

VENTILAZIONE E DEPURAZIONE DELL'ARIA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO

Scheda tecnica n. 3

IMPIANTI DI VENTILAZIONE NEL COMPARTO VETRORESINE

A cura di:

Arcari Claudio	<i>Arpa</i>	<i>Sezione di Reggio Emilia</i>
Renna Emilio	<i>Arpa</i>	<i>Sezione di Reggio Emilia</i>
Sala Orietta	<i>Arpa</i>	<i>Sezione di Reggio Emilia</i>
Tolomei Stefano Radames	<i>S.P.S.A.L.</i>	<i>Azienda U.S.L. di Parma</i>
Veronesi Carlo	<i>S.P.S.A.L.</i>	<i>Azienda U.S.L. di Reggio Emilia</i>

Marzo 1992

1. PREMESSA.

- 1.1. Il presente documento ha lo scopo di servire da riferimento per coloro che si occupano del controllo dell'inquinamento dell'aria negli ambienti di lavoro mediante impianti di aspirazione e di diluizione degli inquinanti aerodispersi nelle lavorazioni del comparto vetroresine.
- 1.2. In questo documento ci si occupa solo dei concetti alla base della scelta degli impianti di ventilazione e delle caratteristiche che tali impianti devono possedere; non ci si occupa invece, se non per brevi richiami, dei problemi di ordine tossicologico, dei cicli tecnologici e dei livelli di esposizione determinati nel comparto nel corso degli accertamenti svolti nei vari anni.
- 1.3. A condizione che l'insieme delle sorgenti inquinanti siano trattate, i criteri di ventilazione riportati permettono di limitare la concentrazione degli inquinanti e di ottenere che, nella maggior parte dei casi, non vengano superati i valori limite di esposizione.
In caso di procedimenti di lavorazione o materiali speciali o nuovi e in caso di condizioni o circostanze particolarmente sfavorevoli, possono essere necessarie misure più restrittive per il mantenimento di concentrazioni inferiori ai valori considerati accettabili.
- 1.4. Le indicazioni presentate sono suscettibili di evoluzioni nel corso del loro utilizzo in base alle esperienze acquisite, ai risultati di nuovi studi condotti su questo tema e alle future modifiche apportate alla normativa vigente.
- 1.5. L'espulsione dei vapori di solventi deve avvenire all'esterno senza ricircolo dell'aria (v. scheda tecnica n.1 "Il ricircolo dell'aria") nel rispetto della normativa nazionale e locale vigente relativa all'inquinamento atmosferico.
- 1.6. Le schede qui riportate vogliono essere uno strumento ed un riferimento nella valutazione degli impianti di ventilazione necessari nell'industria della vetroresina; esse non sostituiscono un progetto applicativo specifico.

Si sottolinea infatti come ogni impianto debba essere progettato, in ogni caso particolare, da tecnici esperti oltre che in impiantistica anche in igiene industriale; ciò al fine di avere un impianto che oltre ad essere efficiente (rispondente al complesso di regole di fluidodinamica e di igiene industriale) sia anche efficace (capace di ridurre l'esposizione professionale dei lavoratori anche in relazione al modo in cui esso viene utilizzato).
- 1.7. Ogni scheda riporta nella prima parte uno schema con i parametri caratteristici dell'impianto (portata, velocità, perdite di carico, dimensioni geometriche); nella seconda parte sono contenute alcune note sintetiche riguardanti gli inquinanti, i manufatti, le lavorazioni con le quali l'impianto può essere utilizzato e le raccomandazioni per il suo uso corretto.
- 1.8. Le portate proposte non garantiscono sempre e comunque il controllo dell'esposizione professionale, ma sono da intendersi come orientamento per una corretta progettazione degli impianti nelle condizioni di lavoro e di consumo di resina normalmente presenti nelle aziende di questo comparto alla data di pubblicazione.
In caso di consumi di resina più elevati o con tecnologie o lavorazioni particolarmente inquinanti, è necessario apportare correzioni a tali portate mediante opportune considerazioni igienistiche.
- 1.9. E' importante notare che infruttuosi risultati possono derivare dal non rispetto delle regole comportamentali per l'utilizzo corretto degli impianti.
- 1.10. Poichè l'esistenza di un buon impianto di ventilazione non garantisce di per sè il totale controllo dell'inquinamento, ogni valutazione sulle condizioni di lavoro deve basarsi su monitoraggi dei livelli di esposizione professionale e su considerazioni di carattere igienistico.
- 1.11. I parametri e le indicazioni contenute nelle schede in parte sono frutto dell'applicazione dei criteri tecnici ed igienistici necessari agli impianti da adottarsi in questo comparto e in parte sono tradotte da "Undustrial Ventilation - A manual of recommended practice" - XX Ed. 1988 - ACGIH.

2. MATERIE PRIME.

2.1. Gel-coat.

E' una resina poliestere, contenente pigmenti e cariche e che costituisce il primo strato di resina sullo stampo. Conferisce alla superficie del manufatto un aspetto lucente e colorato.

2.2. Resina poliestere.

E' una resina poliestere insatura in soluzione con un monomero vinilico: nella stragrande maggioranza dei casi STIRENE.

La quantità di stirene presente nella resina varia fra il 30% e il 45%.

2.3. Acceleranti.

Sostanze aggiunte per iniziare la polimerizzazione a freddo; i più utilizzati sono naftenati e ottoati di cobalto o manganese oppure Dimetil o Dietil Anilina. L'accelerante può essere aggiunto in concomitanza al catalizzatore oppure essere già presente nella resina poliestere, in tal caso la resina è pre-accelerata.

2.4. Catalizzatore.

Favorisce la reazione di reticolazione della resina poliestere. Appartengono alla famiglia dei perossidi (perossido di benzoile, perossido di metiletilchetone) diluiti al 50% in ftalati (ftalato di butile). La miscela del catalizzatore viene introdotta al momento della messa in opera della resina poliestere.

2.5. Fibra di vetro.

Sono il rinforzo delle resine poliestere e possono essere utilizzate sotto forma di roving, tessuto o stuoia.

2.6. Solventi.

Sono utilizzati:

a) per aggiustare la viscosità del gel-coat (acetone, acetato di etile);

b) per la pulizia degli utensili (acetone, cloruro di metilene).

3. CENNI TECNOLOGICI.

3.1. Processi a stampo aperto e a stampo chiuso.

I processi a stampo aperto necessitano di una forma in una sola parte; lavorano a pressione nulla e il manufatto presenta una sola superficie finita.

I processi a stampo chiuso realizzano uno stampo in due metà che avvolgono il manufatto completamente; il processo di indurimento della resina avviene sempre all'interno dello stampo.

3.2. Stratificazione manuale.

E' un processo a stampo aperto. Il rinforzo, sotto forma di mat o stuoie, viene adagiato in più strati assieme alla resina, accelerata e catalizzata, che deve essere distribuita uniformemente lungo tutto lo stampo.

3.3. Formatura per contatto a spruzzo.

E' un processo a stampo aperto. La "macchina taglia-spruzzo" è costituita da una pistola, a doppio ugello (uno per resina accelerante e l'altra per resina più catalizzatore) e da taglierina per il taglio delle fibre da roving con relativo sistema di proiezione delle fibre. Successivamente alla spruzzatura si procede alla rullatura della superficie del manufatto con eventuale ulteriore aggiunta di resina.

3.4. Stampaggio fra stampo e controstampo.

Il rinforzo di fibra di vetro e la resina vengono disposti negli stampi che sono poi fra di loro opportunamente bloccati. Il processo di polimerizzazione può avvenire in assenza di apporto di calore e di pressione o viceversa. In questo ultimo caso la temperatura è di 110-120 °C con pressioni comprese tra 5 e 30 kg/cm². In questa tecnologia è possibile impiegare fibra di vetro preimpregnata con resina mantenuta a bassa temperatura prima della lavorazione.

3.5. Formatura ad iniezione di resina.

Gli strati di fibra di vetro vengono posti sullo stampo che viene poi saldamente bloccato con il controstampo. Attraverso opportuni fori di immissione viene iniettata la resina poliestere (pressioni fino a 3 kg /cm²). Opportuni fori di spurgo segnalano il riempimento dello stampo.

3.6. Processi di fabbricazione speciali.

I processi di fabbricazione speciali che vengono attualmente sempre più utilizzati sono:

- a) formatura per centrifugazione;
- b) formatura per avvolgimento (filament-winding);
- c) produzione in continuo (poltrusion).

4. CICLI TECNOLOGICI E ESPOSIZIONE A STIRENE.

Il principale e più importante fattore di rischio nel comparto delle VETRORESINE è l'esposizione a vapori di stirene.

Gli impianti di ventilazione che vengono installati nel comparto hanno l'obiettivo di ridurre e minimizzare l'esposizione a stirene.

Nelle schede degli impianti di ventilazione sono contemplati anche presidi aspiranti per le polveri sugli utensili di molatura e levigatura.

Nelle tabelle 1 e 2 (pag. 6 e 7) sono riassunti i valori di esposizione a stirene per le principali tecnologie di produzione nonché per eventuale impianto di ventilazione installato.

Per ridurre l'esposizione a stirene nel comparto vetroresine può acquistare importanza agire, non solo sull'impianto di ventilazione, ma anche sull'insieme delle variabili che concorrono alla dispersione in ambiente di stirene e alla esposizione dei lavoratori.

Nella tabella 3 (pag. 8) è mostrato uno schema logico da seguire nella valutazione degli interventi per ridurre l'esposizione professionale a stirene nel comparto vetroresine.

5. EMISSIONI IN ATMOSFERA.

5.1. La normativa italiana che regola gli scarichi in atmosfera dovuti ad attività industriali e di servizio fa riferimento ai provvedimenti legislativi:

- 1) DPR 203/1988;
- 2) DPCM 21.7.1989;
- 3) DM 12.7.1990 (Linee guida);
- 4) DPR 25.7.1991.

Il DPR 25.7.1991 definisce, in due appositi allegati, le “emissioni poco significative” e le “attività a ridotto inquinamento atmosferico”.

Nell'allegato 2 del DPR 25.7.91 “Elenco delle attività a ridotto inquinamento atmosferico” punto 4 si legge: “Produzione di prodotti in vetroresina con utilizzo di resina pronta all'uso non superiore a 200 kg/g”.

Pertanto, le attività che rientrano in quelle previste al punto sopracitato e se (e soltanto se) il loro flusso di massa a monte degli eventuali impianti di abbattimento, risulta essere inferiore a quelli indicati dalle “Linee guida” (DM 2.7.91) sono autorizzate in via generale alla emissione in atmosfera.

