è sempre stato superiore al flusso di massa di progetto;
- l'efficienza di abbattimento calcolata nella prima e seconda serie di misure si attesta ai valori di progetto;
- tra la seconda e terza serie di misure il fornitore dell'impianto ha effettuato interventi sul sistema adsorbitore con incremento della quantità di carbone e del letto catalitico;
- i diversi volumi d'aria determinati prima e dopo l'impianto di trattamento V.O.C. sono attribuibili ai flussi d'aria ambiente utilizzati per le fasi di rigenerazione e raffreddamento dei carboni attivi;

- le basse concentrazioni di monossido di carbonio e l'assenza degli ossidi di azoto nell'effluente gassoso sono giustificati dalle basse temperature di ossidazione e dall'assenza di fiamma;
- il sistema di depolverazione (particelle di vernici) adottato si è dimostrato altamente efficace.

Note:

I costi attualmente sostenuti dall'azienda per la depolverazione dell'aria in ingresso al sistema di trattamento sono stati quantificati in 16 milioni di Lire (iva inclusa) annui per i vari tipi di filtro installati.

Ditta (G)

Descrizione dell'attività produttiva

La ditta esercita l'attività di cartotecnica e lavorazione materie plastiche finalizzata nella produzione di "shopper" in polietilene e decorazione di shopper in carta.

L'operatività della linea plastica è di 24 ore/giorno; gli addetti globalmente impegnati sono 137.

Nella produzione di shopper in plastica le principali fasi sono l'estrusione di film di polietilene e la stampa flessografica con inchiostri in miscela di solventi ed additivi (acetato di etile, alcool isopropilico, alcool etilico).

La decorazione delle borse in carta (acquistate all'esterno) si realizza nel processo di stampa flessografica con inchiostri a solvente ed additivi (metossipropanolo, acetato di etile).

Successivamente per entrambi i prodotti viene effettuata l'accoppiatura di un film di polipropilene sulla superficie esterna delle shoppers con l'ausilio di collanti in fase solvente.

Vengono inoltre prodotti laminati adesivi in carta siliconata e/o politenata, plastica e metallizzati con utilizzo di colle acriliche in dispersione acquosa o a base solvente e successiva accoppiatura con film plastico.

Descrizione delle tecnologie di trattamento emissioni installate

Le emissioni generate nelle fasi di accoppiatura a colla e di stampa flessografica su carta e plastica sono convogliate ad un impianto di trattamento sostanze organiche volatili costituito da un combustore termico di tipo recuperativo.

Le caratteristiche tecniche dell'impianto di depurazione sono le seguenti:

- portata d'aria massima da trattare: 15 000 Nm³/h
- data di installazione impianto: 1995
- operatività: da due a tre turni di lavoro al giorno di 6 ore ciascuno
- flusso di massa di V.O.C. da trattare: 32,0 kg/h
- potenzialità termica: 1,744 MW
- combustibile ausiliario: gas metano
- temperatura camera di combustione (di progetto): 760 - 780°C
- temperatura aria di processo preriscaldata: 450°C
- tempo di permanenza in camera: 0,8 s
- recupero calore sensibile dei fumi per riscaldamento acqua ad uso civile a 110°C

Condizioni operative al momento dei prelievi

Al momento dei prelievi erano regolarmente in funzione gli impianti di accoppiatura e stampa flessografica con prodotti a base solvente; le condizioni operative del combustore erano le seguenti:

- temperatura camera di combustione 770°C
- temperatura fumi 270°C
- temperatura aria di processo al trattamento in uscita preriscaldatore: 457°C

Commento ai risultati

I risultati evidenziano quanto segue:

- la presenza costante di una fiamma in questo combustore giustifica concentrazioni non trascurabili di ossidi di azoto e di monossido di carbonio negli effluenti gassosi;
- la resa di abbattimento di V.O.C. calcolata è risultata essere molto elevata e superiore al 99% p/p.

Note:

Costi di manutenzione annui: 20 000 000 di lire (relativi alle operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria a cura del fornitore dell'impianto).

COMMENTO AI RISULTATI

Confronto fra combustori termici rigenerativi

a) Rese di abbattimento V.O.C. (tabella n. 1)

Dai dati a confronto emerge che la resa di abbattimento V.O.C. nell'azienda A con tre camere riempite (unico impianto che utilizza mattoni a nido d'ape come riempimento) è superiore a quella calcolata nelle altre configurazioni impiantistiche con due camere riempite.

Anche se il rigoroso confronto fra impianti diversi è difficile per le diverse condizioni operative e carico inquinante, è significativo che nell'azienda A la resa di abbattimento sia superiore a quella dei due impianti dell'azienda B (con carichi di V.O.C. in ingresso simili) gestiti con temperature in camera di combustione superiori (azienda A: temp. c.d.c. 770 – 785 °C; azienda B: temp. c.d.c. 850 – 870 °C).

b) Concentrazione di V.O.C. (Metodo UNI 10391) in emissione (tabella n. 2)

Nella configurazione a tre camere riempite (azienda A) le concentrazioni di V.O.C. (media delle tre serie di misure) in emissione sono inferiori a quelle registrate a valle di tutti gli altri impianti rigenerativi controllati.

