

Cristiano Vergani

Responsabile R.& D

Deparà Engineering S.r.l.

“L’abbattimento degli effluenti odorosi dei *fast food*”

La grande diffusione della ristorazione commerciale a servizio rapido, specialmente in zone fortemente urbanizzate, ha portato in primo piano il problema del trattamento dei fumi derivati dalla frittura e dalla cottura dei cibi, la cui soluzione ha richiesto la messa a punto di macchine totalmente innovative

Negli ultimi anni, la diffusione dei cosiddetti *fast food* ha raggiunto, specialmente nei grandi centri urbani, una dimensione ragguardevole: nei centri storici, nelle zone commerciali, nei centri direzionali, nei grandi complessi residenziali, questi ristoranti sono ormai entrati stabilmente a far parte del nostro panorama urbano. Si tratta di un fenomeno ancora in piena crescita, che ha comportato l'insorgere di alcuni problemi dovuti all'inserimento di questi esercizi in un contesto non sempre ideale. Uno degli aspetti più critici da gestire è costituito dal carattere fortemente odoroso dei fumi emessi, a causa della natura particolare dei cibi, dei condimenti e dei metodi di cottura adottati. Molto frequentemente, a causa di regolamenti edilizi o vincoli di varia natura, è impossibile evacuare i fumi ad una quota sufficiente alla loro dispersione. Altrettanto frequente è il caso di lamentele dovute alla diffusione degli odori in zone residenziali oppure alla ripresa degli inquinanti da parte di impianti di condizionamento dei palazzi circostanti, con le immaginabili conseguenze.

McDonald's France, succursale francese della McDonald's Corporation, ha lanciato nel luglio del 1994 un programma di ricerca finalizzato alla risoluzione del problema degli effluenti odorosi: tale programma, costituito da varie fasi, coinvolge direttamente ed

Da un punto di vista qualitativo, gli effluenti maleodoranti di un *fast food* sono costituiti da una miscela di varie sostanze: si tratta essenzialmente di aldeidi e di composti carbossilici (acidi organici leggeri e pesanti) che derivano da fenomeni di degradazione termica incompleta e da trasformazioni di ossidazione all'interno degli oli di cottura e dei grassi presenti negli alimenti. Tutte queste sostanze si trovano sotto forma di vapori o di condensati veicolati da nuclei oleosi e da polveri.

Scelta del complesso filtrante

Nelle cappe si utilizzano innanzi tutto filtri meccanici inerziali formati da labirinti metallici (la cui presenza è comunque indispensabile), che bloccano la frazione aerosolica più grossolana per mezzo di meccanismi combinati di collisione, coalescenza e condensazione. Questi filtri impediscono la formazione di imponenti depositi nelle successive condotte, dove vengono veicolati gli inquinanti in grado di rimanere in sospensione nel flusso in movimento. Per quanto riguarda la filtrazione dell'effluente complessivo, in passato sono state impiegate diverse tipologie di filtro: le soluzioni basate su un solo tipo di filtro, sia elettrostatico che a maniche o a carboni attivi, si sono dimostrate del tutto inadeguate: l'elettrostatico ed il filtro a maniche sono efficaci solo sulla frazione corpuscolata, mentre il filtro a carboni necessita comunque di prefiltri molto efficienti e di una rimozione a monte del vapore acqueo per esercitare la sua azione adsorbente sugli odori. Questi filtri comportano costi di manutenzione molto elevati (quasi sempre insostenibili) e presentano un rischio non trascurabile di incendio della massa trattenuta.

Vista la natura multiforme degli inquinanti da abbattere e l'elevato rendimento necessario, la scelta del complesso filtrante si deve orientare verso una soluzione multistadio basata su tecnologie differenziate dedicate a frazioni diverse dell'effluente.

affrontabile con mezzi convenzionali.

www.ariaclima.com

il più possibile). L'ozono generato innesca delle reazioni di ossidazione che trasformano chimicamente gli inquinanti, con un potente effetto di deodorizzazione. L'ozono in eccesso viene solubilizzato nell'acqua polverizzata nello stadio filtrante successivo, una camera di nebulizzazione (15). Sulle piastre metalliche del filtro elettrostatico si deposita interamente la frazione particellare degli inquinanti. Gran parte di questa frazione è costituita da olio, che sgocciola nella vasca sottostante. Lo sgocciolio dell'olio comporta anche una sorta di autopulizia delle piastre, trascinando con sé anche una certa quantità di depositi corpuscolati (residui carboniosi, polveri). Durante il normale funzionamento, una pompa (8) preleva il liquido contenuto nella vasca e lo invia a degli ugelli nebulizzatori (7), posti immediatamente dopo il filtro elettrostatico. Una piccola pompa dosatrice (12) provvede ad immettere in vasca una quantità predefinita di una speciale soluzione neutralizzante, in grado di reagire chimicamente con gli inquinanti che passano in soluzione nell'acqua. Il deflettore (16) provoca una forte turbolenza che ha lo scopo di prolungare il più possibile il tempo di contatto tra gli inquinanti e la nebbia d'acqua. I grassi subiscono, per effetto dell'azione alcalinizzante dell'ozono in soluzione, un principio di saponificazione, trasformandosi in piccoli grumi che galleggiano sulla superficie della vasca. A questo punto, nell'aeriforme rimangono solo piccole tracce di inquinanti, residui di reazione o sostanze che necessitano di ulteriori trasformazioni per essere completamente neutralizzate. Il successivo stadio filtrante di rifinitura, costituito da una colonna di lavaggio in controcorrente dotata di corpi di riempimento, completa i processi di depurazione. Prima dell'espulsione, l'aria depurata viene fatta passare attraverso un separatore di gocce in plastica, che impedisce il trascinarsi all'esterno della soluzione di lavaggio nebulizzata. L'intero complesso filtrante viene mantenuto in perfetta efficienza per mezzo di un ciclo di pulizia che viene effettuato automaticamente dalla macchina durante le pause notturne: la vasca contenente i residui di filtrazione (interamente biodegradabili), viene scaricata in un pozzetto di separazione (del quale i locali sono già dotati). La parte solida viene