Le Regioni, per queste attività (contenute nell'allegato 2): “potranno predisporre procedure specifiche anche con modelli semplificati di domande di autorizzazione in base alle quali le quantità e le qualità delle emissioni siano deducibili dall'indicazione delle quantità di materia prima ed ausiliaria utilizzate nel ciclo”.

Le attività il cui quantitativo giornaliero, pronto all'uso, supera i 200 kg al giorno devono essere autorizzate attraverso le procedure previste dal DPR 203/88.

5.2. Nelle “Linee guida” all'allegato 2 è prevista al paragrafo 51 la voce “Inquinanti per impregnare di resine le fibre di vetro o le fibre minerali” citando però esclusivamente limiti per le sostanze organiche volatili contenute nell'allegato 1, paragrafo 4 di classe I.

Lo stirene non è contenuto in tale lista di solventi organici volatili ma appartiene alla lista dell'allegato 1, paragrafo 4, classe 3.

Inoltre il DM 12.7.90 (“Linee guida”) specifica all'articolo 2, comma 2 che: “Per gli inquinanti non espressamente indicati per le specifiche tipologie di impianti in allegato 2 restano validi i valori in allegato 1”.

Pertanto per le emissioni di stirene con un flusso di massa uguale o superiore a 2 kg/h vale il valore limite di 150 mg/m³.

I valori di emissione espressi in flusso di massa in concentrazione si riferiscono ad un'ora di funzionamento dell'impianto nelle condizioni più gravose così come previsto dall'articolo 3 comma 12 del DM 12.7.90.

Tabella 1 - Livelli di esposizione riscontrate in alcune aziende del comparto vetroresine

TECNOLOGIA	TIPO DI APPLICAZIONE	IMPIANTISTICA DI PREV.NE A STIRENE (TWA)	VALORI MEDI (GM)* DI ESPOSIZIONE
STAMPO APERTO	STRATIFICAZIONE MANUALE	NESSUNA	665 mg/m ³
		VENTILAZIONE GENERALE	350 mg/m ³
		ASPIRAZIONE LOCALIZZATA	(**) 250 mg/m ³
		CABINA ASPIRATA	117 mg/m ³
	STRATIFICAZIONE A SPRUZZO (T.S.)	VENTILAZIONE GENERALE	681 mg/m ³
		ASPIRAZIONE LOCALIZZATA	440 mg/m ³
		CABINA ASPIRATA	191 mg/m ³
	SACCO SOTTOVUOTO	NESSUNA ASPIRAZ. LATERALE SULLO STAMPO	107 mg/m ³ 50 mg/m ³
	STAMPO CHIUSO	STAMPO E CONTROSTAMPO	
STAMPAGGIO A COMPRESSIONE			< 50 mg/m ³
STAMPAGGIO A INIEZIONE			< 50 mg/m ³
PROCESSI SPECIALI	CENTRIFUGAZIONE		< 50 mg/m ³
	AVVOLGIMENTO FILAMENT-WINDING	VENTILAZIONE GENERALE	ca. 100 mg/m ³
	PRODUZIONE IN CONTINUO (POLTRUSION)		< 50 mg/m ³

(*) GM = Media Geometrica

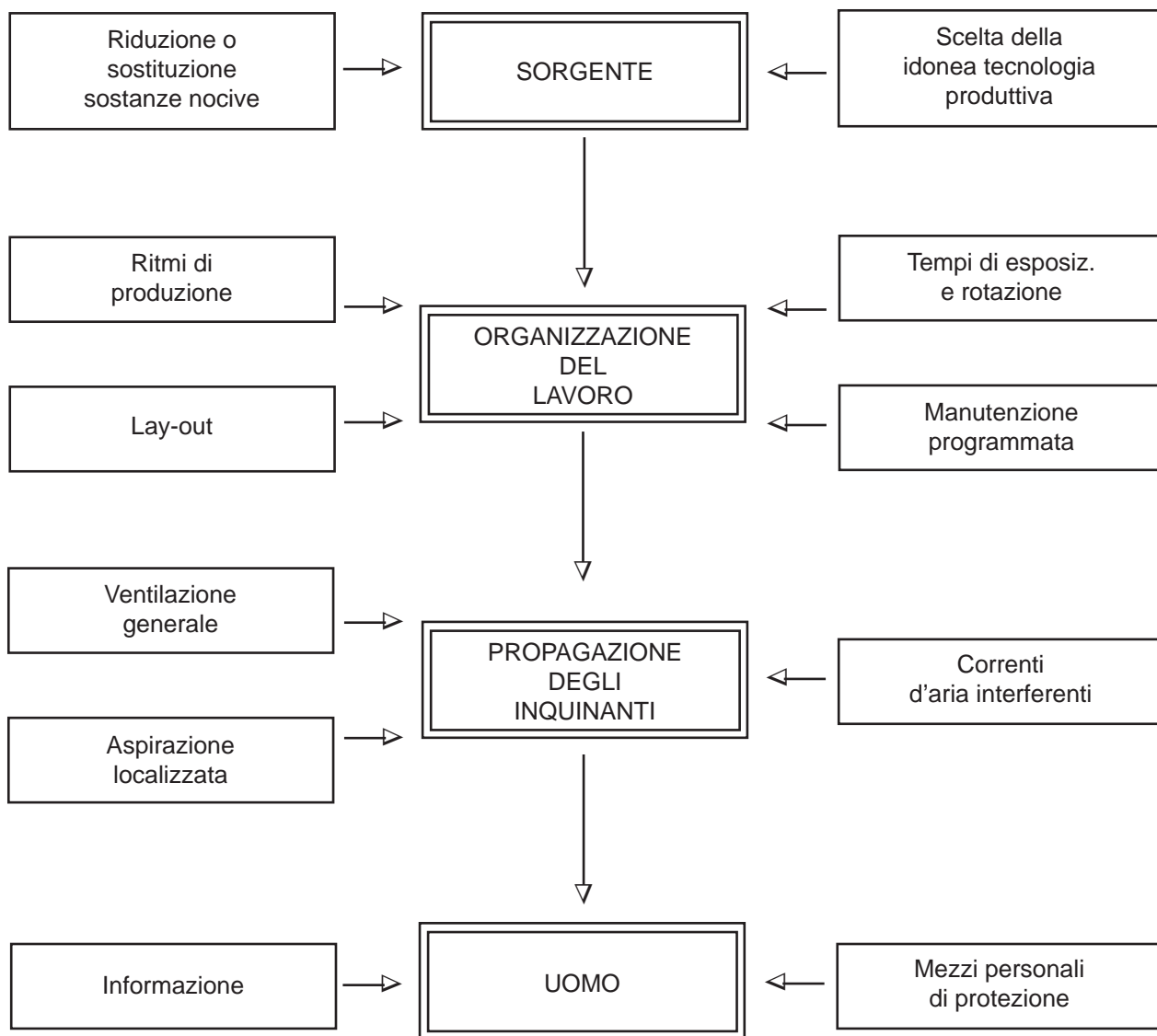
(**) diversificazione per dimensione del manufatto:

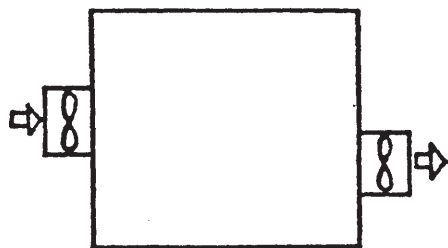
superficie > 10 m ²	esposizione (GM) 345 mg/m ³
1 - 10 m ²	280 mg/m ³
> 1 m ²	189 mg/m ³

Tabella 2 - Valutazioni di efficacia riferite ad alcuni impianti utilizzati in diverse tipologie produttive

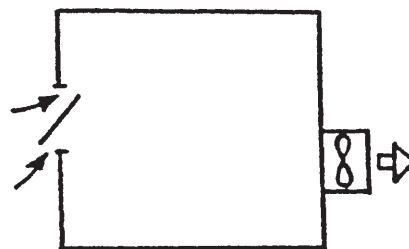
TIPOLOGIA DI PRODUZIONE	IMPIANTO UTILIZZATO	CARATTER. IMPIANTO	VALUTAZIONE DI EFFICACIA	NOTE E CONSIDERAZIONI
barche di varie dimensioni (fino a 19 metri)	cabina chiusa con mandata e ripresa dell'aria a flusso orizzontale	<p>Q mand. = 24000 m³/h Q ripr. = 24000 m³/h Larghezza m. 6 Lunghezza m. 17 Altezza m. 4.50</p>	<p>TWA - valori di esposiz. giornaliera dal valore mediano di c.a 900 mg/m³ al valore mediano di c.a 100 mg/m³. (P90 da 500 mg/m³ a c.a 200 mg/m³)</p>	<p>Bibl.: seminario sulle vetroresine Reggio E. - 1988</p> <ul style="list-style-type: none"> • chiusura completa dei lavori • elevati costi di installazione e di esercizio
porte di cabine di camion	cabina aperta a velo d'acqua	<p>Q = 12000 m³/h Altezza m. 2.50 Lunghezza m. 4.00</p>	<p>valori di esposizione giornaliera dal valore med. di 215 mg/m³ al val. med. di 45 mg/m³.</p>	<p>Bibl.: Seminario sulle vetroresine (v. sopra) Reggio E. - 1988</p> <ul style="list-style-type: none"> • solo per manufatti di piccole dimens. • ridotti costi di install. e manuten.
spoiler per camion	cabine aperte	<p>portata variabile Q = 8000-12000 m³/h Larghezza m. 3.50 Altezza m. 2.00</p>	<p>valori di esposizione giornaliera da 600 mg/m³ (TWA) a valori < TLV</p>	<p>la cabina deve essere utilizz. alla vel. maggiore per garant. esposiz. < TLV. Effettuata valutaz. efficace cabina con misure all'emissione</p>
varie: spoiler, autobotti, giostre	cappetta mobile	<p>Q = 1000-1500 m³/h per cappetta</p>	<p>dipende dalla superf. di spalmatura Q > .40 Nm³ / sec. m² per TWA < 70 mg/m³</p>	<p>Bibl.: Seminario sulle vetroresine (v. sopra)</p> <ul style="list-style-type: none"> • valido per superf. di spalmatura ridotte e/o piane

Tabella 3 - Interventi per ridurre l'esposizione professionale





Estrazione ed immissione forzata



Estrazione forzata

Portata necessaria:

$$Q = \frac{K \cdot F \cdot \dot{m}}{PM \cdot C_{STD}} \text{ m}^3/\text{h}$$

ove:

- Q: portata necessaria (m³ / h).
- F: fattore di conversione = 24400 (ml/gmole).
- K: fattore di sicurezza (adimensionale); range: 3 - 10.