In generale le concentrazioni medie di V.O.C. si attestano fra valori compresi tra 3 e 30 mgC/Nm³; i valori massimi istantanei, registrabili nel tempo di azionamento delle valvole con l'inversione dei flussi d'aria fra le due camere di accumulo, non superano gli 80 mgC/Nm³ di V.O.C.

Un'eccezione è rappresentata dall'azienda C a causa del cattivo funzionamento (nella terza serie di misure) di uno dei due bruciatori di supporto con emissione di combustibile gas metano puntualmente registrato dal rivelatore FID; in questo caso la sola analisi con rivelatore FID avrebbe evidenziato il superamento dei valori limite di emissione.

c) Concentrazione dei gas di combustione (tabella n. 3)

La formazione degli inquinanti di combustione (monossido di carbonio CO, ossidi di azoto NO_x) è legata a numerose variabili termodinamiche e cinetiche nonché da fattori geometrici e di conformazione della camera di combustione.

In generale si evince che laddove le temperature richiedono l'apporto di combustibile ausiliario (per il basso carico di V.O.C. da trattare), con accensione del(i) bruciatore(i), maggiore è la formazione degli inquinanti; in questi casi (aziende C, E) la formazione di monossido di carbonio raggiunge valori elevati rispettivamente di 140 e 190 mg/Nm³ (valori medi su tre serie di misure).

In condizioni di elevato carico in ingresso (condizioni di autosostentamento) minore è la formazione di monossido di carbonio e ossidi di azoto (aziende B e D).

Per tutti gli impianti controllati la formazione di biossido di azoto NO₂ risulta essere molto bassa indipendente quindi dalle diverse condizioni operative.

Trattamento di V.O.C. con adsorbimento e combustione catalitica

a) Rese di abbattimento globali di V.O.C. e polveri (particelle di vernici)

	flusso di massa V.O.C. in ingresso (kg/h)	flusso di massa V.O.C. in uscita (kg/h)	efficienza di abbattiment o globale (% p/p)	portata volumica in entrata (Nm³/h)	portata volumica in uscita (Nm³/h)
1^ serie	32,0	4,4	86,3	27 800	40 900
2^ serie	49,0	15,4	68,6	28 000	45 500
3^ serie	39,5	3,6	90,8	39 000	40 500

Solo dai risultati della terza serie di misure è stato raggiunto il valore di progetto fissato al 90% p/p.

Va evidenziato che le condizioni operative al momento dei prelievi, se pur rappresentative delle emissioni generate nei processi di verniciatura, rappresentano, in questo specifico caso, condizioni difficilmente riproducibili dall'azienda in termini di potenzialità produttiva e di quantità di prodotti vernicianti utilizzati.

In queste condizioni operative, rappresentate nelle schede n. 1, 2 e 3 di seguito riportate, si evidenzia quanto segue:

- la resa di abbattimento delle polveri (particelle di vernici), provenienti essenzialmente dall'applicazione di vernici di "finitura", è risultata essere molto elevata (> 97% p/p)
- la resa di abbattimento dei carboni attivi, nella fase di adsorbimento, è stata rispettivamente del 80,2 % (il giorno 25.10.2000) e del 90,2 % (il giorno 20.4.2001);
- la resa di abbattimento calcolata nel combustore catalitico nel giorno 25.10.2000 è stata del 85,2%.

b) Rese di abbattimento di specifici composti organici volatili (tabella n. 4)

Analizzando le rese di abbattimento V.O.C. nelle due distinte fasi (adsorbimento e combustione catalitica) e la resa totale dell'impianto per alcune sostanze organiche volatili (quelle presenti in ingresso a maggior concentrazione) si evidenzia:

- la bassa resa di adsorbimento della sostanza dimetilchetone (acetone)
- le basse rese di combustione catalitica per le sostanze n-butilacetato e Xilene nelle misure del giorno 25.10.2000.

c) Concentrazione di V.O.C. (Metodo UNI 10391) in emissione (tabella n. 2)

Le concentrazioni medie di composti organici in emissione si sono mantenute nel range 40÷60 mgC/Nm³.

Nella serie di misure del giorno 25.10.2000 non è stato possibile misurare il tenore di carbonio organico direttamente sul flusso totale in uscita all'impianto; in questo caso la concentrazione in carbonio organico è stata calcolata a partire dai flussi di massa di V.O.C.

e fattori di conversione di 0,6 e 0,9 relativi alle sostanze presenti a maggior concentrazione [Butilacetato (0,60), Etilacetato (0,54), 2-Butanone (0,66) e Toluene (0,91)].

La concentrazione di V.O.C. così calcolata è risultata essere compresa fra 200 e 300 mgC/Nm³.

d) Concentrazione dei prodotti di combustione in emissione (tabella n. 3)

L'assenza di Ossidi di Azoto e di Monossido di Carbonio nei gas di combustione è giustificata dall'assenza di fiamma e dalle basse temperature operative nel trattamento di ossidazione catalitica.