indirettamente numerosi istituti di ricerca ed aziende, in Francia ed Italia. Nel nostro Paese ha visto protagonista la società Deparia Industries che, in collaborazione con l'ENEA (Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente) e con la Fondazione Clinica del Lavoro IRCCS di Padova, aveva già precedentemente messo a punto una soluzione efficace, impiegata in numerose installazioni presso McDonald's e Burghy. All'interno del programma di ricerca McDonald's sono state realizzate delle soluzioni specifiche in base ai capitoli sottoposti.

Tipologia degli inquinanti

Per affrontare correttamente il problema, è innanzi tutto necessario valutare l'impatto olfattivo dei fumi prodotti, conoscere l'esatta composizione chimico-fisica degli inquinanti e quantificare l'importanza dei singoli componenti sull'odorosità degli effluenti. A questo scopo sono state effettuate accurate analisi, direttamente sulle emissioni "in campo". Il primo passo è rappresentato dall'analisi olfattometrica, secondo le norme AFNOR NF X 43-104. Tali norme si basano sul responso di una platea di "annusatori", i quali devono valutare l'odorosità di diluizioni variabili dei prelievi sull'effluente, presentati in modo casuale. I prelievi sono stati effettuati separatamente durante la cottura di ognuno dei singoli prodotti alimentari, per mezzo di sacchetti in teflon collegati alle canalizzazioni delle cappe di aspirazione. Altri prelievi sono stati effettuati nei dintorni di un locale campione, a distanze via via crescenti. L'odore nell'ambiente circostante è risultato percepibile in un raggio di circa 200 metri, in condizioni normali di diffusione. I risultati relativi ai prelievi differenziati sono riportati nella tabella 1. Dall'analisi dei dati si evince che la fonte di odore più consistente è rappresentata dalla cottura del bacon, seguita nell'ordine da filetti di pesce, patatine, frittelle di mele, hamburger.

Questo è un approccio tipico degli impianti industriali di abbattimento fumi impiegati nell'industria delle preparazioni alimentari: nell'applicazione particolare del *fast food* vi sono però dei problemi molto complessi da risolvere. Innanzi tutto i costi di acquisto e di gestione da contenere il più possibile, quindi i requisiti di ingombro limitato, di installazione flessibile in differenti disposizioni, di sicurezza antincendio, di contenimento del rumore, di efficienze di abbattimento molto elevate e costanti nel tempo. Si tratta purtroppo di requisiti in netto contrasto tra loro: realizzare un impianto di filtrazione ad alta efficienza su uno spettro così ampio di sostanze, a basso costo e con ingombri limitati è una impresa simile alla sintesi della pietra filosofale. Proviamo ad immaginare un impianto idoneo. Teoricamente, per questa applicazione si dovrebbe impiegare un sistema multistadio innanzi tutto, un filtro ad alta efficienza per la frazione corpuscolata, dotato di opportuni prefiltri, elettrostatico o a maniche, di tipo specifico (accorgimenti anti-scintilla, materiali speciali ecc.); per la frazione rimanente, le sostanze volatili responsabili degli odori molesti, si potrebbero utilmente impiegare in alternativa un filtro adsorbente a carboni attivi oppure una torre di lavaggio con reagenti chimici. Utilizzando un filtro a carboni, come già accennato, è indispensabile ridurre preventivamente l'umidità relativa dell'aeriforme al di sotto del 40-30%, partendo da una situazione di saturazione. Generalmente a questo scopo si impiega una batteria di condensazione refrigerata. Optando per la torre di lavaggio, per neutralizzare chimicamente tutte le sostanze, che presentano chimicamente caratteristiche sia acide che alcaline, si dovrebbero impiegare perlomeno due torri in serie con i rispettivi reagenti neutralizzanti. Alla fine occorre aggiungere un ventilatore adeguato a vincere le perdite di carico complessive assicurando nel contempo la portata nominale. Se dimensionassimo il tutto per la portata tipica d'impianto di un *fast food*, tenendo conto della concentrazione degli inquinanti e dell'efficienza richiesta, ci accorgeremmo di aver partorito un "mostro" invendibile, ingestibile e non installabile in un esercizio pubblico. Questo non vuol dire che si tratti di un problema irrisolvibile: evidentemente però non

Il sistema "K"

