

**VENTILAZIONE E DEPURAZIONE DELL'ARIA  
NEGLI AMBIENTI DI LAVORO**

Scheda tecnica n. 6

**IMPIANTI DI VENTILAZIONE  
NEL COMPARTO  
GALVANICHE**

**A cura di:**

Arcari Claudio

*S.P.S.A.L. Azienda U.S.L. di Piacenza*

Colla Emanuela

*S.P.S.A.L. Azienda U.S.L. di Parma*

Tolomei Stefano Radames

*S.P.S.A.L. Azienda U.S.L. di Parma*

Veronesi Carlo

*S.P.S.A.L. Azienda U.S.L. di Reggio Emilia*

Settembre 1996

## **1. PREMESSA.**

- 1.1. Il presente documento ha lo scopo di essere un 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 con bagni galvanici.
- 1.2. In questo documento ci si occupa esclusivamente dei criteri di base per la scelta degli impianti di ventilazione e delle caratteristiche che tali impianti devono possedere; non ci si occupa dei problemi di ordine tossicologico, dei cicli tecnologici e dei livelli di esposizione rilevati nel comparto.
- 1.3. 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 lavorazioni speciali e/o nuove 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. In linea generale l'espulsione degli inquinanti 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 in questo comparto; esse non sostituiscono un progetto applicativo specifico. Si sottolinea che ogni impianto deve 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. Le portate proposte non garantiscono sempre e comunque il controllo dell'esposizione professionale. Sono da intendersi come orientamento per una corretta progettazione degli impianti nelle condizioni di lavoro normalmente presenti nelle aziende di questo comparto, alla data di pubblicazione. In caso di lavorazioni particolarmente inquinanti è necessario apportare correzioni a tali portate mediante opportune considerazioni igienistiche.
- 1.8. E' importante notare che infruttuosi risultati possono derivare dal mancato rispetto delle regole comportamentali per l'utilizzo corretto degli impianti.
- 1.9. Poiché l'esistenza di un buon impianto di ventilazione non garantisce di per sé 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.
- 1.10 Le tabelle n. 2, 3, 4, 5, con alcuni adattamenti, sono state tradotte e riportate al sistema di misura S.I., dall'Industrial Ventilation (v. Bibliografia 2).e dal Chaiers de notes Documentaries (v. Bibliografia 3).

## 2. INQUINANTI CHIMICI AERODISPERSI DERIVANTI DALLE SOLUZIONI DEI BAGNI GALVANICI E LORO TLV-TWA.

I processi galvanici comprendono normalmente una prima fase di decapaggio del manufatto (sgrassaggio-pulizia) che viene realizzata immergendo il pezzo in un bagno di soluzioni acide o basiche contenenti HCl, HNO<sub>3</sub>, NaOH, ecc., oppure solventi organici.

Una seconda fase contempla la deposizione del metallo sulla superficie del manufatto; questa viene realizzata per elettrodeposizione o per deposizione elettrochimica.

A queste operazioni vengono interposti bagni di lavaggio e/o neutralizzazione.

I valori di TLV-TWA dei principali e più diffusi inquinanti utilizzati nei bagni di elettrodeposizione, utili per la determinazione della portata, vengono illustrati in Tab. 1 (v. Bibliografia 1).

**Tabella 1. Valori di TLV-TWA dei principali e più diffuse sostanze utilizzate nei bagni.**

Sostanze	TLV-TWA in mg/m <sup>3</sup>	Note
Acido cianidrico	5	Limite Ceiling - Cute
Acido cloridrico	2	Limite ceiling in ppm
Acido fosforico	1	STEL = 3 mg/m <sup>3</sup>
Acido nitrico	5.2	STEL = 10 mg/m <sup>3</sup>
Acido solforico	0.2	
Alluminio metallo polvere	10	
Alluminio sali solubili	2	
Ammoniaca	17	STEL = 24 mg/m <sup>3</sup>
Cadmio elemento	0.01 A2	A2 sospetto carcinogeno per l'uomo
Cadmio composti come (cd)	0.002 A2	in frazione respirabile
Cromo metallo e Cromo III	0.5 A4	A4 Non classificabile come carcinogeno per l'uomo
Cromo VI composti solubili in acqua	0.05 A1	A1 carcinogeni riconosciuti per l'uomo
Cromo VI composti insolubili in acqua	0.01 A1	A1 carcinogeni riconosciuti per l'uomo
Idrossido di sodio	2	limite Ceiling
Nichel elemento	1.5	in frazione inalabile
Nichel composti inorganici insolubili	0.2 A1	A1 carcinogeni riconosciuti per l'uomo In frazione inalabile
Nichel composti inorganici solubili	0.1 A4	A4 Non classificabile come carcinogeno per l'uomo
Piombo elementare e composti inorganici come piombo	0.05 A3	A3 carcinogeno per l'animale
Rame fumi*	0.2	
Rame polveri e nebbie*	1	

Segue Tabella 1.

**\* Avvisi di proposta di modifica**

Sostanze	TLV-TWA in mg/m <sup>3</sup>	Note
Rame composti inorganici metallo e ossidi, come Cu	0.1 A4	Non classificabile come carcinogeno per l'uomo In frazione respirabile
Composti solubili, come Cu	A4	STEL=0.05 mg/m <sup>3</sup> Non classificabile come carcinogeno per l'uomo

Non tutti i bagni rilasciano inquinanti nell'ambiente; in alcuni casi gli inquinanti evaporano come ad esempio nei bagni di acido cloridrico e di ammoniacca.

Nei bagni con composti salini non si verifica evaporazione dei sali, ma si possono verificare effetti di trascinalamento da parte di altre sostanze che evaporano. I bagni che hanno una temperatura tale da sviluppare vapore acqueo trascinalano gli inquinanti.

### 3. RICHIAMI DEI PRINCIPI GENERALI DI VENTILAZIONE.

Possono essere utilizzate due tecniche di ventilazione:

- 3.1. La ventilazione generale consiste nella diluizione degli inquinanti mediante apporto di aria nuova. Essa non è ritenuta accettabile come tecnica principale di ventilazione in quanto, nelle lavorazioni con emissione degli inquinanti in posizione fisse o con i lavoratori vicino alle sorgenti degli inquinanti, risulta necessaria e possibile l'installazione di impianti di aspirazione localizzata.

La ventilazione generale può essere utilizzata come complemento delle aspirazioni localizzate per diluire gli inquinanti residui non captati ed in quelle particolari lavorazioni robotizzate nelle quali le vasche galvaniche vengano completamente segregate dall'ambiente di lavoro eliminando l'esposizione professionale.

- 3.2. La ventilazione locale per aspirazione localizzata consiste nel catturare gli inquinanti aerodispersi il più vicino possibile alla sorgente di emissione, prima che essi attraversino la zona di respirazione dei lavoratori o che si disperdano nell'ambiente di lavoro.