è funzione di: {
 - vicinanza alla sorgente
 - numero lavoratori esposti
 - tossicità del composto

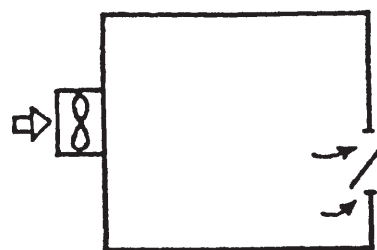
$\dot{m} = \dot{v} \cdot d$: massa di inquinante evaporato nell'unità di tempo (g/h).

d: densità del composto allo stato liquido (g/ml).

\dot{v} : volume di inquinante evaporato nell'unità di tempo (ml/h).

PM: peso molecolare dell'inquinante (g/gmole).
 (per lo stirene PM = 104 g/gmole).

C_{STD}: concentrazione limite di accettabilità dell'inquinante (ppm).
 (Es.: C_{STD} = 1/2 · (TLV-TWA) = 25 ppm).



Immissione forzata

Regione Emilia-Romagna	
VENTILAZIONE GENERALE PER DILUIZIONE	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 1.1

Definizione

Estrazione e/o immissione dell'aria avente lo scopo di diminuire, per diluizione, la concentrazione degli inquinanti al di sotto di un livello predeterminato.

Vantaggi

- Facile progettazione.
- Costo di impianto contenuto.
- Manutenzione ridotta.

Svantaggi

- Necessità di grandi portate.
- Scarsa efficacia nella riduzione dei livelli di esposizione soprattutto vicino alle sorgenti degli inquinanti.
- Difficilmente consente l'abbattimento degli effluenti in atmosfera.

Impianto utilizzabile con:

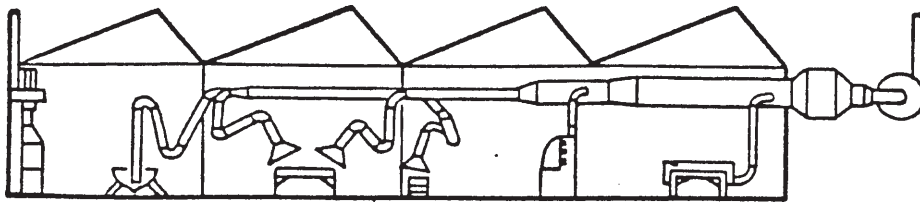
- Sorgenti diffuse o non localizzabili.
- Piccole emissioni di inquinante.
- Distanza significativa tra le sorgenti e la zona di respirazione dei lavoratori.

Conclusione:

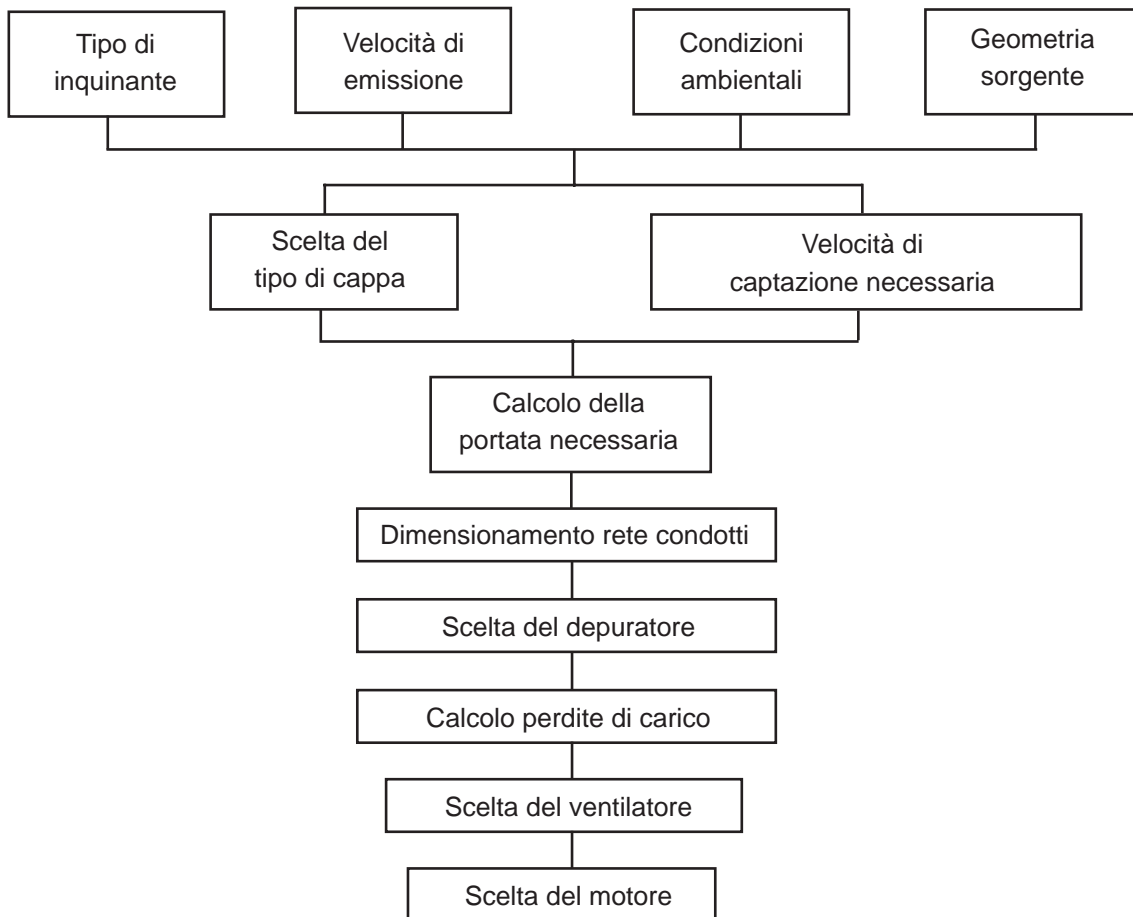
E' raramente una soluzione realizzabile a causa di:

- Alta tossicità dello stirene (TLV-TWA < 100 ppm).
- Difficoltà nella riduzione della dose di esposizione.
- Antieconomicità delle elevate portate necessarie rispetto ad altri tipi di impianto.

Regione Emilia-Romagna	
VENTILAZIONE GENERALE PER DILUIZIONE	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 1.2



- Componenti di un impianto di aspirazione localizzata:
 - * Elementi di captazione (cappe).
 - * Condotti.
 - * Impianto di abbattimento degli inquinanti (depuratore).
 - * Ventilatore.
 - * Elemento di espulsione in atmosfera (camino).
- Deve sempre essere progettato da un tecnico competente.
- Lo schema logico proposto per la progettazione è il seguente:



Regione Emilia-Romagna	
ASPIRAZIONE LOCALIZZATA	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 2.1

Definizione

Captazione degli inquinanti alla sorgente e loro allontanamento prima che si diffondano nell'ambiente di lavoro o raggiungano la zona di respirazione dei lavoratori.

Vantaggi:

- Cattura gli inquinanti prima che vengano respirati dai lavoratori.
- Portata d'aria ridotte e bassi costi di gestione.
- Consente l'abbattimento degli inquinanti.
- Efficacia nel controllo della dose di esposizione.

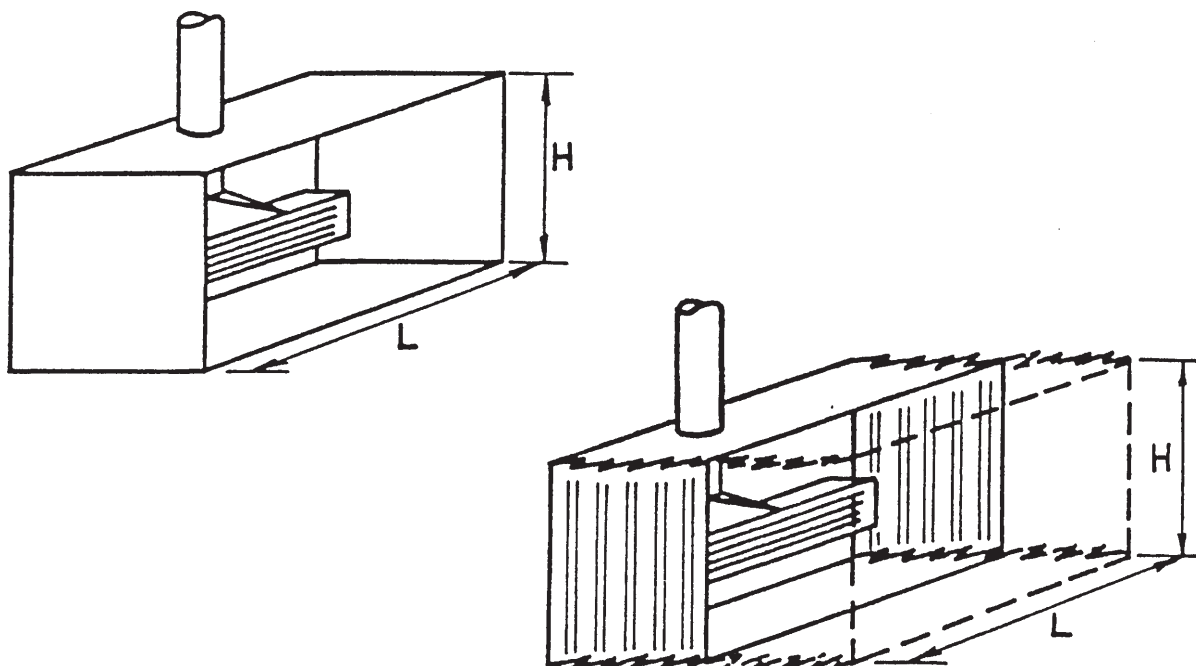
Svantaggi:

- Non adatta con sorgenti numerose o diffuse.
- Necessità di una progettazione complessa.
- Alti costi di impianto.
- Ingombro maggiore e rigidità nel lay-out.

SCHEDE DEGLI IMPIANTI DI ASPIRAZIONE LOCALIZZATA:

Cabina aperta/tunnel.	(scheda n. 3).
Cabina chiusa a flusso orizzontale	(scheda n. 4).
Cabina chiusa a flusso verticale	(scheda n. 5).
Cabina chiusa a flusso obliquo	(scheda n. 6).
Cappa fissa	(scheda n. 7).
Cappa mobile	(scheda n. 8).
Banco aspirato frontalmente	(scheda n. 9).
Aspirazione per levigatrice orbitale	(scheda n. 10).
Aspirazione per mola a disco	(scheda n. 11).
Aspirazione per mola e lucidatrice frontale	(scheda n. 12).
Aspirazione per piccole mole radiali	(scheda n. 13).
Camera di essiccazione	(scheda n. 14).
Tunnel di essiccazione	(scheda n. 15).
Spazi confinati	(scheda n. 16).