Con questo nome si identifica un complesso filtrante (Fig. 1) appositamente progettato per l'impiego sugli effluenti provenienti da grandi cucine. Si tratta di una macchina che racchiude in sé più stadi di filtrazione attivi su frazioni diverse di inquinanti. E' inoltre in grado di provvedere automaticamente alla propria pulizia, mantenendo i filtri ad un livello costante di efficienza. La genesi di questa macchina è il risultato della "compattazione" e dell'adattamento per lo specifico impiego di un impianto industriale tipico di trattamento degli effluenti odorosi complessi. Come si è visto nel paragrafo precedente, un sistema di trattamento ideale prevede l'abbinamento di filtri ad alta efficienza sulle frazioni corpuscolata e non corpuscolata dell'effluente. Un tale sistema, per essere realmente utilizzabile, deve essere di dimensioni e costi contenuti, con la possibilità di funzionare continuamente senza richiedere particolari attenzioni da parte di personale non specializzato. In sintesi, si è provveduto a realizzare una macchina ex novo per questa particolare applicazione, strutturata nel modo seguente (i numeri tra parentesi si riferiscono alla Fig.1): si tratta di un monoblocco con l'ingresso dell'aria inquinata (1) e l'uscita dell'aria depurata (20) posizionati alla sommità, il primo stadio filtrante è rappresentato da una semplice lamiera con fori calibrati (3), che ha innanzi tutto la funzione di rendere omogeneo il flusso dell'aeriforme, perchè il filtro successivo, di tipo elettrostatico, comporta perdite di carico molto ridotte e ciò potrebbe provocare il formarsi di percorsi preferenziali e conseguenti perdite di rendimento. Sul prefiltro in lamiera forata condensa facilmente anche la frazione aerosolica più grossolana. Il filtro elettrostatico (5) è di tipo molto particolare, di derivazione industriale. E' costituito da piastre metalliche scomponibili, opportunamente spaziate tra loro, in grado di accogliere grandi quantità di inquinante prima di necessitare di operazioni di pulizia. La parte iniziale è conformata come una barriera di ionizzazione, progettata in modo da esaltare il più possibile la produzione di ozono (effetto che normalmente nei filtri elettrostatici civili si cerca di limitare

periodicamente avviata allo smaltimento, mentre la parte liquida passa in fognatura, rientrando ampiamente nei limiti ammessi per lo scarico. La vasca viene quindi riempita nuovamente con acqua calda con l'aggiunta da parte della pompa dosatrice (11) di una quantità sufficiente di detergente biodegradabile. L'elettrovalvola (6) commuta l'uscita della pompa (8) verso gli ugelli di pulizia (2, 7) che asportano i residui solidi depositati sul prefiltro (3) e sul filtro elettrostatico (5). Segue quindi uno scarico dell'acqua di lavaggio ed un ciclo di risciacquo con acqua pulita. Al termine, la macchina si predispone di nuovo per le operazioni di depurazione normali. L'intero ciclo di pulizia viene portato a termine in circa un'ora di tempo.

Verifiche analitiche delle ipotesi di progetto

Durante la fase di messa a punto della macchina sono state eseguite diverse sessioni di analisi chimiche per valutare il rendimento di filtrazione. E' stata impiegata una postazione di prova ricostruendo in laboratorio una cucina vera e propria, dotata di friggitrice e piastra di cottura. Utilizzando generi alimentari e condimenti messi a disposizione da McDonald's France, si è provveduto a prelevare a monte ed a valle del filtro numerosi campioni di aeriforme durante le operazioni di cottura. Questi sono stati analizzati accuratamente tramite gascromatografia capillare ad alta risoluzione abbinata a spettrometria di massa e HPLC (cromatografia in fase liquida ad alta pressione). Per le prove è stata utilizzata una macchina di serie come precedentemente descritta, fatta eccezione per la mancanza dello stadio finale di lavaggio in controcorrente (aggiunto in una serie successiva), alla portata di $5500 \text{ m}^3/\text{h}$. I risultati delle analisi sono riassunti nella tabella 2, dove sono riportati i dati relativi alla frittura di patate e alla cottura del bacon, a confronto prima e dopo l'azione del filtro, per tutte quelle sostanze responsabili della frazione odorosa degli inquinanti, con le relative soglie di percezione olfattiva. I risultati,

indispensabile, a spese di un maggior impiego di detergente e di tempi più lunghi per il lavaggio del filtro) e di uno scarico pompe dosatrici ed alimentatore alta tensione sono installati a bordo macchina. Il sistema "K" va inserito in serie alla canalizzazione di espulsione dei fumi, possibilmente nelle vicinanze delle cappe, in modo da limitare l'estensione dei canali "sporchi". Al fine di assicurare la continuità dell'estrazione dei fumi anche in caso di fermo tecnico, è necessario prevedere un *by pass* di sicurezza in grado di intervenire automaticamente per mezzo di serrande servoassistite. Il posizionamento può avvenire sia all'interno del locale cucina sia in locali di servizio, anche se l'installazione ideale è sul tetto del locale. Le cucine dei *fast food*, anche di catene differenti, sono relativamente standardizzate: sono generalmente presenti due postazioni per la frittura delle patate ed un grill per la cottura di carni e verdure, per un totale di tre cappe di estrazione. La portata complessiva dell'impianto è nell'ordine dei 4500-6000 m³/h. Nella maggior parte dei casi si utilizza la macchina da 6000 m³/h: quando si devono affrontare condizioni particolarmente critiche (abitazioni ad immediato ridosso degli scarichi) e lo spazio a disposizione lo consente, si preferisce ricorrere alla macchina da 9000 m³/h nominali. Ciò permette di avere, a parità di portata, una minore velocità di transito dell'aria nei filtri, con conseguente ottimizzazione dei rendimenti di abbattimento. La perdita di carico introdotta dal complesso filtrante è contenuta in circa 30 mm/H₂O.