Combustore termico recuperativo

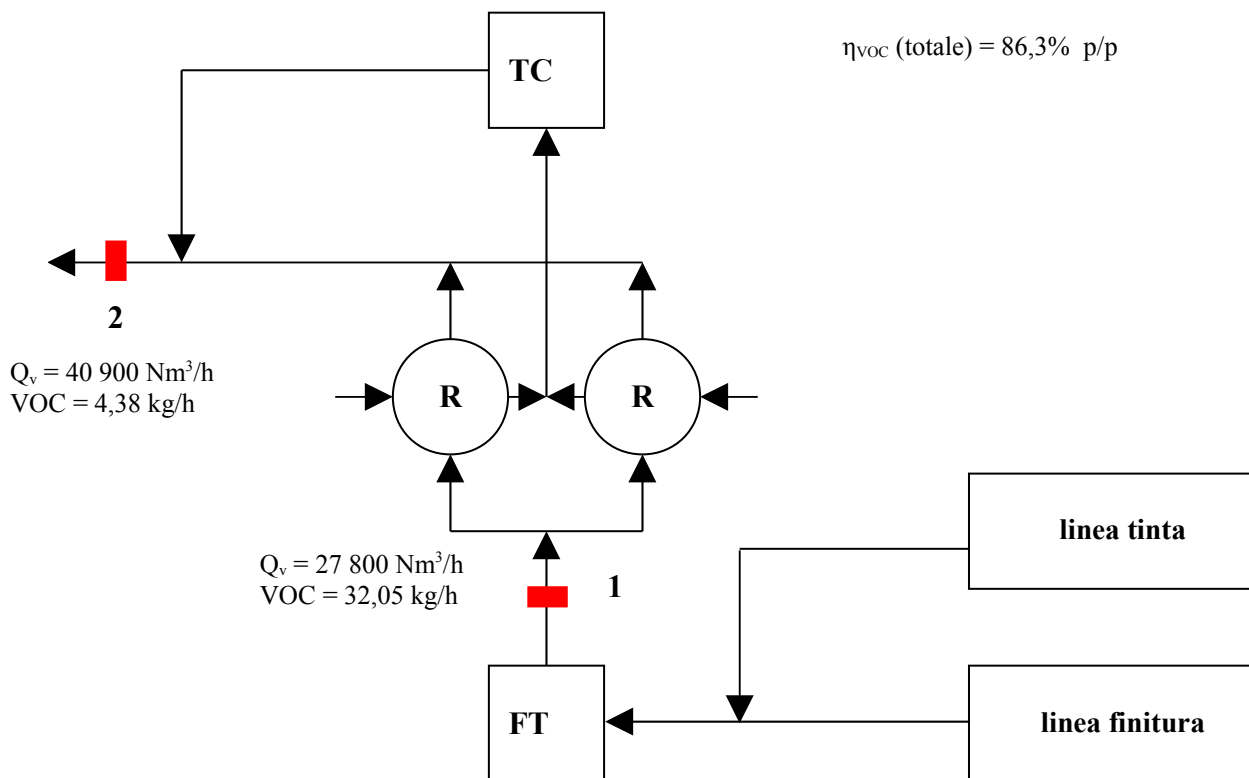
a) Rese di abbattimento V.O.C. e polveri (tabella n. 1)

Le rese calcolate sono state molto elevate e superiori al 99,0% anche se il carico di V.O.C. in ingresso era modesto.

b) Concentrazione dei prodotti di combustione in emissione (tabella n. 3)

Sensibilmente più elevata la concentrazione media di ossidi di azoto NO_x e di biossido di azoto NO₂ rispetto a quelle rilevate alle emissioni degli altri impianti controllati a causa della costante presenza della fiamma e delle alte temperature raggiunte dalla stessa in camera di combustione.