Regione Emilia-Romagna	
ASPIRAZIONE LOCALIZZATA	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 2.2



Struttura parallelepipedica con una superficie laterale aperta e con un dispositivo di aspirazione frontale.

Nel tunnel la profondità può essere variabile.

– Portata necessaria:

$$Q = 1800 \cdot H \cdot L \quad \text{m}^3/\text{h}.$$

– Velocità media nella sezione di ingresso $\geq 0,5$ m/s.

– Velocità in ogni punto della sezione di ingresso $\geq 0,3$ m/s.

– Velocità del condotto: 5 - 15 m/s.

– Perdite di carico: $1,78 \cdot Pd_{\text{fessura}} + 0,25 \cdot Pd_{\text{condotto}}$

– Camera di equalizzazione della pressione (necessaria solo nelle cabine): va creata mediante plenum o baffles.

La velocità al suo interno deve essere $\leq 2,5$ m/s.

Regione Emilia-Romagna

CABINA APERTA TUNNEL

Impianti Ventilazione
Vetroresine

Scheda 3.1

NOTE

Inquinanti: vapori di solventi.

Impianto consigliato per:

- Pezzi di piccole, medie e grandi dimensioni (a certe condizioni).

Impianto utilizzabile con:

- Taglia-spruzzo.
- Spruzzatura gel-coat.
- Impregnazione manuale.
- Rullatura.

Regole comportamentali per l'utilizzo corretto:

- Lavorare sempre dentro o nella sezione di ingresso della cabina.
- Lavorare rivolti verso la cabina, ad es. con sostegni mobili per la rotazione dei pezzi. Con pezzi concavi o molto articolati, verificare il comportamento dei flussi d'aria.

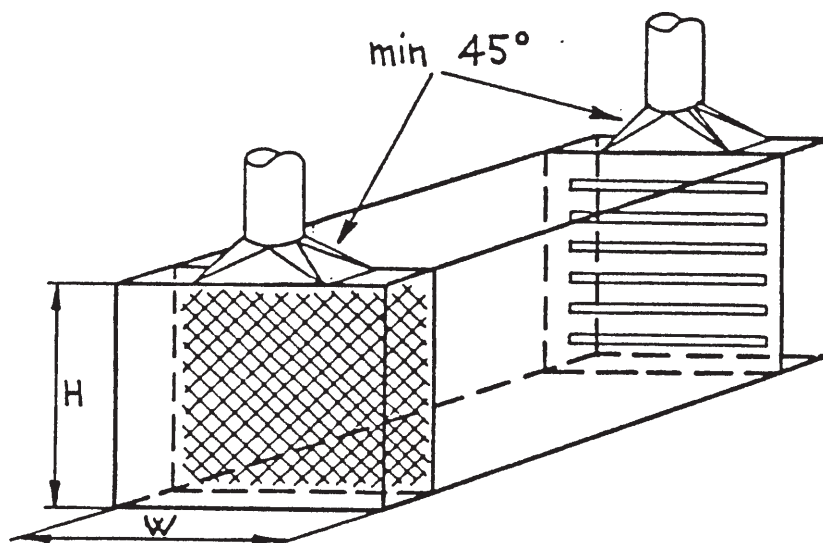
Verifiche da effettuare:

- Controllo dei flussi d'aria in ingresso e nell'intorno dei pezzi mediante fialette fumogene.
- Misura delle velocità nella sezione di ingresso nei punti centrali di una griglia immaginaria.
- Misura della velocità nel condotto per la verifica della portata.

Interventi per minimizzare la portata necessaria.

- Massima riduzione possibile delle dimensioni della sezione della cabina e della sezione di ingresso anche mediante bandelle superiori o tende laterali a tutta altezza.
- Aumento della profondità per garantire che il lavoro avvenga all'interno.
- Divisione della cabina molto larga in settori aspiranti con ventilatori separati.
- Si consiglia l'uso di ventilatori a portata variabile per aumentare la portata nella stagione che non necessita di riscaldamento.

Regione Emilia-Romagna	
CABINA APERTA TUNNEL	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 3.2



Cabina in cui due superfici opposte sono demandate una alla immissione e l'altra alla aspirazione, tali da creare un flusso d'aria direzionato ben definito.

– Portata necessaria:

$$Q = 1500 \cdot H \cdot W \text{ m}^3/\text{h}.$$

- Velocità media $\geq 0,4$ m/s.
- Velocità in ogni punto di una sezione trasversale $\geq 0,3$ m/s.
- Velocità nei condotti: 5 - 15 m/s.
- Perdite di carico: $1,78 \cdot Pd_{\text{fessura}} + 0,25 \cdot Pd_{\text{condotto}}$
- L'immissione e l'aspirazione devono avvenire mediante plenum.
- La velocità all'interno del plenum deve essere $\leq 2,5$ m/s.
- Il plenum all'aspirazione può essere sostituito da raccordo a 45° se $L/W \geq 2$.

Regione Emilia-Romagna	
CABINA CHIUSA A FLUSSO ORIZZONTALE	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 4.1

NOTE

Inquinanti: vapori di solventi.

Impianto consigliato per:

- Pezzi di medie e grandi dimensioni (se i pezzi sono concavi: $Q = 1800 \cdot H \cdot W \text{ m}^3/\text{h}$).

Impianto utilizzabile con:

- Taglia-spruzzo aumentando la portata a $Q = 1800 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$
- Spruzzatura gel-coat (aumentando la portata a $Q = 1800 \cdot H \cdot W \text{ m}^3/\text{h}$).
- Impregnazione manuale.
- Rullatura.
- Filament-winding

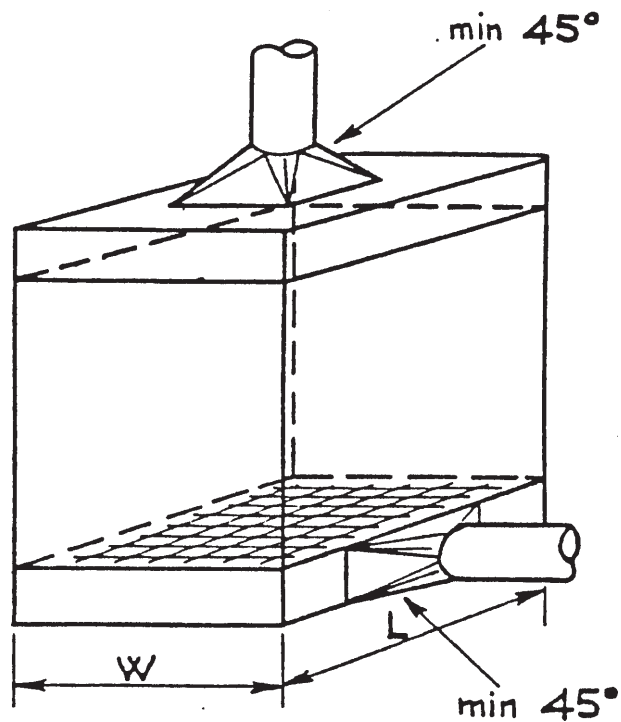
Regole comportamentali per l'utilizzo corretto:

- Lavorare rivolti verso l'aspirazione (sostegni mobili per la rotazione dei pezzi); per pezzi concavi o molto articolati verificare il comportamento dei flussi d'aria.
- Organizzare il lavoro procedendo dal lato di aspirazione verso il lato di immissione.
- Mantenere chiuse le porte per evitare correnti d'aria.

Verifiche da effettuare:

- Controllo dei flussi d'aria nell'intorno dei pezzi mediante fialette fumogene.
- Misura delle velocità in sezioni trasversali al flusso nei punti centrali di una griglia immaginaria.
- Misura delle velocità nel condotto per il calcolo e la verifica della portata.

Regione Emilia-Romagna	
CABINA CHIUSA A FLUSSO ORIZZONTALE	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 4.2



– Portata necessaria:

$$Q = 3600 \cdot W \cdot L \text{ m}^3/\text{h.}$$

- Velocità media ≥ 1 m/s.
- Velocità in ogni punto delle sezioni $\geq 0,7$ m/s.
- Velocità nei condotti: 5 - 15 m/s.
- Perdite di carico: $0,25 \cdot Pd_{\text{condotto}} + \text{perdita del filtro in ingresso} + 25 \text{ Pa}$
- L'immissione può essere forzata mediante plenum con soffitto di materiale poroso o per depressione mediante soffitto filtrante.
- L'aria immessa deve essere riscaldata durante la stagione fredda.

Regione Emilia-Romagna	
CABINA CHIUSA A FLUSSO VERTICALE	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 5.1

NOTE

Inquinanti: polveri

Impianto consigliato per:

- Pezzi di piccole e medie dimensioni

Impianto utilizzabile con:

- Molatura
- Carteggiatura

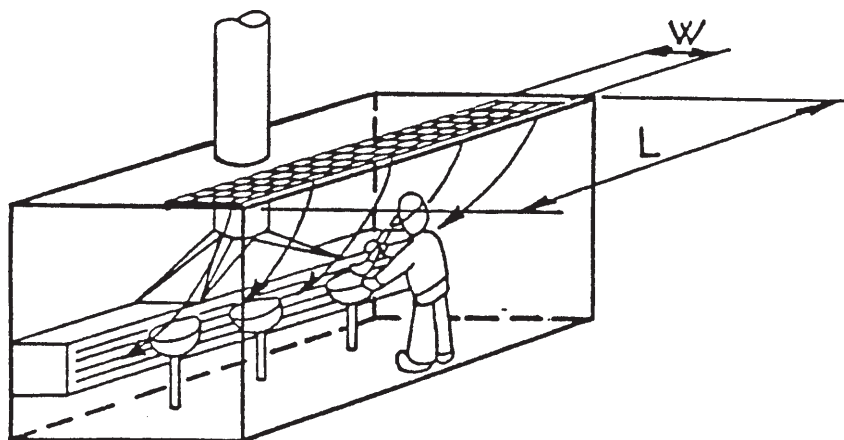
Regole comportamentali per l'utilizzo corretto:

- Lavorare con il viso più in alto dell'utensile.
- Mantenere chiuse le porte per evitare correnti d'aria.
- Preferibilmente posizionare i pezzi verticalmente o obliquamente.

Verifiche da effettuare:

- Controllo dei flussi d'aria all'intorno dei pezzi mediante fialeto fumogene.
- Misura della velocità in sezioni trasversali al flusso nei punti centrali di una griglia immaginaria.
- Misura della velocità nel condotto per il calcolo e la verifica della portata.