Conclusioni

La situazione attuale di localizzazione fianco a fianco di *fast food* ed edifici ad uso residenziale o d'ufficio impone un trattamento efficace dei fumi di espulsione della cucina per ottenere risultati soddisfacenti a costi compatibili con questo genere di esercizio, il complesso filtrante Sistema "K" si è rivelato la scelta più idonea e conveniente, come si è potuto verificare attraverso numerose installazioni, anche in condizioni critiche.

CAMPIONI	FATTORE DI DILUIZIONE PER SOGLIA DI PERCEZIONE K_{50}	PORTATA DELLA FONTE (m^3/h) D	PORTATA DI DILUIZIONE PER SOGLIA DI PERCEZIONE (m^3/h) $D \times K_{50}$
Mc chicken	<53	1210	<64.130
Grassi vegetali	59	1210	71.390
Grassi animali	<203	850	<172.550
Mc nuggets	<153	1210	<185.130
Frittelle alle mele	293	1210	354.530
Patate fritte	560	850	476.000
Carne	271	2130	577.230
Filetti di pesce	679	1210	821.590
Bacon	816	2130	1.738.100
Effluenti totali	525	7160	3.764.300

Tabella 1, risultati analisi olfattometrica differenziale sugli e fluenti di un *fast food* (IPSN - Institut de protection et de sureté nucléaire- Laboratoire d'Olfactométrie)

Nove prelievi sono stati effettuati nelle canalizzazioni a valle delle tre cappe di aspirazione presenti nel locale; un prelievo è stato fatto in corrispondenza dell'emissione complessiva finale all'esterno. La soglia minima di percezione corrisponde al 50% di probabilità di avvertire l'odore; il fattore di diluizione rappresenta i volumi di diluizione per scendere alla soglia di percezione; la portata di diluizione complessiva è il prodotto tra il fattore di diluizione e la portata delle singole emissioni e rappresenta il volume teorico complessivo che sarebbe necessario per scendere alla soglia di percezione senza ricorrere all'abbattimento. E' evidente la necessità di ricorrere ad un abbattimento ad alta efficienza.

Data sheet unità di depurazione aria mod. K 6000	
1- Caratteristiche di base	
- Portata nominale	5500 m ³ /h
- Potenza installata, con ventilatore standard	7 kW
- Perdita di carico complessiva in esercizio	30 mm c.a.
2- Stadio di filtrazione elettrostatica	
- Tipo di precipitatore	monostadio monodensione
- Superficie frontale celle	0,88 m ²
- Velocità di attraversamento celle	1,72 m/sec
- Efficienza ponderale ASHRAE 52-76	> 95%
- Tensione di ionizzazione massima	20 kV
- Tensione di ionizzazione minima	16 kV
- Potenza nominale alimentatore A.T.	1000 VA
3- Sistema di lavaggio sez. elettrostatica	
- Tipo di lavaggio	ad acqua spruzzata da ugelli fissi
- Regolazione ciclo	temporizzatore ciclico a cammes
- Portata acqua di lavaggio	240 l/min
- Consumo acqua a 70°C per ciclo	140 l
- Consumo detersivo per ciclo (acqua < 5°F)	500 g
- Consumo detersivo per ciclo (acqua > 5°F)	1000 g
- Consumo acqua per risciacquo	140 l
4- Stadio lavaggio fumi in equicorrente	
- Tipo di lavaggio	scrubber vuoto con ugelli fissi
- Portata acqua di lavaggio	180 l/min
- Velocità di attraversamento	1,72 m/sec
- Rapporto di bagnatura	12,2 m ³ /m ² /h
5- Stadio lavaggio fumi in controcorrente	
- Tipo di lavaggio	scrubber dual-flow
- Sezione di passaggio standard	0,378 m ²
- Velocità di attraversamento standard	4 m/sec
- Rapporto di bagnatura	9,52 m ³ /m ² /h

Tabella 3, caratteristiche tecniche principali del complesso filtrante Sistema "K"

Per questo modello, la necessità di materiali di consumo è pari a $140 \times 3 = 420$ litri d'acqua per ogni ciclo di lavaggio (lavaggio + risciacquo + riempimento vasca), più dai 500 ai 1000 g di detersivo. Lo speciale reagente viene aggiunto in concentrazione pari a circa il 5% al riempimento vasca; viene inoltre aggiunto in modeste quantità durante il ciclo di filtrazione. Il ciclo di lavaggio viene attivato in media ogni tre giorni.

dell'additivo serve anche per la pulizia automatica periodica del prefiltro e del filtro elettrostatico (ugelli 2 e 4).