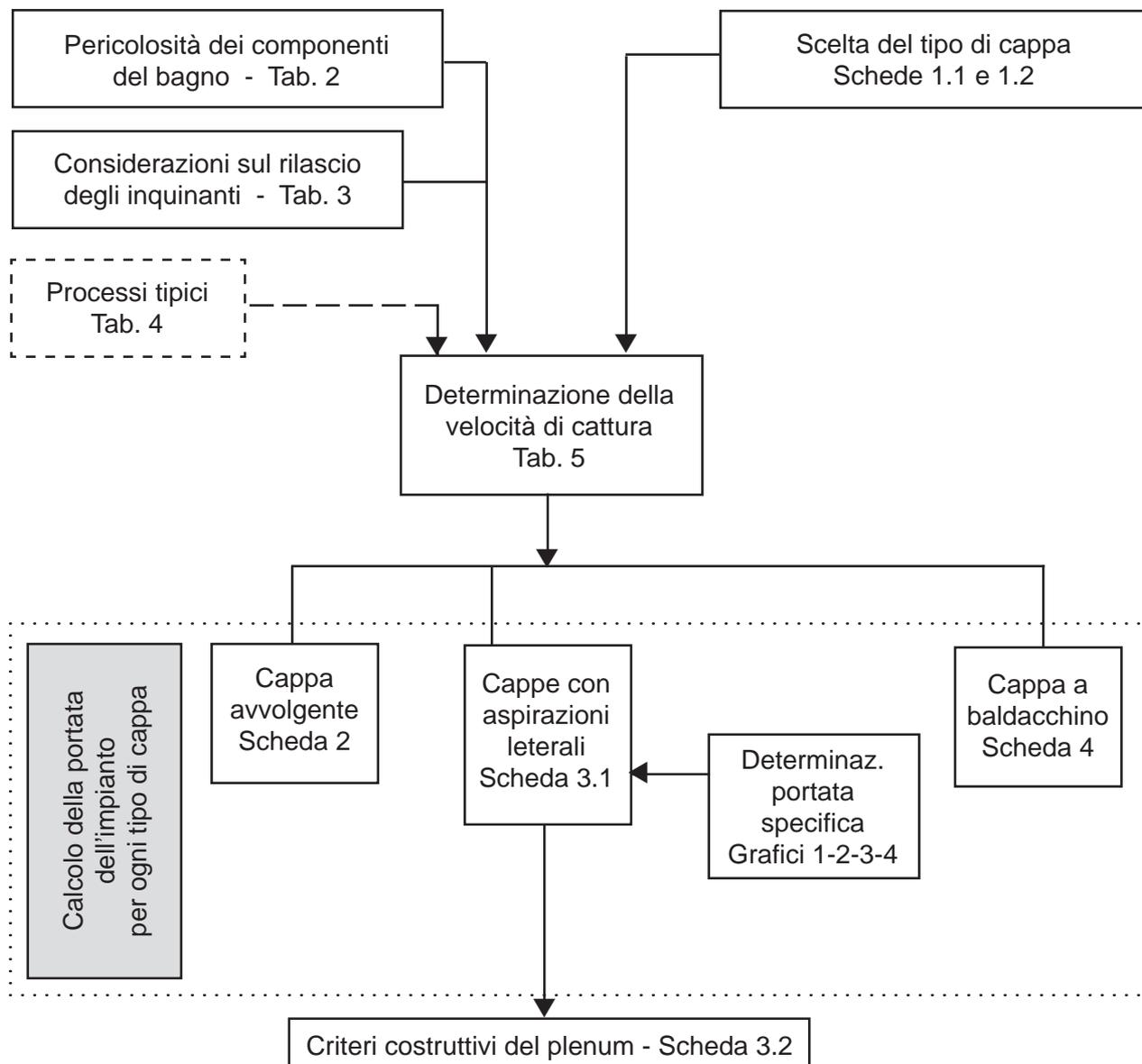
Gli elementi più importanti dell'impianto, ai fini del controllo dell'esposizione dei lavoratori, sono la cappa e il ventilatore: la cappa ha il compito di raccogliere l'inquinante prodotto alla sorgente, mentre il ventilatore deve creare la portata e la prevalenza necessarie per la captazione ed il trasporto all'esterno degli inquinanti.

La progettazione e la realizzazione di impianti di aspirazione localizzata sono momenti importanti per i quali occorre competenza tecnica ed esperienza.

### 4. PROCEDURA PER LA SCELTA DELLE CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO E PER IL CALCOLO DELLA PORTATA NECESSARIA IN UN IMPIANTO DI ASPIRAZIONE LOCALIZZATA PER BAGNI GALVANICI IN CONDIZIONI NORMALI DI ESERCIZIO (in assenza di correnti d'aria e con ingressi d'aria di reintegro adeguati e ben distribuiti).

La procedura proposta serve per orientare nella scelta del tipo e della conformazione dell'organo di captazione e per calcolare la portata necessaria di un bagno galvanico in condizioni normali di esercizio. Deve sempre essere garantita l'assenza di correnti d'aria laterali e un'adeguata e ben distribuita reimmissione dell'aria.

## PROCEDURA PER LA SCELTA DELLE CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO E PER IL CALCOLO DELLA PORTATA



La procedura proposta contempla i seguenti passi come evidenziato nel diagramma di flusso precedente:

- **Caratterizzazione della pericolosità del bagno** (il potenziale di rischio viene determinato dalle caratteristiche tossicologiche dei componenti dei bagni).(4.1)
- **Considerazioni sulla velocità di rilascio dell'inquinante** (viene determinata dalla tendenza all'evaporazione della soluzione presente nel bagno).(4.2)
  - In alternativa, per processi tipici, è possibile sostituire i due punti precedenti con un solo passo che contempla entrambi gli aspetti.
- **Scelta del tipo di cappa** più adatta per il caso in esame.(4.3)
- **Determinazione della velocità di cattura necessaria**.(4.4)
- **Calcolo della portata** dell'impianto per ogni tipo di cappa.(4.5)

#### 4.1. Determinazione del potenziale di rischio (pericolosità del bagno) (v. tabella 2).

La tabella 2 suddivide i bagni in classi di pericolosità denominate "A", "B", "C" e "D". Queste rappresentano il grado di tossicità o di infiammabilità del bagno ("A" corrisponde alla condizione di maggior pericolosità).

Per la protezione dei lavoratori dall'esposizione professionale si utilizza la tabella 2 usando gli standard igienistici (TLV-TWA, valori limite di soglia) proposti dalla ACGIH per i componenti del bagno (v. Tabella 1 o bibliografia 1).

Per la protezione dell'ambiente contro il rischio di esplosione o incendio, il potenziale di rischio va determinato in funzione della temperatura di infiammabilità dei composti volatili (v. bibliografia 2). In questo caso va rigorosamente vietato e impedito (con mezzi controllati) l'ingresso delle persone prima di una bonifica completa dell'ambiente.