SCHEDA 1



legenda

E: punto di emissione finale
TC: torre catalitica
R: rotore
FT: filtro a tasche

Q_v : portata volumetrica
 η : resa di abbattimento

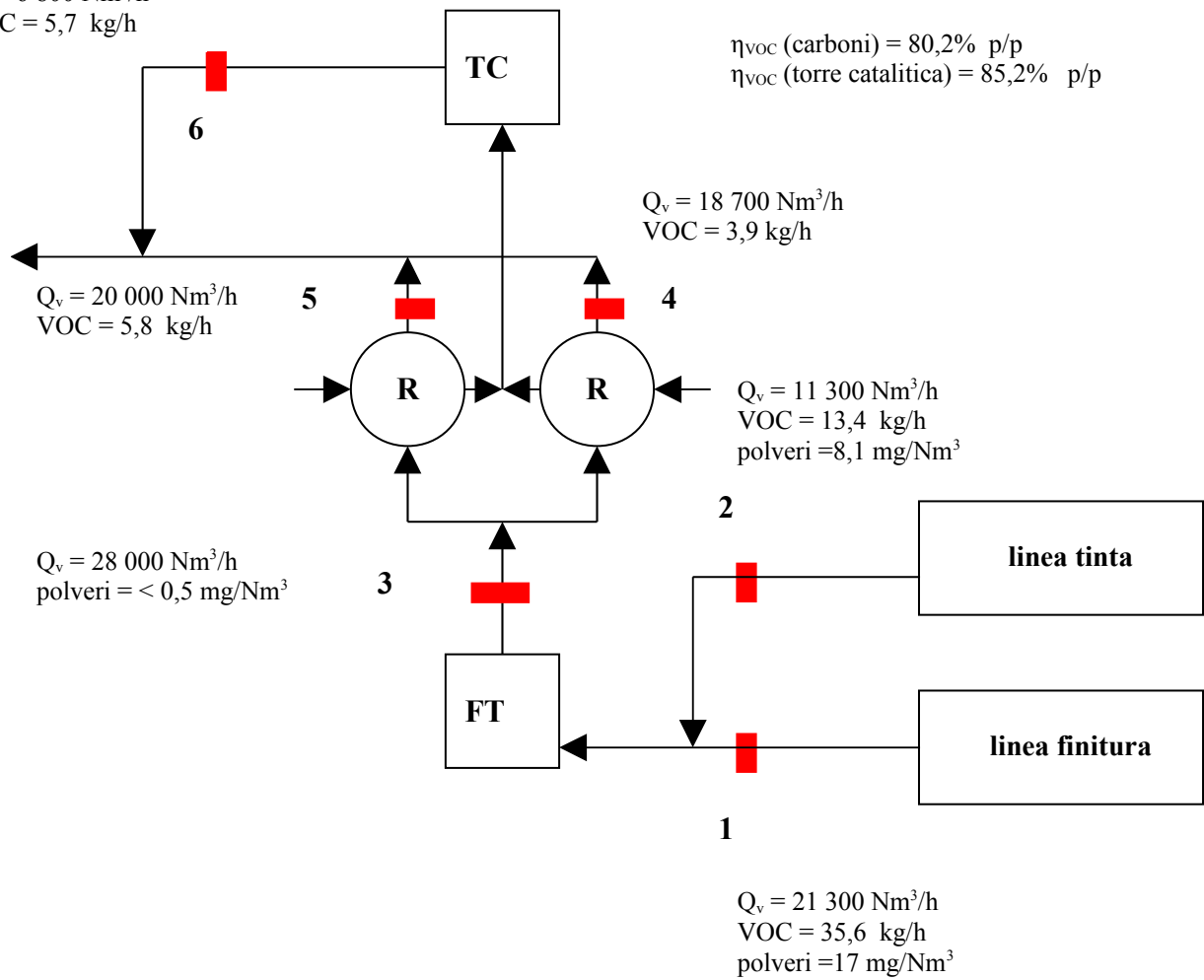
■ : punto di prelievo campionamento del 28/9/2000

1: ingresso
2: uscita

Riferimento: referto analitico n. 131 E00SA

SCHEDA 2

$Q_v = 6\ 800\ \text{Nm}^3/\text{h}$
 $\text{VOC} = 5,7\ \text{kg/h}$



legenda

E: punto di emissione finale
 TC: torre catalitica
 R: rotore
 FT: filtro a tasche

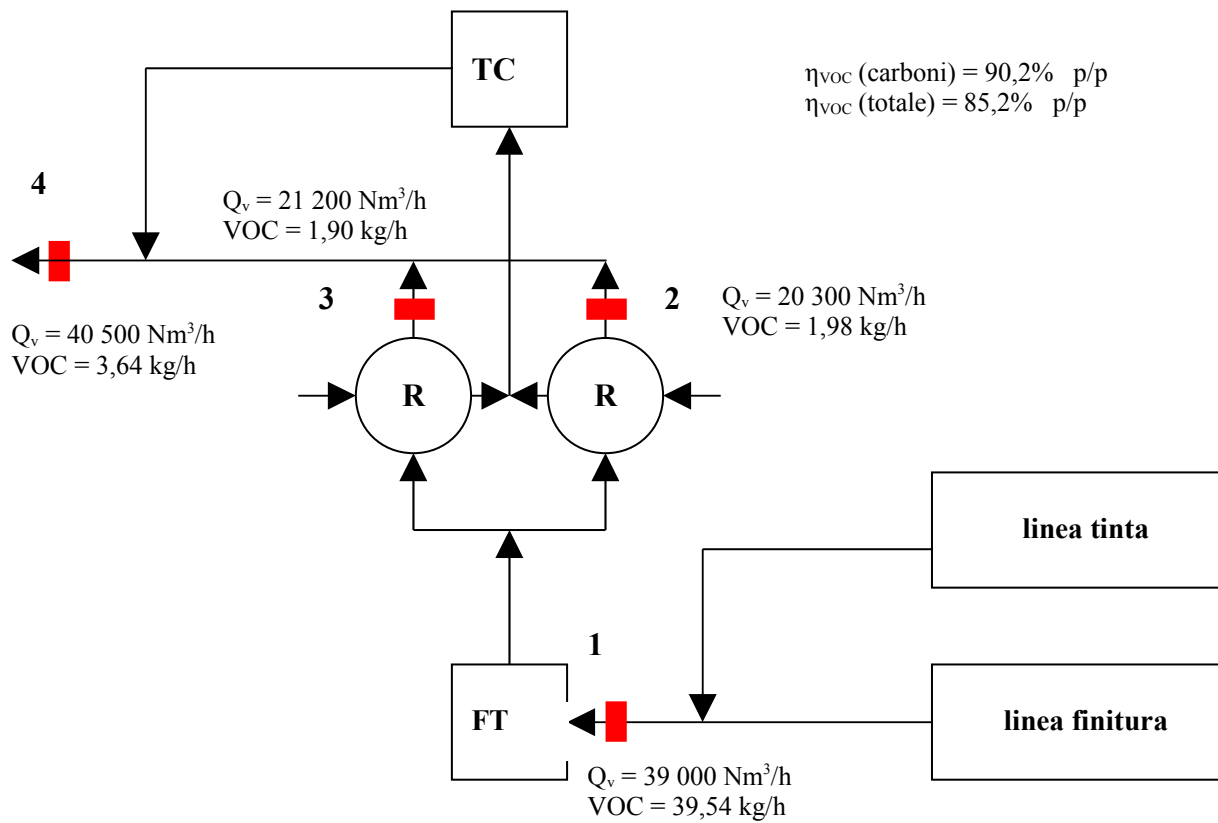
Q_v : portata volumetrica
 η : resa di abbattimento