Regione Emilia-Romagna	
CABINA CHIUSA A FLUSSO VERTICALE	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 5.2



Cabina in cui l'aria pulita viene richiamata dalla depressione interna generata da un impianto di aspirazione posto su un lato. L'operatore è immerso nel flusso dell'aria entrante attraverso una superficie di tessuto filtrante posta a soffitto.

– Portata necessaria:

$$Q = 2700 \cdot W \cdot L \text{ m}^3/\text{h.}$$

– Larghezza superficie di attraversamento dell'aria in ingresso $W \geq 1,20 \text{ m}$.

– Altezza cabina $H = 2,00 - 2,20 \text{ m}$.

– Velocità di attraversamento della superficie di ingresso in cabina $\geq 0,75 \text{ m/s}$.

– Perdite di carico: $1,78 \cdot Pd_{fessura} + 0,25 \cdot Pd_{condotto} +$
(perdita del filtro in ingresso + 25 Pa).

– La superficie di ingresso dell'aria deve essere posizionata in modo da garantire che il lavoratore lavori sempre immerso nel flusso d'aria.

Regione Emilia-Romagna	
CABINA CHIUSA A FLUSSO OBLIQUO	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 6.1

NOTE

Inquinanti: vapori di solventi.

Impianto consigliato per:

- Pezzi di piccole e medie dimensioni (non concavi).

Impianto utilizzabile con:

- Taglia-spruzzo o spruzzatura gel-coat (con $W \geq 1,50$ m oppure aumentando la portata a $3200 \cdot W \cdot L \text{ m}^3/\text{h}$).
- Spruzzatura gel-coat.
- Impregnazione manuale.
- Rullatura.

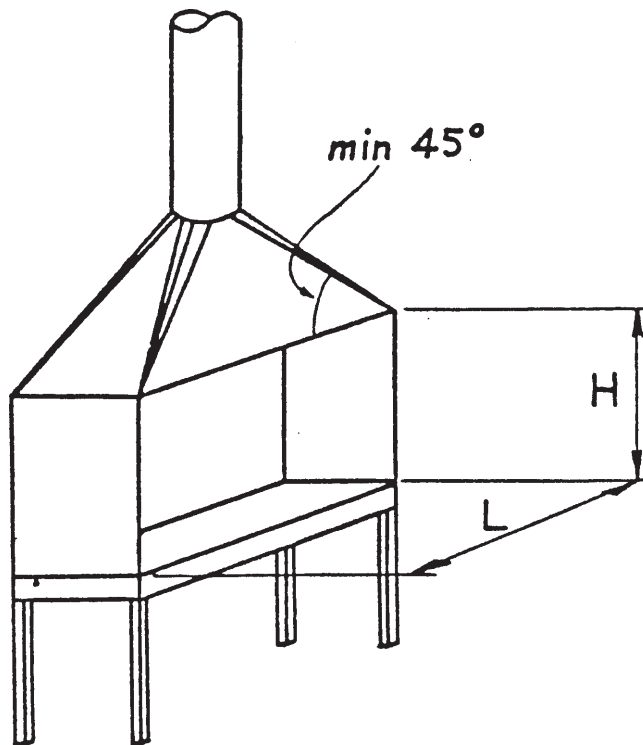
Regole comportamentali per l'utilizzo corretto:

- Lavorare rivolti verso l'aspirazione (sostegni mobili per la rotazione dei pezzi) e con la testa immersa nel flusso d'aria entrante.
- Mantenere chiuse le porte per evitare correnti d'aria.

Verifiche da effettuare:

- Controllo dei flussi d'aria nell'interno dei pezzi mediante fialette fumogene.
- Misura delle velocità nella sezione di ingresso con anemometro nei punti centrali di una griglia immaginaria.
- Misura delle velocità nel condotto per il calcolo e la verifica della portata.

Regione Emilia-Romagna	
CABINA CHIUSA A FLUSSO OBLIQUO	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 6.2



– Portata necessaria:

$$Q = 1800 \cdot L \cdot H \text{ m}^3/\text{h.}$$

- Velocità media nella sezione di ingresso $\geq 0,5 \text{ m/s.}$
- Velocità in ogni punto della sezione d'ingresso $\geq 0,3 \text{ m/s.}$
- Velocità nel condotto: 5 - 15 m/s.
- Perdite di carico: $0,25 \cdot Pd_{\text{condotto}}$
- E' consigliabile un deflettore per uniformare le velocità in ingresso.

Regione Emilia-Romagna	
CAPPA FISSA	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 7.1

NOTE

Inquinanti: vapori di solventi.

Impianto utilizzabile con:

- Lavaggio con solventi di pennelli, rulli e recipienti.
- Aggiunta catalizzatore e preparazione resina.

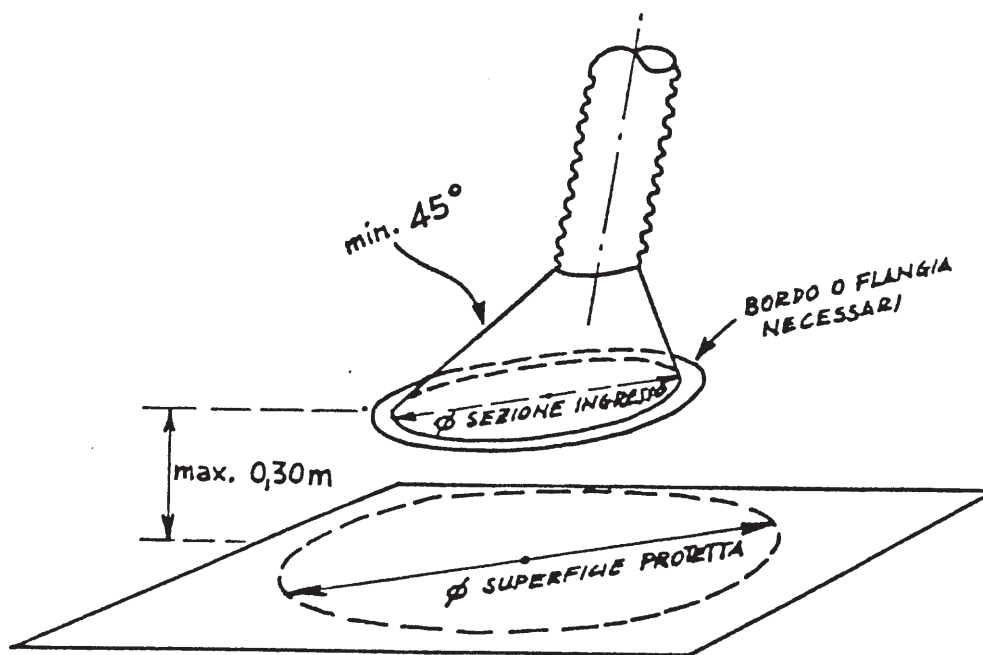
Regole comportamentali per l'utilizzo corretto:

- Lavorare sempre all'interno della cappa.
- Mantenere la testa all'esterno della cappa.
- Lasciare asciugare i pezzi puliti dentro la cappa.

Verifiche da effettuare:

- Controllo dei flussi d'aria in ingresso con fialeto fumogene.
- Misura delle velocità nella sezione d'ingresso nei punti centrali di una griglia immaginaria.
- Misura delle velocità nel condotto per il calcolo e la verifica della portata.

Regione Emilia-Romagna	
CAPPA FISSA	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 7.2



- Portata necessaria a una distanza dal pezzo di 0,30 m:

Ø superficie protetta (m)	Ø sezione ingresso (mm)	Q (m³/h)
0,00 - 0,20	240	800
0,20 - 0,30	250	900
0,30 - 0,40	260	1000
0,40 - 0,50	280	1150
0,50 - 0,60	300	1300
0,60 - 0,70	320	1500
0,70 - 0,80	340	1700
0,80 - 0,90	360	1950
0,90 - 1,00	380	2200

- Velocità nella sezione di ingresso: 5 m/s.
- Velocità nel condotto: 5 - 15 m/s.
- Perdite di carico all'ingresso di un condotto libero: $0,93 \cdot Pd_{\text{condotto}}$
- Perdite di carico all'ingresso di un condotto con cappa terminale: $0,25 \cdot Pd_{\text{condotto}}$
- Il braccio di sostegno deve essere mobile e facilmente spostabile e posizionabile per poter seguire la lavorazione.

Regione Emilia-Romagna	
CAPPA MOBILE	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 8.1

NOTE

Inquinanti: solventi.

Impianto consigliato per:

- Pezzi di piccole e medie dimensioni con il numero di cappe necessarie a coprire, con l'involuppo delle loro superfici protette, tutta la superficie del pezzo in lavorazione, sempre che sia possibile lavorare con le cappe molto vicine al pezzo ($\leq 0,30$ m).

Impianto utilizzabile con:

- Impregnazione manuale.
- Rullatura.

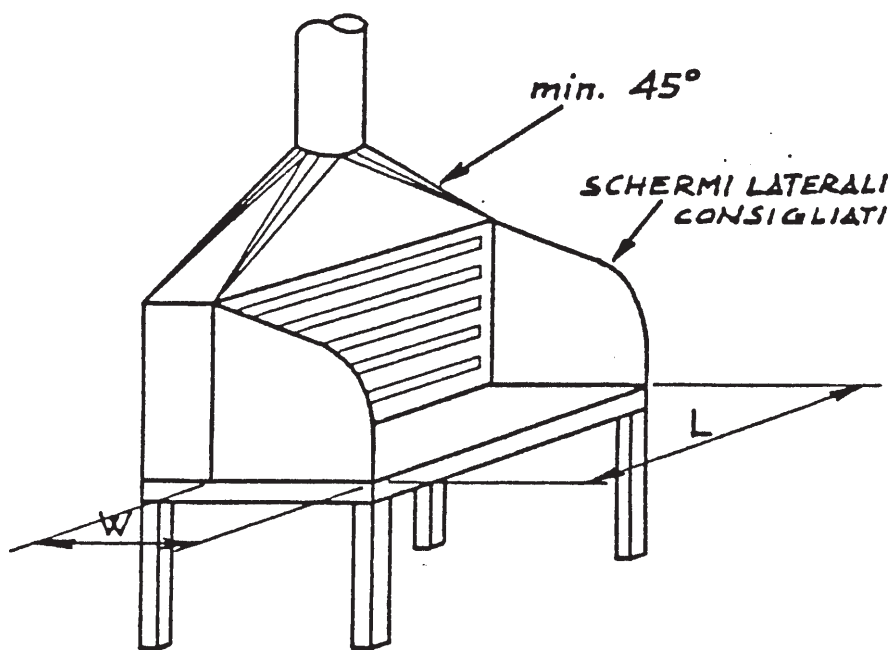
Regole comportamentali per l'utilizzo corretto:

- Posizionare continuamente la cappa nel punto in cui avviene la impregnazione o la rullatura.
- Organizzare il lavoro iniziando dal lato più lontano e procedendo verso l'operatore.
- Evitare di lavorare in corrente d'aria.
- Mantenere la minor distanza possibile tra la cappa e la superficie in lavorazione e in nessun caso superiore a 0,30 m.
- Con pezzi concavi posizionare la cappa all'interno della concavità.