Nel caso che i composti siano più di uno, il potenziale di rischio da considerare è il più alto dei singoli potenziali.

**Tabella 2 - DETERMINAZIONE DEL POTENZIALE DI RISCHIO**

POTENZIALE DI RISCHIO	STANDARD IGIENISTICI Nota: vedere Tab. 1 o bibliografia 1 ( TLV -TWA )		TEMPERATURA DI INFIAMMABILITA' v. bibliografia 2
	GAS E VAPORI	NEBBIE	
<b>A</b>	0 - 10 ppm	0 - 0.1 mg/m <sup>3</sup>	—
<b>B</b>	11 - 100 ppm	0.11 - 1.0 mg/m <sup>3</sup>	< 40 °C
<b>C</b>	101 - 500 ppm	1.1 - 10 mg/m <sup>3</sup>	40 - 90 °C
<b>D</b>	> 500 ppm	> 10 mg/m <sup>3</sup>	> 90 °C

**4.2. Determinazione delle classi della velocità di emissione dell'inquinante (v. Tab. 3).**

Con una qualsiasi delle informazioni richieste nelle colonne 2, 3, 4 o 5 della tabella 3, riguardanti le caratteristiche del bagno, si determina la classe della velocità di emissione (colonna 1); nei casi esistano dubbi si consiglia il criterio della massima tutela: va utilizzata la classe col numero più basso, che rappresenta il più alto grado di rilascio dell'inquinante.

Con i valori determinati nelle tabelle 2 e 3 si crea un indice alfa-numerico formato da due caratteri; il primo rappresenta il potenziale di rischio, il secondo la classe della velocità di emissione dell'inquinante.(ad. es. **A-2** )

**Tabella 3 - DETERMINAZIONE DELLA CLASSE DELLA VELOCITÀ DI EMISSIONE DI GAS, VAPORI O NEBBIE.**

<b>CLASSE DELLA VELOCITA' DI EMISSIONE</b>	<b>Temperatura in caso di soluzione acquosa (°C)</b>	<b>Temperatura sotto al punto di ebollizione (°C)</b>	<b>Evaporazione Relativa rispetto all'etere etilico) *</b>	<b>Volatilità del contaminante * *</b>
1	> 90	0 - 10	Veloce	Alta
2	65 - 90	11 - 25	Media	Media
3	35 - 64	26 - 50	Bassa	Bassa
4	< 35	> 50	Trascurabile	Trascurabile

\* in relazione all'indice di evaporazione relativa rispetto all'etere etilico: al di sotto di 5: veloce; tra 5 e 15: medio; tra 15 e 75: lento; oltre 75: trascurabile (V. Appendice A della Bibliografia 2).

\*\* la velocità di emissione dipende dalla velocità della reazione chimica o elettrochimica e di conseguenza è funzione del materiale trattato e della soluzione usata nel bagno e tende ad aumentare con:

- 1) quantità di materiale da trattare nel bagno
- 2) concentrazione della soluzione nel bagno
- 3) temperatura della soluzione nel bagno
- 4) intensità di corrente applicata al materiale nel bagno elettrochimico.

*In alternativa all'impiego delle tabelle 2 e 3 si può ottenere il parametro alfa-numerico caratteristico del bagno utilizzando direttamente la tabella 4 che è stata realizzata per alcuni processi tipici. (Per alcune altre lavorazioni tipiche è possibile determinare direttamente la classe del potenziale di rischio e la velocità di emissione (v. bibliografia 2).)*

**Tabella 4 - DETERMINAZIONE DEL POTENZIALE DI RISCHIO E DELLA CLASSE DELLA VELOCITA' DI EMISSIONE PER PROCESSI TIPICI E VELOCITA' DI CATTURA CONSIGLIATA PER AMBIENTI IN QUIETE.**

OPERAZIONE	INQUINANTE	RISCHIO	EMISSIONE DELLO INQUINANTE	VELOCITA' DI CATTURA *
Ossidazione anodica alluminio	acidi solforico + cromico	A	1	0.75
Brillantaggio alluminio	acidi nitrico + solforico	A	1	0.75
Brillantaggio alluminio	acidi nitrico + fosforico	A	1	0.75
Elettrodeposizione galvanica cromo	acido cromico	A	1	0.75
Deposizione superficiale rame	nebbie di cianuri	C	2	0.38
Lavaggio a caldo dei metalli	nebbie di alcali	C	1	0.50
Acqua calda non bollente (se si desidera aspirare)	vapore acqueo	D	2	0.25 *
Acqua calda bollente	vapore acqueo	D	1	0.38 *
Purificazione elettrolitica del rame	nebbie di alcali e cianuri	C	2	0.38
Purificazione elettrolitica del nichel	ossido d'azoto gassoso	A	1	0.75
Decapaggio acido metalli	acido solforico	B	1	0.50
Decapaggio acido metalli	acido cloridrico	A	2	0.75
Soluzione salina (Bonderizing & Parkerizing)				
Bollente	vapore acqueo	D	1	0.38 *
Non bollente	vapore acqueo	D	2	0.25 *
Bagni salini (Molten)	nebbie di alcali	C	1	0.50
* Quando si vuole avere il completo controllo sul vapore acqueo progettare usando i parametri della classe immediatamente superiore.				

#### 4.3. Scelta del tipo di cappa (v. schede n. 1.1 e 1.2)

Le cappe normalmente utilizzabili hanno varie conformazioni, ma la scelta della specifica cappa va effettuata considerando il ciclo tecnologico e le caratteristiche della vasca.

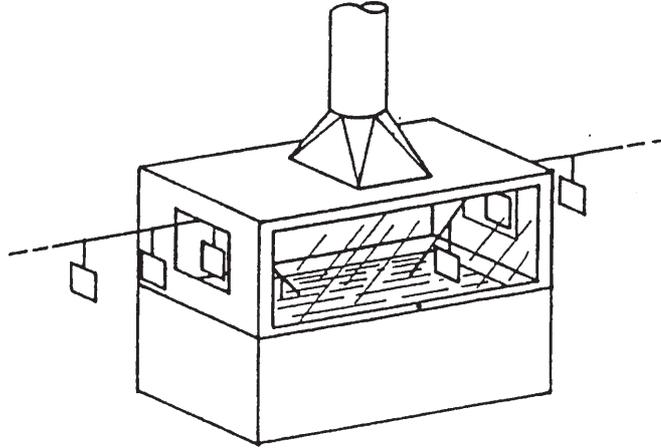
Nell'effettuazione della scelta, a parità di condizioni di tutela del lavoratore, è preferibile scegliere il tipo di cappa che consente il maggior risparmio energetico (minor portata d'aria).

Per una scelta più appropriata della cappa da utilizzare si consiglia di leggere attentamente i criteri e i suggerimenti riportati nelle schede relative.