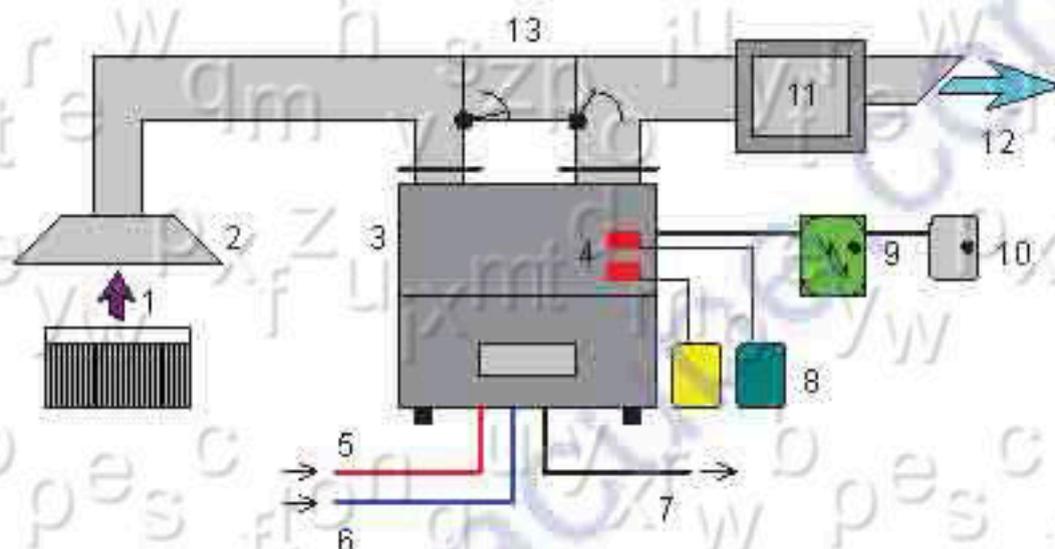


Figura 2, installazione schematica tipica di un sistema "K" in un *fast food*.

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1- Inquinanti da trattare | 8- Serbatoi di detergente e additivo |
| 2- Cappa di captazione | 9- Quadro elettrico alta tensione |
| 3- Depuratore "K" | 10- Quadro elettrico di comando |
| 4- Pompe dosatrici | 11- Ventilatore silenzioso |
| 5- Allacciamento acqua calda | 12- Espulsione aria pulita |
| 6- Allacciamento acqua fredda | 13- By-pass di sicurezza e serrande di commutazione |
| 7- Scarico | |

Il dispositivo filtrante va installato lungo il percorso della canalizzazione di espulsione fumi. L'aspetto, l'ingombro e gli allacciamenti elettrici ed idraulici sono sovrapponibili a quelli di una lavastoviglie industriale. Lo scarico va avviato al pozzetto di separazione dei grassi. In caso di guasto tecnico, è indispensabile prevedere la presenza di un *by-pass*, azionato automaticamente, che permetta la continuità dell'estrazione dei fumi dal locale.