Verifiche da effettuare:

- Controllo dei flussi d'aria con fialette fumogene.
- Misura delle velocità nel condotto per il calcolo e la verifica della portata.

Regione Emilia-Romagna	
CAPPA MOBILE	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 8.2



– Portata necessaria:

$$Q = 2700 \cdot L \cdot W \text{ m}^3/\text{h.}$$

– Velocità nella fessura $\geq 5 \text{ m/s.}$

– Velocità nel condotto: 5 - 15 m/s.

– Perdite di carico: $1,78 \cdot Pd_{\text{fessura}} + 0,25 \cdot Pd_{\text{condotto}}$

– Larghezza banco: $W \leq 0,9 \text{ m.}$

– La velocità all'interno del plenum deve essere al massimo la metà della velocità nella fessura.

Regione Emilia-Romagna	
BANCO ASPIRATO FRONTALMENTE	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 9.1

NOTE

Inquinanti: vapori di solventi.

Impianto consigliato per:

- Pezzi di piccola dimensione.

Impianto utilizzabile con:

- Impregnazione manuale.
- Rullatura.
- Preparazione resina.

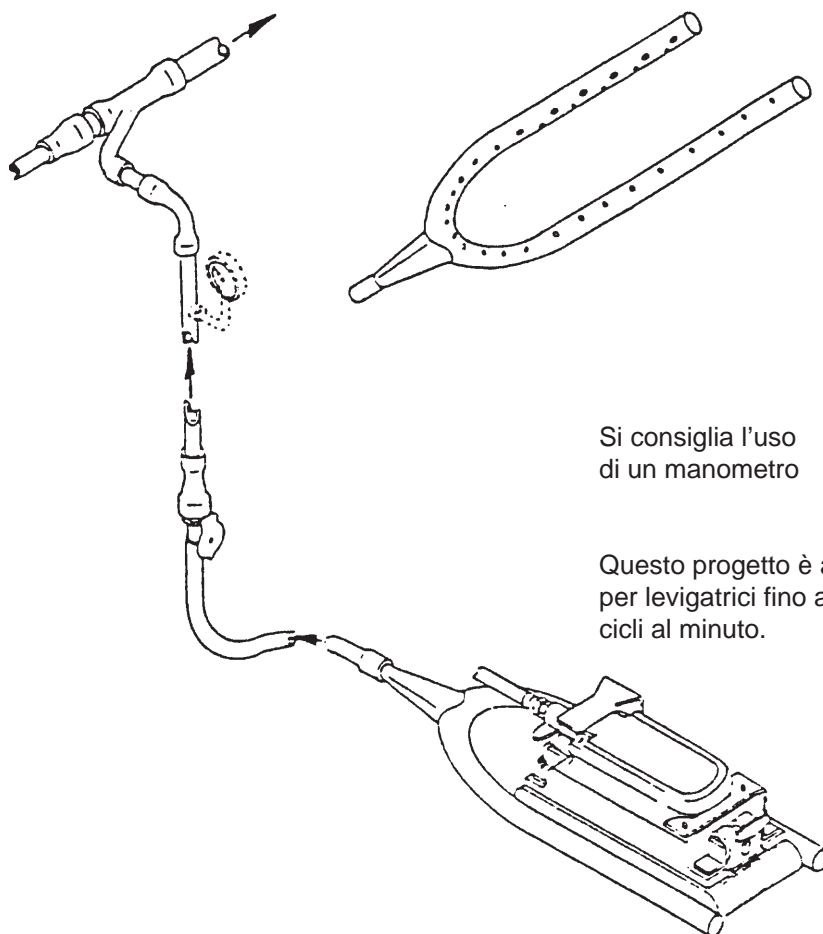
Regole comportamentali per l'utilizzo corretto:

- Lavorare più vicino possibile alle fessure.
- Mantenere sempre pulite e libere le fessure.

Verifiche da effettuare:

- Controllo dei flussi d'aria con fialette fumogene.
- Misura delle velocità nel condotto per il calcolo e la verifica della portata.

Regione Emilia-Romagna	
BANCO ASPIRATO FRONTALMENTE	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 9.2



Si consiglia l'uso
di un manometro

Questo progetto è applicabile
per levigatrici fino a 20.000
cicli al minuto.

– Portata necessaria:

$$Q = 0,35 - 1,00 \quad \text{m}^3/\text{h} \cdot \text{mm di perimetro.}$$

– Pressione statica nel ramo: da 25000 a 50000 Pa.

– Velocità nella fessura: da 75 a 190 m/s.

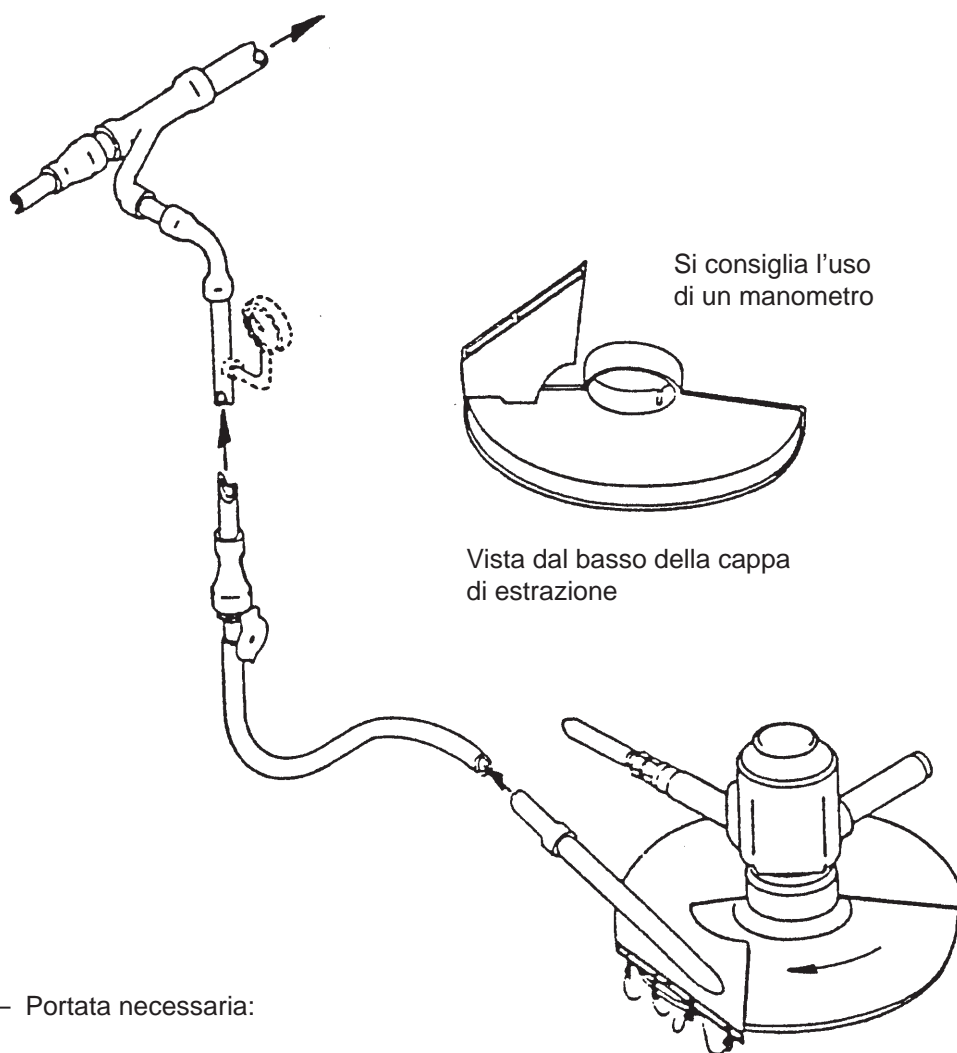
– Tubo flessibile: da 30 a 50 mm (\varnothing interno).

– Lunghezza tubo flessibile: fino a 2,50 m (*).

(*) La lunghezza del tubo può essere estesa fino a un massimo di 15 m usando una sezione più larga tra l'attacco all'utensile e il condotto principale.

(Traduzione da Industrial Ventilation - XX Ed. - A.C.G.I.H.)

Regione Emilia-Romagna	
ASPIRAZIONE PER LEVIGATRICE ORBITALE	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 10.1



– Portata necessaria:

$$Q = 0,7 - 2,0 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{mm di diametro del disco.}$$

– Pressione statica nel ramo: da 25000 a 50000 Pa.

– Velocità nella fessura: da 120 a 190 m/s.

– Tubo flessibile: da 25 a 50 mm (Ø interno).

– Lunghezza tubo flessibile: fino a 2,50 m (*).

– Diametro disco: da 50 a 230 mm.