Se la scelta risultasse indifferente, l'ordine da preferire (per un maggior risparmio energetico) è il seguente:

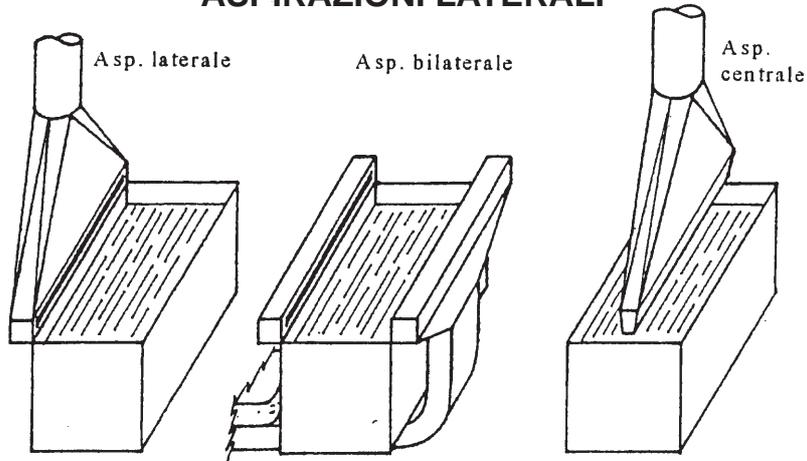
- 1) cappa avvolgente, chiusa o cabinata;
- 2) cappa con aspirazione laterale sui due lati o con aspirazione centrale;
- 3) cappa con aspirazione laterale su un solo lato o con aspirazione frontale;
- 4) cappa a baldacchino.

## CAPPA AVVOLGENTE (Cabina)



- Consente la minima portata.
- Racchiude la sorgente meglio di tutte le altre.
- E' conveniente realizzare le aperture per ingresso e uscita pezzi, più piccole possibili.
- Piccoli tunnel, all'ingresso ed all'uscita, diminuiscono le turbolenze aumentando l'efficacia.
- E' possibile realizzare delle vetrate per seguire il processo; le vetrate possono essere apribili per effettuare manutenzione o per ritirare campioni dal bagno.

## ASPIRAZIONI LATERALI



- Sono preferibili le cappe con due aspirazioni laterali o con l'aspirazione centrale perché riducono la portata.
- E' meglio utilizzare vasche con basso rapporto W/L ( Larghezza / Lunghezza ) per ridurre la portata.
- Considerare che ogni fessura aspirante è efficace solo fino a 0,6 m di distanza.
- Per vasche di larghezza > 1,20 m non sono utilizzabili ; in tali casi utilizzare sistemi "push-pull" (bibliogr.2).
- E' necessario dimensionare correttamente le fessure e il plenum per ottenere velocità di captazione omogenee lungo la vasca.

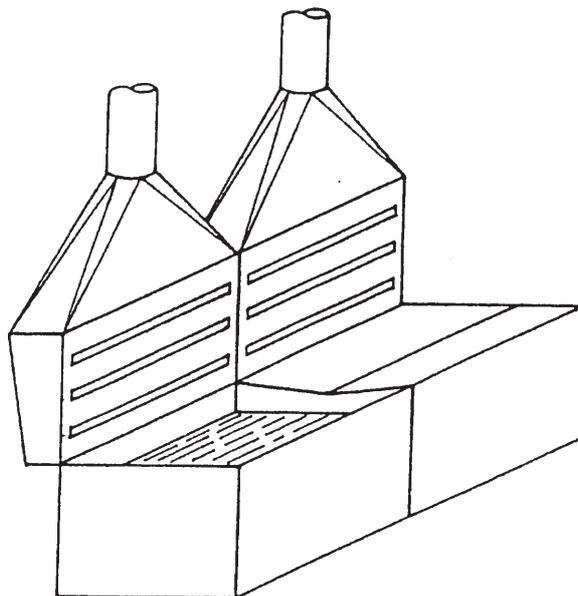
Regione Emilia-Romagna

CRITERI PER LA SCELTA DEL TIPO DI CAPPA

Impianti Ventilazione  
Galvaniche

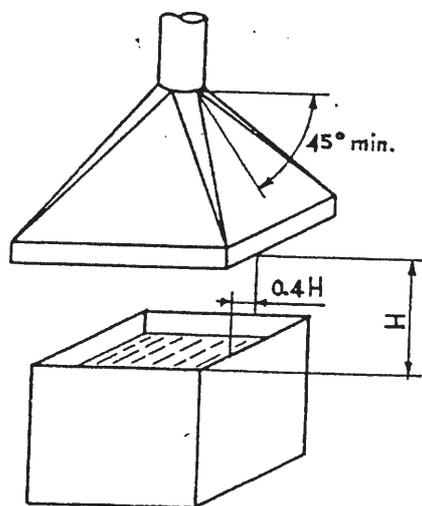
Scheda 1.1

## ASPIRAZIONE FRONTALE



- La larghezza ( $W$ ) deve essere inferiore a 0,6 m.
- E' consigliabile per bagni in cui i pezzi devono sgocciolare sulla vasca.
- Per un miglior risultato racchiudere la zona di sgocciolamento con un tunnel di essiccazione.
- Velocità consigliata in fessura 10 m/s.

## CAPPA BALDACCHINO



- Non utilizzabile per prodotti con potenziali di rischio A.
- E' accettabile solo quando i lavoratori non devono operare sulle vasche.

Regione Emilia-Romagna	
CRITERI PER LA SCELTA DEL TIPO DI CAPPA	
Impianti Ventilazione Galvaniche	Scheda 1.2

#### 4.4. Determinazione della velocità di cattura necessaria (v. tabella 5).

Utilizzando la tabella 5 con l'indice alfa-numericò a due caratteri precedentemente identificato e con il tipo di cappa scelto al punto precedente, si ottiene la velocità di cattura raccomandata.

**Tab 5 - VELOCITA' DI CATTURA CONSIGLIATA PER AMBIENTI IN QUIETE (m/s).**

INDICE ALFA-NUMERICO (v. tab. 2, 3 o 4)	CAPPA AVVOLGENTE CABINA		ASPIRAZIONI LATERALI O FRONTALE	CAPPA A BALDACCHINO	
	1 apertura	2 aperture		2 - 3 lati aperti	4 alti aperti
A-1 e A-2 (nota 1)	0.50	0.75	0.75	non usare	non usare
A-3 (nota 1), B-1, B-2 e C-1	0.38	0.50	0.50	0.63	0.88
A-4 (nota 1), B-3, C-2 e D-1 (nota 2)	0.33	0.46	0.38	0.50	0.75
C3 e D-2 (nota 2)	0.25	0.38	0.25	0.38	0.63

Con gli indici B-4, C-4, D-3 (nota 2) e D-4 è possibile prevedere solo una adeguata ventilazione generale dove il termine "adeguata" sta per una ventilazione con una portata di almeno  $Q \geq 900$  . Superf. libera della vasca (m<sup>3</sup>/h).  
NOTA:  
1) Non usare la cappa a baldacchino per i processi con potenziale di rischio A.  
2) Quando si vuole ottenere il completo controllo sull'acqua calda progettare come per la classe immediatamente superiore