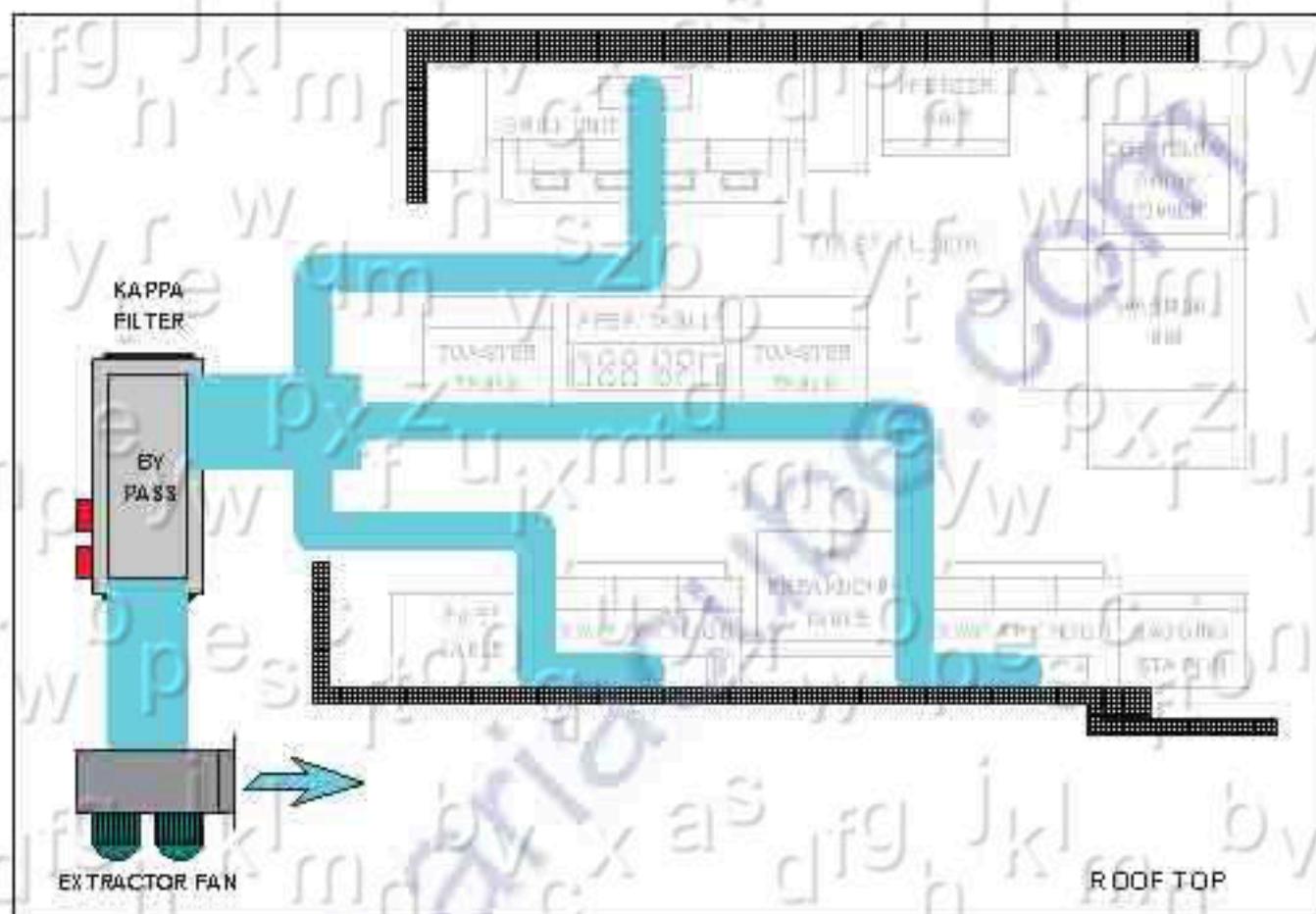


Figura 4. layout schematico di un impianto di estrazione e depurazione fumi.

La cucina di un *fast food* è in genere dotata di due postazioni per la frittura delle patate e di un grill per la cottura di carni e verdure. Le cappe delle friggitrici, per motivi di ingombro, sono del tipo "aperto" per installazione a parete, mentre la cappa del grill è di tipo classico. Le condotte delle cappe confluiscono in un canale verticale da 650 x 400 mm, connesso, tramite il *by pass* di sicurezza, al sistema filtrante "K" disposto sul tetto. Il ventilatore che mette in depressione tutto l'impianto è dotato di un motore supplementare di riserva.

tenendo conto dei numerosi compromessi tecnici necessari alla compattazione della macchina, sono stati molto lusinghieri: la frazione degli acidi grassi, maggiore responsabile dei cattivi odori, è stata abbattuta quantitativamente (100%) per quanto riguarda le patate fritte, e quasi quantitativamente per il bacon (al di sotto o nei pressi della soglia di percezione nella maggior parte dei casi), con un rendimento medio del 96,5%. Gli alcoli ed il fenolo sono stati abbattuti al di sotto della soglia di percezione, con un abbattimento rispettivamente del 76,9% e del 95,3%. Come era lecito aspettarsi, vista la natura fortemente alcalina del trattamento chimico all'interno del filtro, le aldeidi sature, chimicamente basiche, sono state abbattute con rendimento inferiore (60,8%), ma sufficiente ad avvicinare o a superare la soglia di percezione nella maggioranza dei casi per quanto riguarda le patate fritte e nel caso di benzaldeide e formaldeide per quanto riguarda il bacon. Il tutto ottenuto da una macchina di neppure tre metri cubi di volume (vedi ingombri riportati in fig.3). Queste prestazioni sono tali da eliminare o ridurre notevolmente l'odorosità delle emissioni, in modo da soddisfare pienamente i capitolati McDonald's (fattore di diluizione dell'effluente totale 1/20, con un valore di partenza tipico di 1/525). Ad ogni modo, nella versione attualmente prodotta del filtro, è stato aggiunto lo stadio di lavaggio in controcorrente (fig. 1, part. 17,18) ed inoltre viene utilizzato un additivo di speciale formulazione che reagisce anche con sostanze basiche. Ciò al fine di aumentare ulteriormente la resa di abbattimento sulle aldeidi sature.

Installazione del complesso filtrante

Nella fig. 2 è possibile vedere una applicazione schematica, che riporta anche gli accessori e gli allacciamenti necessari al funzionamento del sistema "K". La macchina, sia per aspetto ed ingombro che per quanto riguarda allacciamenti e manutenzione corrente, assomiglia molto ad una lavastoviglie industriale. Necessita di acqua fredda e calda (non

Ringraziamenti

L'Autore desidera ringraziare McDonald's Italia, McDonald's France e Burghy per la disponibilità e la cortesia, nonché Paolo Costa e Fabio Sala per l'indispensabile collaborazione prestata alla stesura di questo articolo.

	emissioni patate fritte $\mu\text{g}/\text{m}^3$	a valle del filtro "sistema K"	emissioni bacon $\mu\text{g}/\text{m}^3$	a valle del filtro "sistema K"	soglia olfattiva $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Abbatti- mento %
Alcooli						76,9 ± 17,3
isobutanolo	71	7 ■	280	92 ■	100	
butanolo	85	- ■	85	4 ■	100	
Aldeidi sature						80,8 ± 5,6
formaldeide	74	18 ■	128	13 ■	30	
acetaldeide	18	30	366	176	10	
propanale	1	5 ■	165	84	10	
pentanale	9	6 ■	134	76	10	
esnale	10	6 ◆	106	62	5	
eptanale	69	5 ■	669	297	5	
ottanale	18	20 ◆	240	117	15	
nonanale	38	6	330	80	0,2	
benzaldeide	43	4 ■	13	7 ■	20	
Acidi grassi						96,5 ± 3,3
acetico	-		1.781	■	50	
butirrico	8	- ■	135	66	0,5	
valerianico	4	- ■	78	7 ◆	2	
caproico	10	- ■	80	8 ■	30	
enantico	2	- ■	40	3 ■	82	
caprilico	1	- ■	10	1 ◆	0,4	
pelargonico	2	- ■	1	1 ■	2	
caprico	1	- ■	1	- ■	80	
Vari						95,3 ± 5,0
fenolo	24	1 ■	20	2 ■	20	