■ : punto di prelievo campionamento del 25/10/2000

1: entrata 1
 2: entrata 2
 3: uscita filtri
 4: uscita carboni (lato catalizzatore)
 5: uscita carboni
 6: uscita catalizzatore

Riferimento: referto analitico n. 135 E00SA

SCHEDA 3



legenda

E: punto di emissione finale
 TC: torre catalitica
 R: rotore
 FT: filtro a tasche

Q_v : portata volumetrica
 η : resa di abbattimento

■ : punto di prelievo campionamento del 20/4/2001

1: entrata impianto
 2: uscita carboni n.1
 3: uscita carboni n. 2
 4: uscita impianto

Riferimento: referto analitico n. 62 E01SA

Tabella n. 1 – Comparazione rese di abbattimento

	termici rigenerativi					adsorbimento e combustione catalitica			termico recuperativo
	A	B	C	D	E	F	F	F	G
Numero camere riempite	3	2	2	2	2	/	/	/	/
carico V.O.C. in ingresso (g/Nm³)	1,45	2,58/1,26	0,12	3,45	0,85	1,15	1,50	1,01	0,7
carico V.O.C. in ingresso mgC/Nm³	925	2185/1090 (*)	80	2510	595	820	1080/780 (**)	720	365
resa di abbattimento V.O.C. (% p/p)	99,7	99,0	92,6	99,0	97,5	86,3	68,6	90,8	> 99,9

(*) i due valori si riferiscono ai flussi gassosi in ingresso ai rispettivi combustori

(**) i due valori si riferiscono ai due flussi gassosi che convogliano ad un unico impianto di trattamento

Tabella n. 2 – Concentrazione V.O.C. in emissione

	termici rigenerativi					adsorbimento e combustione catalitica			termico recuperativo
	A	B	C	D	E	F	F	F	G
Numero camere riempite	3	2	2	2	2	/	/	/	/
carico V.O.C. in ingresso (g/Nm³)	1,45	2,58/1,26	0,12	3,45	0,85	1,15	1,50	1,01	0,7
conc. media V.O.C. (mgC/Nm³)									
metodo UNI 10391	3	15	14 – 422 (*)	27	17	44	203 – 307 (**)	54	6
conc. V.O.C. (mgC/Nm³) valori istantanei									
metodo UNI 10391	1 – 6	4 – 40	4 – 1100 (*)	15 – 80	8 – 40	15 – 70	/	45 – 60	1 – 15
conc. medie V.O.C. (mg/Nm³)									
metodo UNI 10493	5,6	19,0	8,8	36,2	22,7	107,1	/	90,0	< 0,1
conc. medie V.O.C. (mgC/Nm³)									
metodo UNI 10493	3,0	15,3	8,8	27,8	16,4	73,5	/	61,0	< 0,1

Metodo UNI 10391: determinazioni con F.I.D.

Metodo UNI 10493: adsorbimento su fiale a carboni attivi e successiva analisi GC

(*) riscontrato la presenza di metano incombusto durante la terza serie di misure

(**) concentrazione calcolata con fattore di conversione rispettivamente di 0,6 e 0,9

Tabella n. 3 – Concentrazione gas di combustione in emissione

	termici rigenerativi					adsorbimento e combustione catalitica			termico recuperativo
	A	B	C	D	E	F	F	F	G
Numero di camere riempite	3	2	2	2	2	/	/	/	/
temp. c.d.c. (°C)	770 – 785	850 – 870	720 – 760	720 – 940	766 – 866	355 – 450	355 – 450	355 – 450	760 – 780
carico in ingresso (g/Nm³)	1,45	2,58/1,26	0,12	3,45	0,85	1,15	1,50	1,01	0,7
CO conc. media (mg/Nm³)	15	6	190	10	140	< 2	3	/	82
NO_x conc. media (mg/Nm³)	15	9	10	4	15	< 2	< 2	/	107
NO₂ conc. media (mg/Nm³)	< 2	< 2	< 1	< 2	< 2	< 2	< 2	/	13
CO₂ conc. media (% v/v)	0,5	0,6	0,2	0,7	0,5	< 0,05	0,3	/	1,8
O₂ conc. media (% v/v)	20,5	20,2	20,8	20,0	20,3	20,9	20,5	/	18,4