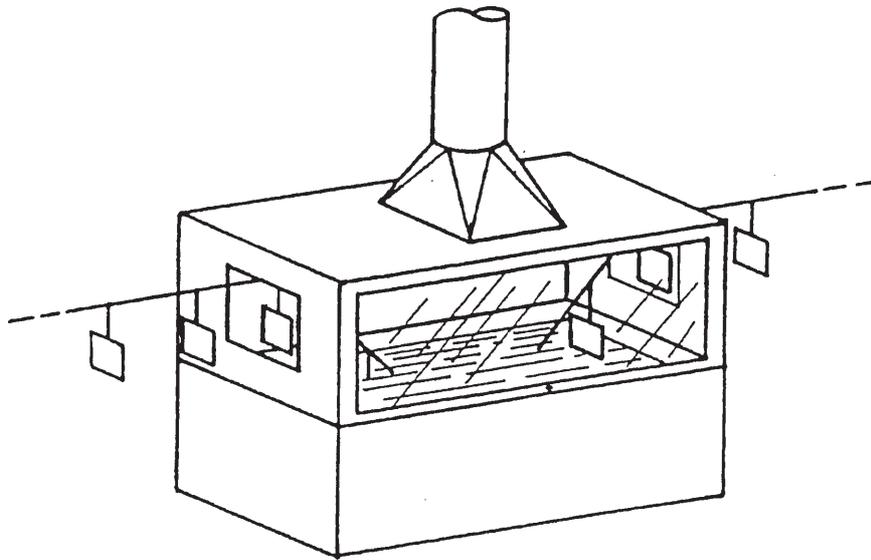
#### 4.5. Calcolo della portata necessaria.

Avendo determinato la velocità di cattura consigliata al punto precedente, e conoscendo il tipo di cappa scelta e le dimensioni della vasca, si può procedere al calcolo della portata necessaria utilizzando le seguenti schede:

Per cappe avvolgenti (cabina) usare la Scheda n. 2.

Per: cappe con aspirazione laterale, frontale o centrale usare la Scheda n. 3 e Grafici 1 a 4.

Per cappe a baldacchino usare Scheda n. 4



Cabina

$$Q = 3600 * Vc * S \quad \text{m}^3/\text{h}$$

dove

Q = portata complessiva necessaria  $\text{m}^3/\text{h}$

Vc = velocità determinata in tabella 5  $\text{m}/\text{s}$

S = superficie complessiva delle aperture libere  $\text{m}^2$

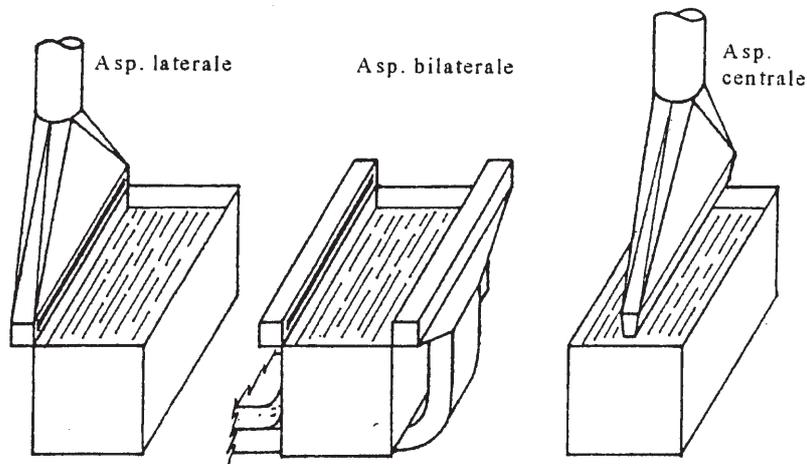
Perd. carico =  $0.25 * Pd_{\text{condotto}}$  Pa

La velocità media nella sezione di ingresso deve essere  $\geq a Vc$

La velocità in ogni punto della sezione di ingresso deve essere  $\geq 0,6 * Vc$

La velocità nel condotto da 10 a 15  $\text{m}/\text{s}$

Regione Emilia-Romagna	
CAPPA AVVOLGENTE - CABINA	
Impianti Ventilazione Galvaniche	Scheda 2



Nel Grafico usare: **W/L**

**W/2L**

**W/2L**

Utilizzando i grafici numerati da 1 a 4, noto il rapporto larghezza/lunghezza (W/L o W/2L), si ottiene in ascissa la portata specifica consigliata Q' in m<sup>3</sup>/s.m<sup>2</sup>. Moltiplicando la portata specifica ottenuta per la superficie della vasca si ottiene la portata del bagno:

$$Q = Q' * L * W * 3600 \quad \text{m}^3/\text{h}$$

dove

Q = portata complessiva necessaria m<sup>3</sup>/h

Q' = portata specifica (da grafico) m<sup>3</sup>/s.m<sup>2</sup>

L = lunghezza vasca m

W = larghezza vasca m

Perd. carico =  $1,78 * Pd_{\text{fessura}} + 0,25 * Pd_{\text{condotto}}$  Pa

Velocità nel condotto: da 10 a 15 m/s

Per dimensionare il plenum usare la Scheda 3.2

Regione Emilia-Romagna	
CAPPA CON ASPIRAZIONE LATERALE SU UNO O DUE LATI O CON ASPIRAZIONE CENTRALE	
Impianti Ventilazione Galvaniche	Scheda 3.1