Tabella 2, analisi quali-quantitativa delle sostanze significative dal punto di vista odorigeno contenute nelle emissioni derivate da frittura di patate e cottura di bacon alla piastra. (prove di laboratorio condotte con sostanze alimentari fornite da McDonald's France - analisi a cura della Fondazione Clinica del Lavoro - IRCCS)

La tabella riporta a confronto le concentrazioni di inquinanti odorosi prima e dopo l'inserimento del filtro "sistema K". Le prove sono state effettuate presso una installazione sperimentale allestita nel laboratorio prove di Deparia Industries Srl, utilizzando un prototipo di filtro con una portata nominale di 6000 m³/h. Il simbolo ■ rappresenta la discesa della concentrazione al di sotto della specifica soglia olfattiva, mentre il simbolo ◆ indica il probabile raggiungimento della soglia (entro i limiti di errore dell'analisi). Nell'ultima colonna sono riportate le efficienze medie di abbattimento percentuale. E' da notare l'elevatissima efficienza di abbattimento sulla frazione degli acidi grassi (addirittura quantitativa per le patate e quasi quantitativa per il bacon), la maggiore responsabile del cattivo odore: la presenza del filtro appare in grado di eliminare o ridurre notevolmente la percezione delle singole sostanze. Tali efficienze permettono di rientrare nei capitolati McDonald's (odorosità pari a un fattore di diluizione sull'effluente totale 1/20, con un valore di partenza tipico di 1/525).

Attualmente è in collaudo una versione del filtro con rendimenti ancora superiori sulla frazione delle aldeidi sature. In collaborazione con il settore AMB-SER dell'ENEA è in allestimento una campagna di analisi sulle installazioni già effettuate presso numerosi *fast food* variamente distribuiti sul territorio nazionale.

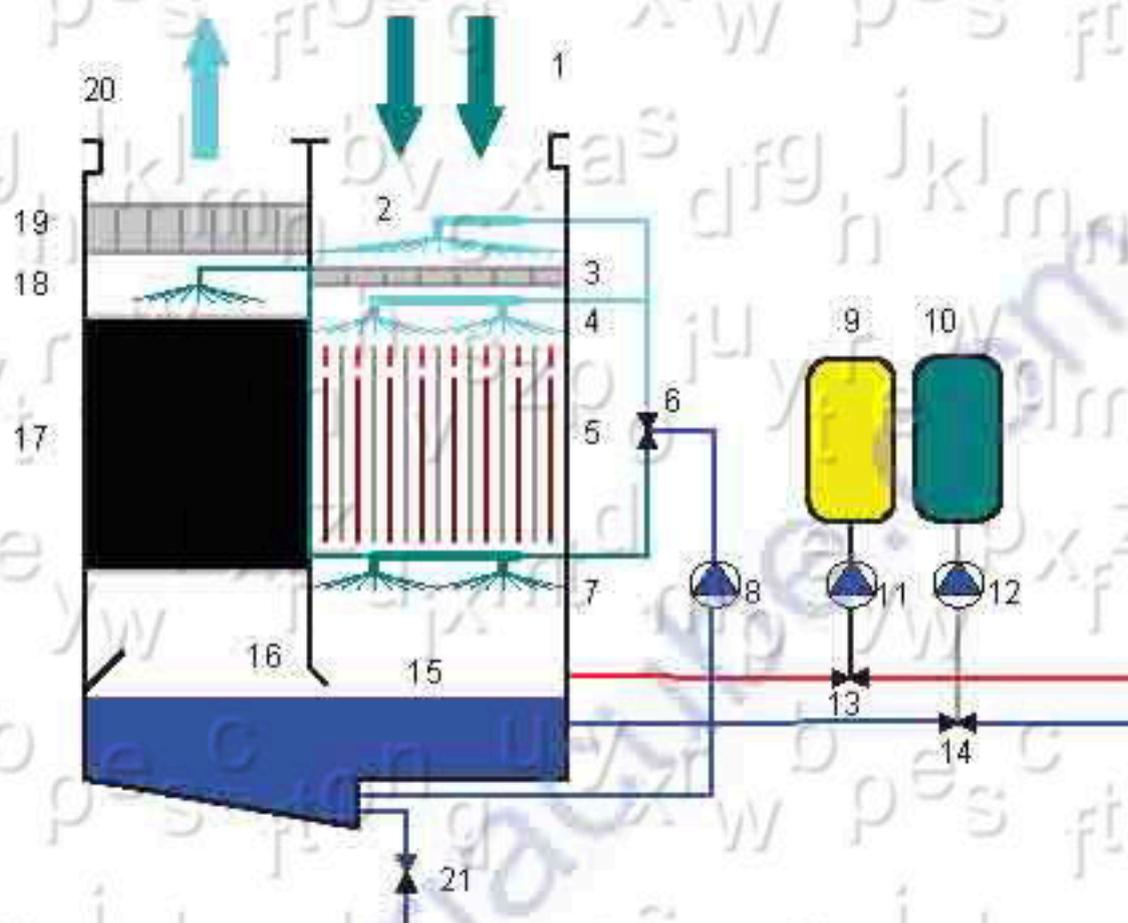


Figura 1, rappresentazione schematica del complesso filtrante "K"