Tabella n. 4: Impianto di adsorbimento e combustione catalitica – rese di abbattimento V.O.C.

	analisi del 25/10/00			analisi del 20/4/01		
	resa di adsorbimento (% p/p)	resa combustione catalitica (% p/p)	resa complessiva impianto (% p/p)	resa di adsorbimento (% p/p)	resa combustione catalitica (% p/p)	resa complessiva (% p/p)
MIBK	84,3	92,0	77,5	94,6	94,7	89,7
MBK	75,6	92,4	70,0	81,5	80,0	65,2
Dimetilchetone	53,5	91,5	48,9	73,1	67,5	49,4
Butil acetato	81,3	72,8	59,2	93,2	92,6	86,3
Etil acetato	91,7	97,5	89,4	/	/	/
2Butossietanolo	93,6	99,7	93,4	/	/	/
Xilene	79,7	74,6	59,4	96,2	95,4	91,8
Toluene	82,1	94,1	77,3	93,4	93,3	87,1

COMMENTO ALLE METODICHE DI ANALISI

Uno degli obiettivi della campagna di rilevamento era quello di porre a confronto le due metodiche di analisi previste dal Decreto Ministero Ambiente del 25.8.2000 per la determinazione delle V.O.C. da flussi gassosi convogliati.

Il metodo di cui alla Norma UNI 10493 prevede l'adsorbimento dei composti organici su carbone attivo e la successiva eluizione con solfuro di carbonio; per evitare la riduzione dell'efficienza di adsorbimento da parte del vapore acqueo, i prelievi sono stati eseguiti utilizzando un sistema di raffreddamento, con raccolta del condensato, immediatamente a monte della fiala di carbone attivo; la stessa procedura è stata eseguita anche sul flusso gassoso in ingresso ai combustori.

Dalla tabella n.5 di pagina 27 si evince che le concentrazioni di V.O.C. sul condensato nelle aziende A e B sono relative a quelle sostanze presenti nel flusso gassoso in ingresso al combustore già in concentrazione relativamente elevata: rispettivamente di 0,25 g/Nm³ (ditta A) e di 0,99 g/Nm³ (ditta B).

Solo nella ditta F (nelle misure del giorno 25.10.2000) è stata riscontrata la presenza di composti organici nella condensa a valle del combustore catalitico; le sostanze presenti sono essenzialmente alcoli e acetati.

Anche se una rigorosa comparazione fra le due metodiche analitiche dovrebbe prevedere la misura di una stessa miscela di componenti a concentrazioni diverse, una prima indicazione (tabella n.6) permette di affermare che i valori medi esprimono, alle basse concentrazioni di composti organici volatili, gli stessi valori.

Con l'aumentare delle concentrazioni di V.O.C. aumenta lo scostamento fra le due metodiche con valori di concentrazione che sono, nel caso del metodo UNI 10391, costantemente inferiori.

Tabella n. 5 – V.O.C. nel condensato

Ditta	Ingresso impianto	Concentrazione mg/Nm³	Uscita Impianto	Concentrazione mg/Nm³
A	1-Metossi-2-Propanolo Acetato	8,5	/	/
B	Toluene	1,0 – 1,9	/	/
C	/	/	/	/
D	/	/	/	/
E	/	/	/	/
F (*)	/	/	1-Metossi-2-Propanolo Acetato 1-Metossi-2-Propanolo 2-Butossietanolo 1-Etossi-2-Propanolo Acetato 1-Etossi-Etanolo acetato	1,2 23,0 1,6 1,2 1,0
G	/	/	/	/

(*) serie di misure del giorno 25.10.2000

Tabella n. 6 – Comparazione Metodiche di analisi

<i>Metodi di analisi</i>	Ditte							
	A	B	C	D	E	F 1^ serie di misure	F 2^ serie di misure	F 3^ serie di misure
Metodo UNI 10391 FID (mgC/Nm³)	3	15	14	27	17	44	230 (uscita catalizzatore) 127 (uscita primo rotore) 91 (uscita secondo rotore)	54 (uscita catalizzatore) 57 (uscita primo rotore) 58 (uscita secondo rotore)
Metodo UNI 10493 fiala carbone (mgC/Nm³)	3,0	15,3	8,8	27,8	16,4	74,0	520,0 (uscita catalizzatore) 137,0 (uscita primo rotore) 188,0 (uscita secondo rotore)	61,0 (uscita catalizzatore) 60,0 (uscita primo rotore) 65,0 (uscita secondo rotore)

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La campagna di rilevamento effettuata sugli impianti di trattamento di composti organici volatili installati in alcune aziende della provincia di Treviso ha potuto evidenziare quanto segue:

- le diverse tecnologie applicate garantiscono rese di abbattimento che sono, in generale, elevate e comunque superiori al 90% p/p; in particolare con i combustori termici rigenerativi a tre camere riempite e con quelli di tipo recuperativo le rese vengono ulteriormente incrementate fino a raggiungere condizioni di completamento per le reazioni ossidative dei V.O.C. trattati;
- relativamente ai combustori termici di tipo rigenerativo si è potuto accertare che maggiore è il carico inquinante in ingresso al sistema di trattamento, minori sono le emissioni residue rilasciate dal trattamento medesimo. In queste condizioni il processo di ossidazione diventa autotermico ed i consumi di combustibile ausiliario sono limitati alle fasi di start – up dell'impianto e messa a regime (nonché alla presenza costante della fiamma pilota);
- e' stato altresì verificato che due configurazioni impiantistiche sono, probabilmente, sottodimensionate rispetto alle esigenze di processo: in un caso il carico inquinante in ingresso è decisamente elevato e le relative temperature sviluppate nell'ossidazione dei composti organici sfiorano, ed in alcuni casi raggiungono, quelle di blocco dell'impianto stesso per alta temperatura (con i relativi problemi ad esso collegati).
Nell'altro caso la portata d'aria trattata dal combustore è insufficiente rispetto ai volumi necessari a garantire una corretta gestione nell'applicazione dei prodotti vernicianti e condizioni di salubrità in ambiente di lavoro.
- per quanto attiene la tecnologia di adsorbimento e ossidazione catalitica la variabilità dei risultati ottenuti dimostra che la tecnologia di depurazione necessita di ulteriori messe a punto ed interventi per l'individuazione del materiale adsorbente che meglio si presta alla composizione delle miscele da trattare al fine di garantire rese superiori a quelle registrate.
Nell'unico esemplare finora monitorato particolare attenzione era stata posta dall'azienda alla depolverazione dell'aria di processo al fine di evitare il "mascheramento" del materiale adsorbente; il potenziamento dei filtri già previsti in fase progettuale giustifica le elevate rese di depolverazione registrate.

Relativamente alle concentrazioni di V.O.C. registrate in uscita degli impianti di trattamento si ritiene che le soluzioni impiantistiche adottate dalle aziende possano garantire il rispetto di valori limite di emissione molto bassi come quelli fissati dalla Direttiva Comunitaria n. 1999/13/CE del 11.3.1999 e di imminente recepimento da parte dell'Italia.

Allegato N. 1

METODICHE DI PRELIEVO ED ANALISI UTILIZZATE

In generale i prelievi e le misure sono stati effettuati prima e dopo gli impianti di trattamento; sui collettori a "monte" le prese sono state predisposte in tratti possibilmente rettilinei tenendo in considerazione le indicazioni riportate nel Manuale UNICHIM n. 158/88.

Per le misure a "valle" sono stati utilizzati i tronchetti già inseriti sui collettori di scarico degli impianti di trattamento; le prese in questo caso erano quelle standardizzate e previste dalle norme di riferimento (tronchetto Tipo A – Metodo UNICHIM n. 422 - Manuale UNICHIM n. 122).

In entrata all'impianto di trattamento sono state effettuate:

- misure di temperatura e portata;
- tre prelievi per determinare l'umidità;
- tre prelievi per determinare le sostanze organiche volatili.

In uscita dell'impianto le misure hanno interessato:

- temperatura e portata
- ossigeno, monossido di carbonio, ossidi di azoto, biossido di azoto, biossido di carbonio e composti organici volatili;
- tre prelievi per determinare l'umidità;
- tre prelievi per determinare le sostanze organiche volatili.

Le misure effettuate sui sistemi di trattamento V.O.C. sono state eseguite in condizioni di esercizio "normali" degli impianti produttivi ad essi collegati.

Solo nel caso della tecnologia installata nell'azienda F, di cui alla scheda descrittiva a pagina 11, gli impianti che generano le emissioni sono stati utilizzati alla massima potenzialità permessa dagli impianti stessi al fine di valutare l'efficacia del sistema di trattamento (da pochi mesi installato) in condizioni operative estreme e comunque difficilmente riproducibili dall'azienda.

I sistemi di misura e la strumentazione utilizzata per le operazioni di prelievo ed analisi vengono riassunti nella tabella che segue:

PARAMETRO	SISTEMA DI PRELIEVO	ACCURATEZZA O RISOLUZIONE
temperatura	termometro con sonda ad immersione – metodo UNI 10169	$\pm 1^{\circ}\text{C}$
portata	tubo di Pitot tipo L, micromanometro differenziale e termometro – metodo UNI 10169	$\pm 10\%$
umidità	assorbimento su gel di silice – metodo UNI 10169	$\pm 10\%$
CO	analizzatore di combustione a celle elettrochimiche	± 1 p.p.m.
O ₂	analizzatore di combustione a celle elettrochimiche	$\pm 0,1\%$ v/v
NO _x	analizzatore di combustione a celle elettrochimiche	± 1 p.p.m.
NO ₂	analizzatore di combustione a celle elettrochimiche	± 1 p.p.m.
CO ₂	spettrofotometria infrarossa non dispersiva	$\pm 0,05\%$ v/v
V.O.C.	analizzatore FID – metodo UNI 10391	$\pm 10\%$
V.O.C.	condensazione, adsorbimento su carbone attivo ed analisi delle due matrici con sistema PURGE & TRAP/HRGC/MS/MS	$\pm 10\%$