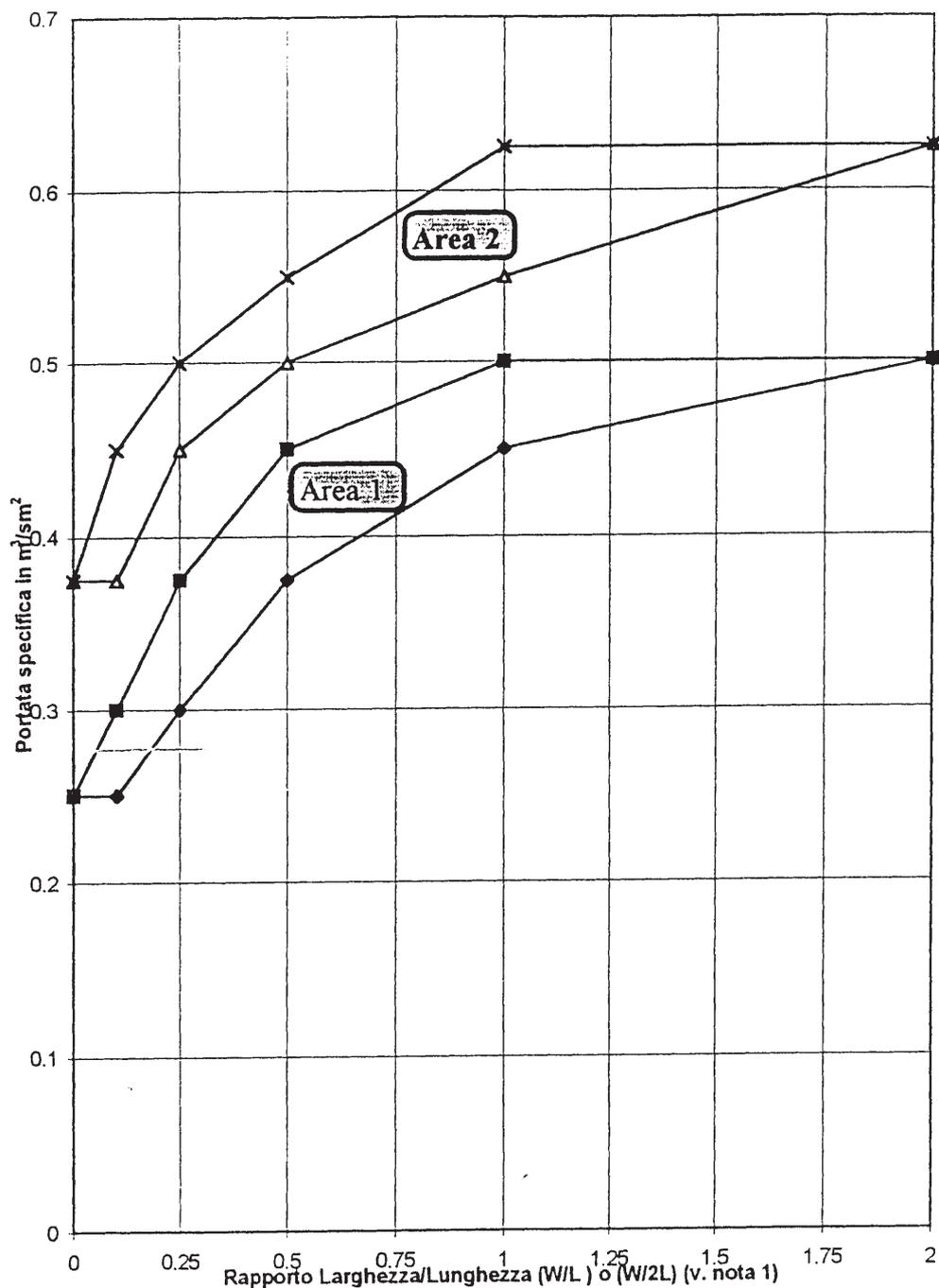
## DIMENSIONAMENTO DEL PLENUM E RACCOMANDAZIONI.

- A. Velocità nel condotto: qualsiasi (per motivi economici si consiglia da 10 a 15 m/s).
- B. Velocità nella fessura: = 5 - 10 m/s
- C. Velocità massima nel plenum = 1/2 della velocità nella fessura. Quando motivi di ingombro lo impediscono è accettabile, pur non ottenendo una velocità uniforme lungo la fessura, una velocità nel plenum pari a quella nella fessura.
- D. La larghezza del plenum deve essere almeno 2 volte l'altezza della fessura.
- E. Se  $L > 1,80$  m è preferibile utilizzare più plenum con uscite dell'aria aspirata separate. Se  $L > 3$  m è NECESSARIO utilizzare più plenum con uscite dell'aria aspirata separate.
- F. Per larghezza  $W$  della vasca si intende l'effettiva larghezza su cui la cappa deve aspirare l'aria e può essere maggiore o minore della larghezza reale della vasca.
- G. Il livello del liquido nella vasca deve essere almeno 15 cm al di sotto del bordo superiore della vasca.
- H. Sono da preferirsi i tipi di cappe nei quali il plenum agisce come impedimento alle correnti d'aria presenti in ambiente.
- I. Quando è possibile, prevedere la chiusura completa del bagno con un coperchio mobile.
- L. Equipaggiare il condotto con un tubo di drenaggio e di scolo di facile pulizia e, se necessario, con rivestimento resistente alla corrosione.
- M. Installare deflettori per ridurre le correnti d'aria. Se questo è impossibile aumentare la velocità di cattura. Il deflettore è una lamina alta come la metà della larghezza ( $W/2$ ) del bagno. Se la cappa è posizionata adiacente al muro o vicino ad esso, questo funziona come un perfetto deflettore.

Regione Emilia-Romagna	
CAPPA CON ASPIRAZIONE LATERALE SU UNO O DUE LATI O CON ASPIRAZIONE CENTRALE	
Impianti Ventilazione Galvaniche	Scheda 3.2

Graf. 1 PORTATA SPECIFICA NECESSARIA in relazione al rapporto W/L della vasca.

Per garantire una VELOCITÀ DI CATTURA DI 0.25 m/s.



**Nota 1** Quando la vasca è dotata di aspirazione bilaterale o lungo la linea centrale (v. Scheda 3.1) usare W/2L

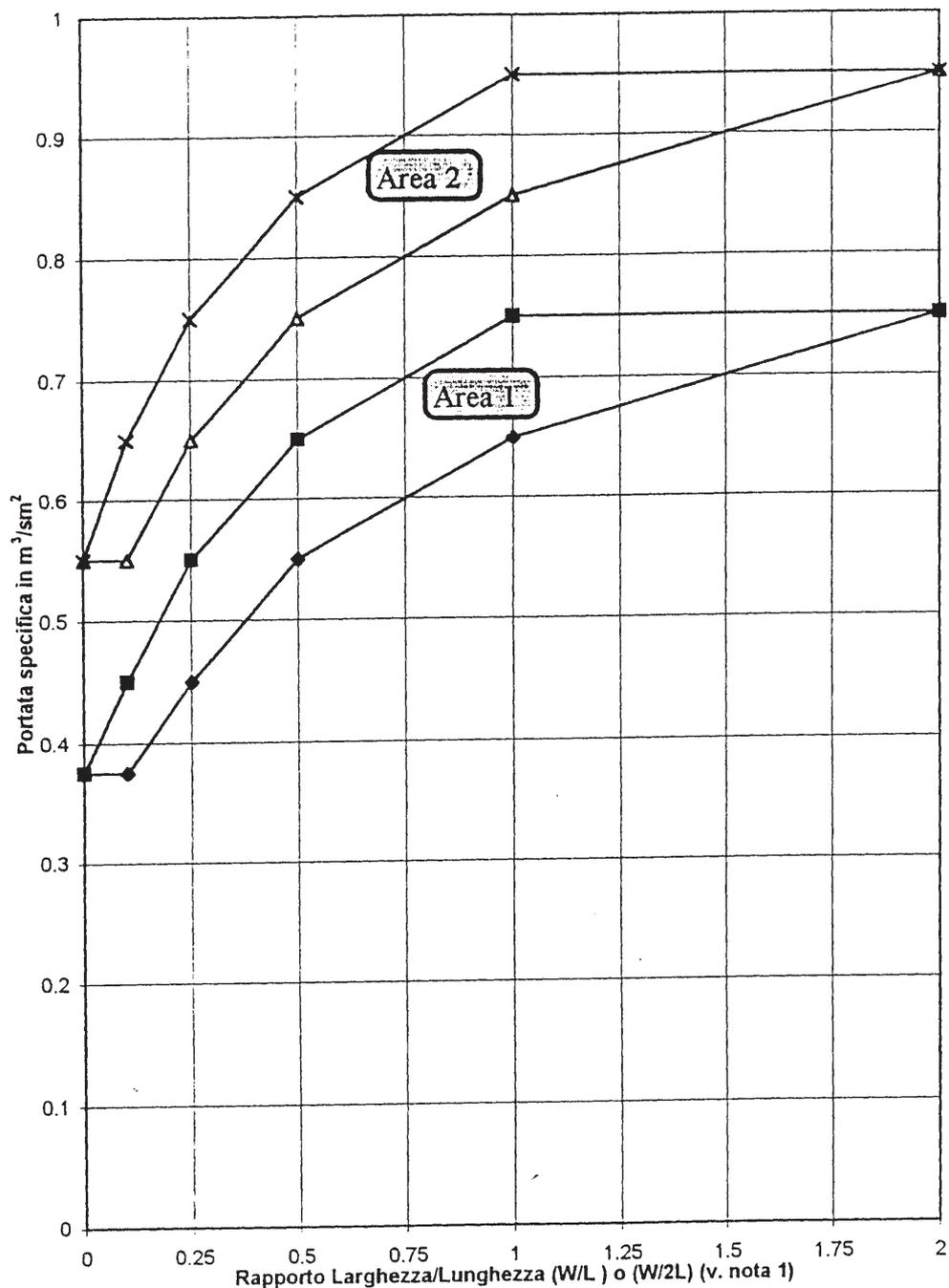
**AREA 1:** Utilizzare per vasca adiacente ad un muro o con schermi o per più vasche contigue.