- | | |
|-------------------------------------|---|
| 1- Ingresso aria inquinata | 12- Pompa additivo |
| 2- Ugello lavaggio prefiltro | 13- Elettrovalvola acqua calda |
| 3- Prefiltro / distributore diffuso | 14- Elettrovalvola acqua fredda |
| 4- Ugelli lavaggio filtro | 15- Camera di nebulizzazione e vasca |
| 5- Filtro elettrostatico speciale | 16- Deflettore |
| 6- Elettrovalvola scambio ugelli | 17- Corpi di riempimento |
| 7- Ugelli nebulizzazione | 18- Ugelli nebulizzazione in controcorrente |
| 8- Pompa | 19- Separatore di gocce |
| 9- Serbatoio detergente | 20- Uscita aria pulita |
| 10- Serbatoio additivo | 21- Elettrovalvola scarico |
| 11- Pompa detergente | |

Questa macchina riunisce in sé vari dispositivi di filtrazione in serie tra loro: l'aria inquinata entra superiormente (1) ed incontra un prefiltro meccanico (3) che ha anche la funzione di distribuire uniformemente il flusso sull'intera superficie del filtro successivo, di tipo elettrostatico (5). In questo stadio avviene l'abbattimento della frazione particolata, ed inizia una trasformazione chimica degli odori ad opera dell'ozono prodotto dall'effetto corona degli elettrodi del filtro. L'aeriforme percorre quindi una camera di nebulizzazione (15) ed una colonna di lavaggio (17) dove entra in contatto con una soluzione di acqua e additivo reagente-deodorizzante che completa la trasformazione chimica degli odori. Lo stesso circuito idraulico utilizzato per la nebulizzazione

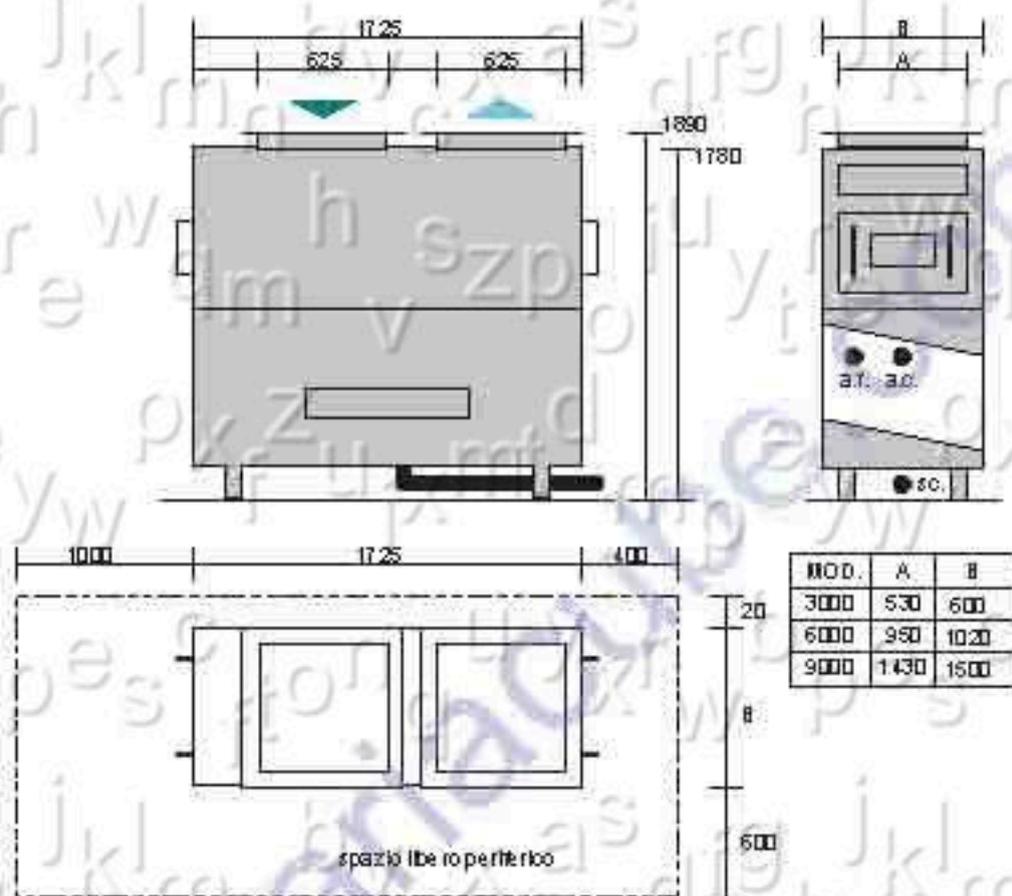


Figura 3. dimensioni in mm dei complessi filtranti "Sistema K" nelle tre portate disponibili 3000, 6000 e 9000 m³/h.

L'installazione nel *fast food* richiede dimensioni esterne molto contenute: anche le operazioni di manutenzione corrente devono richiedere uno spazio tecnico di manovra il più ridotto possibile. Nella maggior parte dei casi si deve inserire la macchina di trattamento in spazi di fortuna nelle cucine, oppure sul tetto o nel seminterrato. In caso di installazione esterna, la realizzazione interamente in acciaio inox AISI 304 permette una buona resistenza alle intemperie; l'inserimento di opportuni pannelli insonorizzanti nel rivestimento consente di evitare l'inquinamento acustico dovuto alla movimentazione dell'acqua.