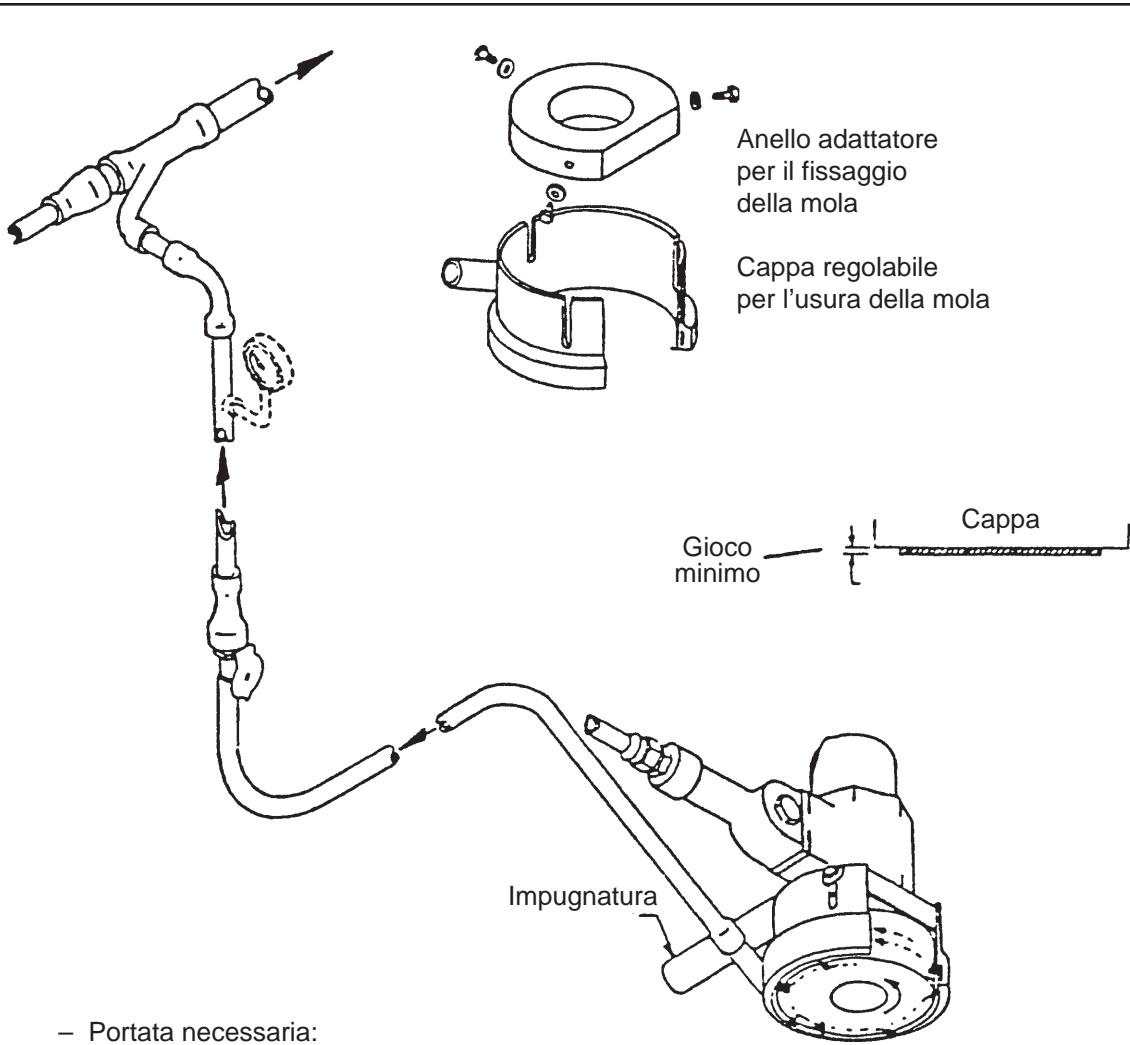
– Velocità periferica: da 23 a 70 m/s

Per velocità più bassa utilizzare velocità in fessura più bassa.

(*) La lunghezza del tubo può essere estesa fino a un massimo di 15 m usando una sezione più larga tra l'attacco all'utensile e il condotto principale.

(Traduzione da Industrial Ventilation - XX Ed. - A.C.G.I.H.)

Regione Emilia-Romagna	
ASPIRAZIONE PER MOLA A DISCO	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 11.1

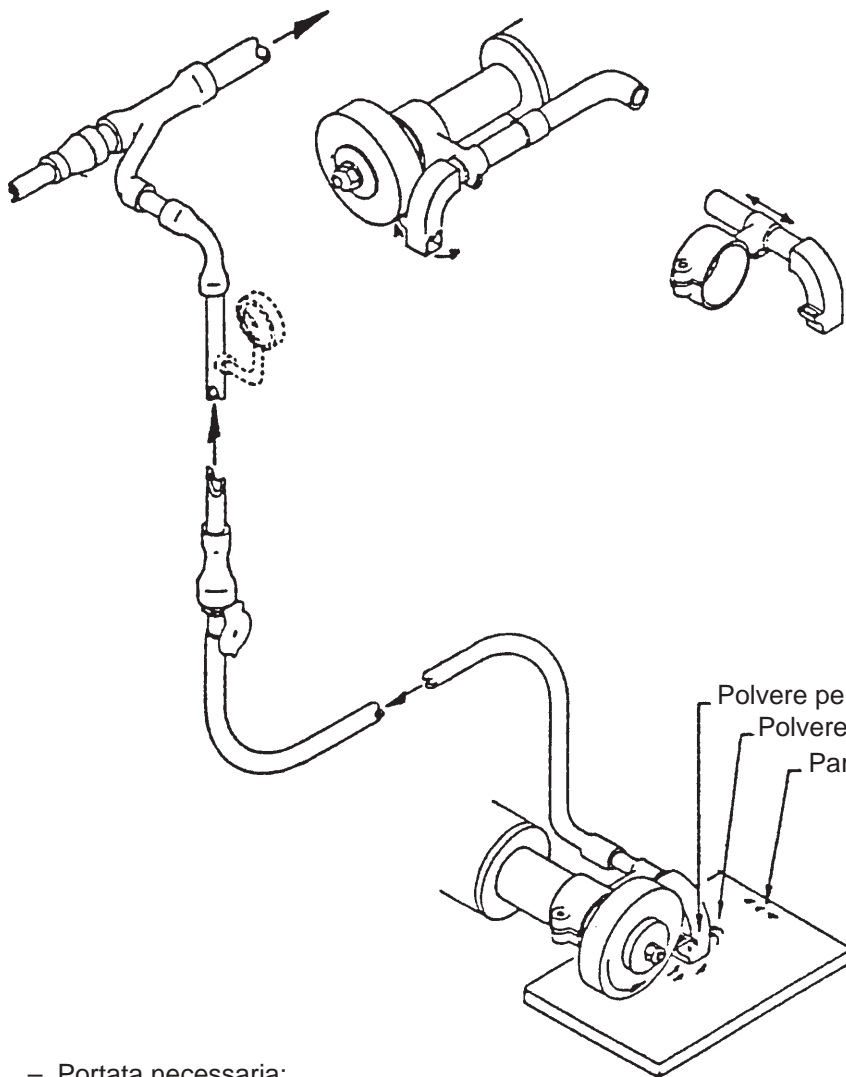


- Portata necessaria:
 $Q = 2 - 4 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{mm}$ di diametro.
- Pressione statica nel ramo: da 25000 a 50000 Pa.
- Velocità nella fessura: da 150 a 190 m/s.
- Tubo flessibile: da 25 a 50 mm (\varnothing interno).
- Lunghezza tubo flessibile: fino a 2,50 m (*).
- Velocità periferica: da 30 a 60 m/s

(*) La lunghezza del tubo può essere estesa fino a un massimo di 15 m usando una sezione più larga tra l'attacco all'utensile e il condotto principale.

(Traduzione da Industrial Ventilation - XX Ed. - A.C.G.I.H.)

Regione Emilia-Romagna	
ASPIRAZIONE PER MOLA E LUCIDATRICE FRONTALE	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 12.1



Queste aspirazioni sono state progettate specificamente per lavori di molatura dei getti di fusione o in posti scomodi quando vengano per lo più usate mole di piccolo diametro.

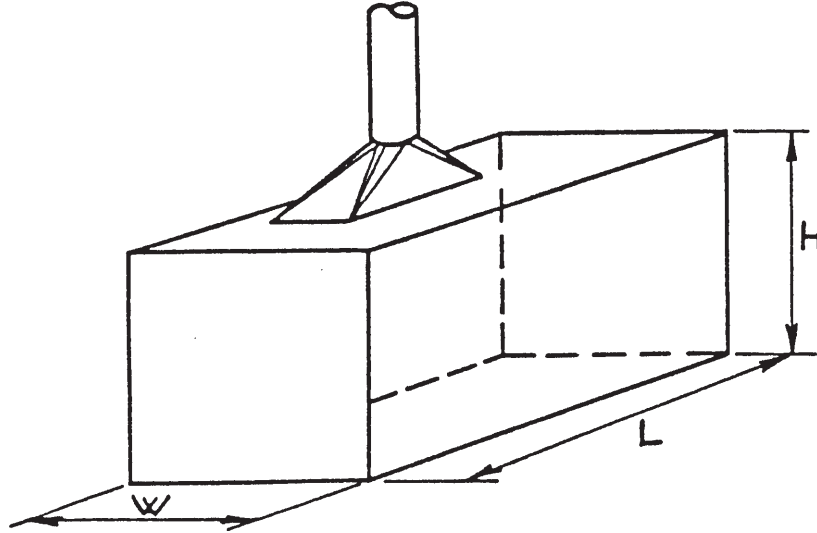
L'aspirazione deve essere il più possibile vicino alla mola e può precedere la mola quando si sta molando una scanalatura.

- Portata necessaria:
 $Q = 4,7 - 10 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{mm}$ di diametro della mola.
- Pressione statica nel ramo: da 25000 a 50000 Pa.
- Velocità nella fessura: da 130 a 190 m/s.
- Tubo flessibile: da 25 a 30 mm
- Lunghezza tubo flessibile: fino a 2,50 m (*).
- Dimensioni mola:
 da 200 mm di diametro x 50 mm di larghezza
 a 50 mm di diametro x 13 mm di larghezza.
- Velocità periferica: da 30 a 75 m/s.

(*) La lunghezza del tubo può essere estesa fino a un massimo di 15 m usando una sezione più larga tra l'attacco all'utensile e il condotto principale.

(Traduzione da Industrial Ventilation - XX Ed. - A.C.G.I.H.)

Regione Emilia-Romagna	
ASPIRAZIONE PER PICCOLE MOLE RADIALI	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 13.1



– Portata necessaria:

Deve essere realizzata la maggiore delle due seguenti:

1) $Q = 25 \cdot L \cdot W \quad \text{m}^3/\text{h}.$

2) $Q = 10 \cdot L \cdot W \cdot H \quad \text{m}^3/\text{h}.$

– Perdite di carico: $0,25 \cdot Pd_{\text{condotto}}$

Regione Emilia-Romagna	
CAMERA DI ESSICAZIONE	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 14.1

NOTE

Inquinanti: vapori di solventi.

Impianto consigliato per:

- Pezzi di piccole e medie dimensioni.