**AREA 2:** Utilizzare per vasca al centro del locale o senza schermi.

In ciascuna area utilizzare la curva superiore o quella inferiore in relazione alla maggiore o minore protezione voluta.

Graf. 2 PORTATA SPECIFICA NECESSARIA in relazione al rapporto W/L della vasca.

Per garantire una VELOCITÀ DI CATTURA DI 0.375 m/s.



**Nota 1** Quando la vasca è dotata di aspirazione bilaterale o lungo la linea centrale (v. Scheda 3.1) usare W/2L

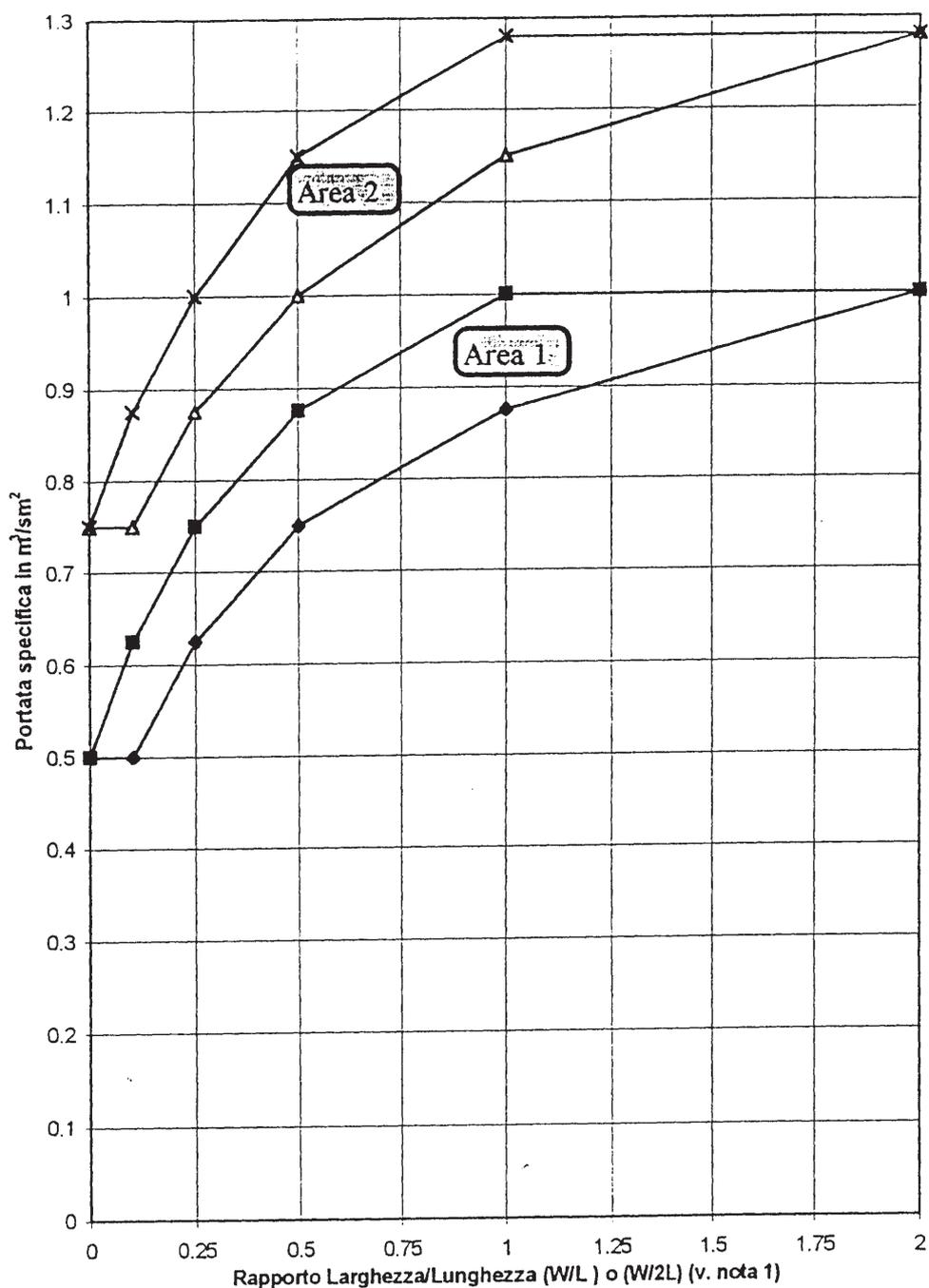
**AREA 1:** Utilizzare per vasca adiacente ad un muro o con schermi o per più vasche contigue.

**AREA 2:** Utilizzare per vasca al centro del locale o senza schermi.

In ciascuna area utilizzare la curva superiore o quella inferiore in relazione alla maggiore o minore protezione voluta.

Graf. 3 PORTATA SPECIFICA NECESSARIA in relazione al rapporto W/L della vasca.

Per garantire una VELOCITÀ DI CATTURA DI 0.50 m/s.