Dato che le emissioni in uscita presentavano temperatura elevata, per eliminare la condensa ed assicurare un'elevata efficienza di adsorbimento dei carboni attivi, i prelievi per i V.O.C. sono stati effettuati utilizzando un sistema di raffreddamento, con raccolta del condensato, immediatamente a monte della fiala di adsorbimento; le successive analisi di V.O.C. sono state eseguite sia sul condensato che sul carbone attivo adsorbente con sistema PURGE & TRAP/HRGC/MS/MS.

Allegato N. 2

Sostanza	Classe Tab. D D.M. 12.7.1990	f.d.m. / conc. (g/h – mg/m ³)	TLV – TWA (mg/m ³)	Classe TA - LUFT	f.d.m. / conc. (g/h – mg/m ³)	Quantità equivalente a 50 mgC/m ³	fattore di conversione
M.D.I.	I	25/5	0,051			69	0,72
H.D.I.	I	25/5	0,034			88	0,57
T.D.I.	I	25/5	0,036	I	100/20	81	0,62
Metilacrilato	I	25/5	7	I	100/20	90	0,55
Etilacrilato	I	25/5	20	I	100/20	83	0,60
2 – Etossietanolo	II	100/20	18	II	2000/100	94	0,53
2 – Etossietanolo Acetato	II	100/20	27			103	0,48
2 – Metossietanolo	II	100/20	16	II	2000/100	106	0,47
Ftalati	II	100/20	5 Di-(2-etilesil)- ftalato	II	2000/100	68	0,73
2 – Butossietanolo	III	2000/150	121	II	2000/100	82	0,61
Alcool Metilico	III	2000/150	262	III	3000/150	133	0,37
Alcool Butilico	III	2000/150	/			77	0,65
Alcool Isobutilico	III	2000/150	152			77	0,65
Diacetonalcool (4-idrossi-4-metil- 2-pentanone)	III	2000/150	238	III	3000/150	81	0,62
Etilbenzene	III	2000/150	434	II	2000/100	55	0,90
MIBK	III	2000/150	205	III	3000/150	83	0,60
1-Metossi -2- propanolo	III	2000/150	369			93	0,54
Vinilbenzene	III	2000/150	85	II	2000/100	54	0,92
Trimetilbenzene	III	2000/150	123	II	2000/100	55	0,91

Sostanza	Classe Tab. D D.M. 12.7.1990	f.d.m./conc. (g/h – mg/m³)	TLV – TWA (mg/m³)	Classe TA - LUFT	f.d.m./conc. (g/h – mg/m³)	Quantità equivalente a 50 mgC/m³	fattore di conversione
Metilmetacrilato	III	2000/150	410	II	2000/100	83	0,60
1- Metossi -2- propanolo Acetato (propilenglicole monometiletero acetato)							0,54
1- Etossi -2- propanolo Acetato							0,57
Acetato di Butile	IV	3000/300	713	III	3000/150	81	0,62
Acetato di Isobutile	IV	3000/300	713			81	0,62
Acetato di Propile	IV	3000/300	835			85	0,59
Acetato di Isopropile	IV	3000/300	1040			85	0,59
Alcool Propilico	IV	3000/300	492			62	0,80
Alcool Isopropilico	IV	3000/300	983			62	0,80
2 – Butanone MEK	IV	3000/300	590	III	3000/150	76	0,66
Toluene	IV	3000/300	188	II	2000/100	55	0,91
Xileni	IV	3000/300	434	II	2000/100	55	0,91
N-Metilpirrolidone	IV	3000/300		III	3000/150	82	0,61
Acetone	V	4000/600	1188	III	3000/150	81	0,62
Acetato di etile	V	4000/600	1440	III	3000/150	92	0,54
n - Eptano							0,84
n - Esano							0,83
Alcool Etilico							0,52

Allegato N. 3 – Certificati analitici delle misure effettuate

La copia dei certificati di analisi di tutte le misure chimiche e chimico – fisiche effettuate saranno disponibili su richiesta contattando direttamente il personale dell'Ufficio Aria agli indirizzi riportati a pagina 4 della presente dispensa.

Ringraziamenti

Si ringraziano le aziende oggetto del presente studio per la disponibilità dimostrata e per la fattiva collaborazione nella conduzione dell'indagine.

Si ringraziano, inoltre, il dott. Serena, il dott. Bassetto e tutto il personale tecnico dello Studio Laboratorio A.S.A. di Treviso per l'apporto scientifico.

L'immagine di copertina è un'immagine del FAST, gentilmente concessa dalla Provincia di Treviso Assessorato alla Cultura - Archivio Fotografico Storico.