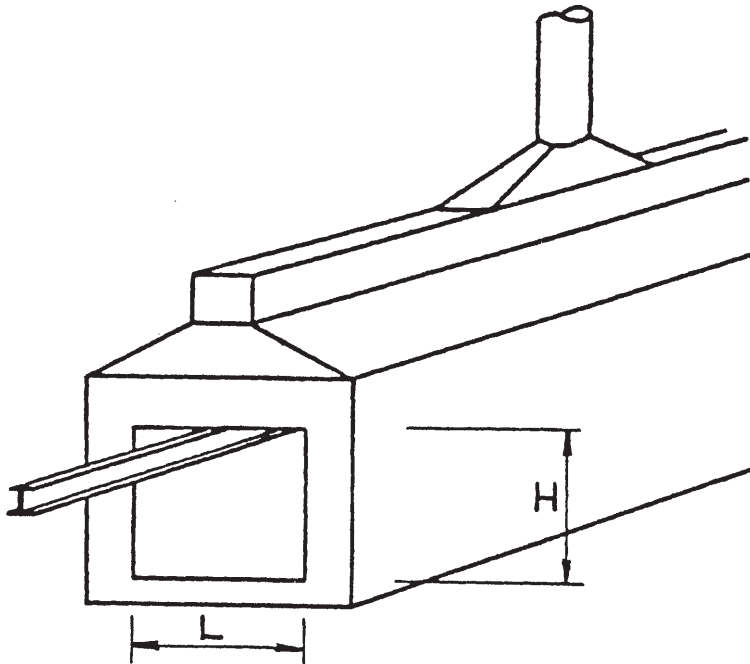
Regole comportamentali per l'utilizzo corretto:

- E' vietato lavorare all'interno della camera in quanto l'impianto non consente la protezione di un operatore al suo interno.
- L'ingresso è consentito solo per il tempo strettamente necessario all'inserimento ed al prelievo dei pezzi e comunque solo utilizzando mezzi personali di protezione (semimaschere o maschere con filtri intercambiabili A1 oppure facciali filtranti FF2 con carboni attivi in granuli).
- Rendere agevole la movimentazione dei pezzi, ad es. mediante due porte, una per l'ingresso ed una per l'uscita.
- Mantenere aperte le porte per il tempo strettamente necessario all'accesso.
- Mettere nella camera i pezzi non appena terminata l'impregnazione e mantenerveli per almeno 2 ore o fino al termine della reticolazione.

Verifiche da effettuare:

- Misura delle velocità nel condotto per il calcolo e la verifica della portata.
- Controllo dei flussi d'aria nelle fessure con fialeto fumogene.

Regione Emilia-Romagna	
CAMERA DI ESSICCAZIONE	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 14.2



Sono consigliate
bandelle alle
aperture di uscita

– Portata necessaria:

$$Q = 1000 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2 \text{ di superficie rimasta aperta.}$$

– Perdite di carico: $0,25 \cdot Pd_{\text{condotto}}$

– La lunghezza del tunnel e la velocità di traslazione della linea va dimensionata per garantire 2 ore di permanenza del pezzo o l'avvenuta reticolazione.

– Deve essere espressamente vietato l'ingresso all'interno del tunnel.

Regione Emilia-Romagna	
TUNNEL DI ESSICCAZIONE	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 15.1

NOTE

Inquinanti: vapori di solventi.

Impianto consigliato per:

- Pezzi di piccole e medie dimensioni con lavorazione continua.

Regole comportamentali per l'utilizzo corretto:

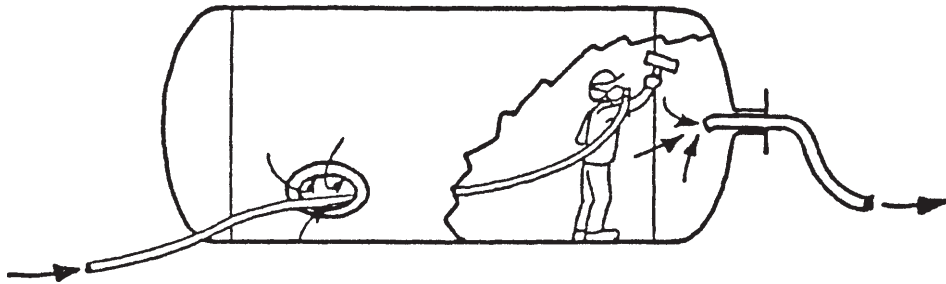
- E' vietato lavorare all'interno della camera in quanto l'impianto non consente la protezione di un operatore al suo interno.
- E' vietato lavorare o entrare nel tunnel con la presenza di pezzi in essiccazione.
- Mettere nel tunnel i pezzi non appena terminata la stratificazione.

Verifiche da effettuare:

- Misura delle velocità nel condotto per il calcolo e la verifica della portata.
- Controllo dei flussi d'aria con fialete fumogene nelle sezioni di ingresso e di uscita al tunnel.

Regione Emilia-Romagna	
TUNNEL DI ESSICCAZIONE	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 15.2

Spazi chiusi nei quali il lavoratore si introduce o a mezzo busto o con tutto il corpo per realizzare riparazioni o unione di pezzi.



Devono essere utilizzati contemporaneamente

1) Impianto di aspirazione all'interno dello spazio per evitare la fuoriuscita dell'inquinamento nell'ambiente di lavoro:

– Portata necessaria:

$$Q = 1000 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2 \text{ di superficie rimasta aperta.}$$

– Perdite all'ingresso: $0,25 \cdot Pd_{\text{condotto}}$

– Velocità nel condotto: 5 - 15 m/s.

2) Mezzi personali di protezione a ventilazione assistita per proteggere il lavoratore all'interno:

a) Respiratori alimentati ad aria compressa da rete o da bombole (v. norme UNI 8965 - 8968).

b) Respiratori a presa d'aria esterna alimentati da ventilatore (v. norme UNI 8967).

3) Aspirazioni localizzate agli utensili elettrici portatili per la captazione degli inquinanti alla sorgente aventi le caratteristiche riportate nelle schede 12, 13, 14, 15.

Regione Emilia-Romagna	
SPAZI CONFINATI	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 16.1

NOTE

Inquinanti: vapori di solventi, polveri.

Impianto consigliato con:

- Lavorazioni all'interno di spazi confinati, ad es. serbatoi, botti, furgoni, ecc.

Impianto utilizzabile con:

- Unione di pezzi per resinatura.
- Stuccatura.
- Riparazione.
- Finitura e levigatura.

Regole comportamentali per l'utilizzo corretto:

- Mettere in funzione l'aspirazione prima dell'ingresso del lavoratore collocando l'organo di captazione dal lato opposto rispetto all'apertura di ingresso.
- E' vietato entrare all'interno dello spazio confinato senza le protezioni individuali indicate.
- Mantenere in funzione le aspirazioni degli utensili portatili.
- Eseguire una accurata e frequente manutenzione dei mezzi personali di protezione secondo le indicazioni fornite dal costruttore.

Verifiche da effettuare:

- Misura delle velocità nei condotti per il calcolo e la verifica della portata.
- Controllo dei flussi d'aria nelle aperture di ingresso con fialette fumogene.

Regione Emilia-Romagna	
SPAZI CONFINATI	
Impianti Ventilazione Vetroresine	Scheda 16.2

**GUIDA ALLA SCELTA DELL'IMPIANTO DI VENTILAZIONE PER VAPORI DI SOLVENTI
IN FUNZIONE DELLA DIMENSIONE DEL MANUFATTO**

Dimensioni del manufatto	ASPIRAZIONE LOCALIZZATA ALLA SORGENTE						Ventilazione generale
	Aspirazione localizzata In posizione fissa			Aspirazione localizzata In posizione mobile			
	Cabina aperta Tunnel (scheda 3)	Cabina chiusa (scheda 4-5-6)	Cappa fissa (scheda 7)	Banco aspirato (scheda 9)	Aspirazione soffiaggio	Cappa mobile (scheda B)	
Ridotte dimensioni	Raccomand.	Accettab.	Accettab. con riserva (2)	Raccomand.	Sconsigl. (inapplic.)	Raccomandata	Da escludere
Medie e grandi dimensioni (pezzi piani)	Raccomand.	Raccomand.	Da escludere	Da escludere	Sconsigl.	Accettabile con riserva (1)	Sconsigliata
Medie e grandi dimensioni (pezzi concavi)	Sconsigl.	Raccomand.	Da escludere	Da escludere	Accettab.	Sconsigliata	Accettabile con riserva (3)

(1) Purchè le dimensioni del manufatto ed il lay-out consentano un facile e corretto utilizzo della cappa.

(2) Purchè le dimensioni del manufatto e le posizioni di lavoro consentano l'introduzione dell'aria in tutte le zone di emissione.

(3) Quando siano risultate impossibili, alle condizioni date, tutte le altre scelte di impianti con aspirazione localizzata.

GLOSSARIO E UNITA' DI MISURA

Simbolo	Descrizione	Unità di misura
Q	portata necessaria	m^3 / h
F	fattore di conversazione = 24400	ml/gmole
k	fattore di sicurezza	adimensionale
\dot{m}	massa di inquinante evaporato nell'unità di tempo	g/h
\dot{v}	volume di inquinante evaporato nell'unità di tempo	cm^3 / h
PM	peso molecolare inquinante	g/gmole
C_{STD}	concentrazione limite di accettabilità (standard)	ppm
H	altezza	m
L	larghezza	m
W	profondità	m
v	velocità dell'aria	m/s
v_C	velocità dell'aria nel condotto	m/s
$Pd_{fessura}$	pressione dinamica fessura	$Pa = N/m^2$
$Pd_{condotto}$	pressione dinamica condotto	$Pa = N/m^2$
\emptyset	diametro	m ; mm

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- 1) AA.VV. Seminario nazionale strategie per la difesa della salute nel comparto delle vetroresine - Reggio E. - 1988
- 2) AA.VV. Guide pratique de ventilation 3: "Mise en oeuvre manuelle des polyesters stratifiés".
Cahiers de notes documentaires - ND 1463-114-84.
- 3) ACGIH "INDUSTRIAL VENTILATION - A manual of recommended practice"
XX ed. - 1988.
- 4) Kalliokoski P.J., Saamanen A.J., Ivalo L.M., Kokotti H.M.
"Exposure to styrene can be controlled"
Am. Ind. Hyg. Ass. J. 49 (1988)
- 5) McDERMOTT H.J. "Handbook of ventilation for contaminant control" - Ann Arbor
Science Publishers, Michigan, USA - 1977.
- 6) THIEME B. "I sistemi di aspirazione localizzata per la bonifica degli ambienti di lavoro"
- Assessorato alla Sanità della Regione Lombardia, Clinica del Lavoro 'L. Devoto'
dell'Università di Milano - 1980.
- 7) Todd W.F. "Styrene vapor control systems in FRP Yacht plants" Am. J. Ind. Med. 8:
219-232 (1985).
- 8) Veronesi C., Pedroni C., Tolomei S., Zito F.
"Misure di prevenzione primaria nell'ambito del comparto PRFV" - Seminario Nazionale
"Impatto Plastica"
Atti: 245-272 Milano.