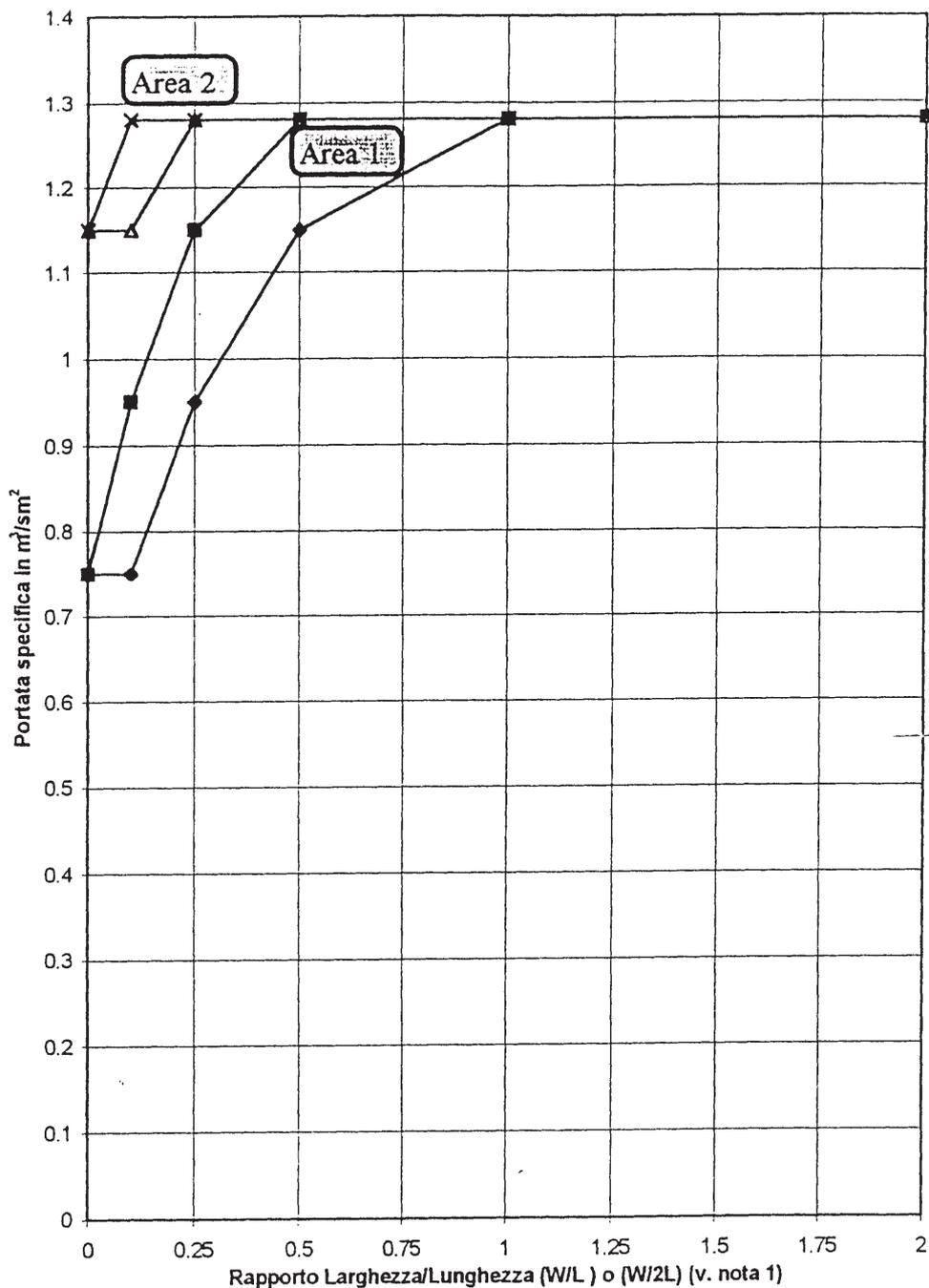
**Nota 1** Quando la vasca è dotata di aspirazione bilaterale o lungo la linea centrale (v. Scheda 3.1) usare W/2L

**AREA 1:** Utilizzare per vasca adiacente ad un muro o con schermi o per più vasche contigue.

**AREA 2:** Utilizzare per vasca al centro del locale o senza schermi.

In ciascuna area utilizzare la curva superiore o quella inferiore in relazione alla maggiore o minore protezione voluta.

**Graf. 4 PORTATA SPECIFICA NECESSARIA in relazione al rapporto W/L della vasca.**  
**Per garantire una VELOCITÀ DI CATTURA DI 0.75 m/s.**

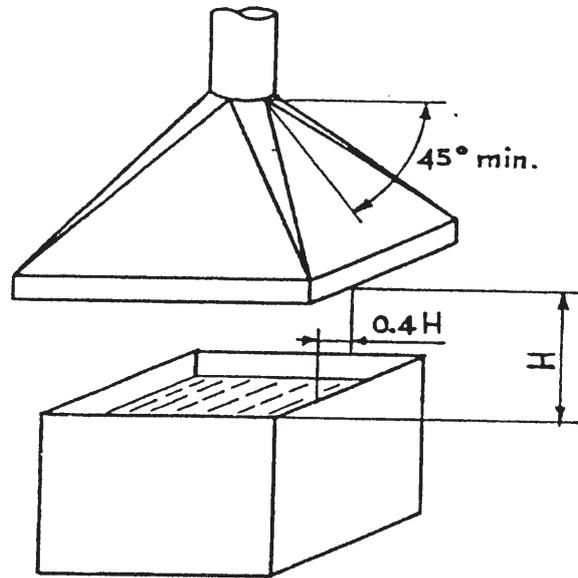


**Nota 1** Quando la vasca è dotata di aspirazione bilaterale o lungo la linea centrale (v. Scheda 3.1) usare W/2L

**AREA 1:** Utilizzare per vasca adiacente ad un muro o con schermi o per più vasche contigue.

**AREA 2:** Utilizzare per vasca al centro del locale o senza schermi.

In ciascuna area utilizzare la curva superiore o quella inferiore in relazione alla maggiore o minore protezione voluta.



$$Q = Vc * H * 1,4 * P * 3600 \quad \text{m}^3/\text{h}$$

dove

Q = portata complessiva necessaria  $\text{m}^3/\text{h}$

Vc = velocità determinata in tabella 5  $\text{m}/\text{s}$

H = distanza dal bordo vasca  
alla superficie di ingresso della cappa  $\text{m}$

P = perimetro libero della vasca  $\text{m}$

Perd. carico =  $0,25 * Pd_{\text{condotto}}$   $\text{Pa}$

Velocità nel condotto: da 10 a 15  $\text{m}/\text{s}$ .

Regione Emilia-Romagna	
CAPPA BALDACCHINO	
Impianti Ventilazione Galvaniche	Scheda 4

## ESEMPIO DI PROBLEMA.

### a) Dati.

Produzione di pezzi cromati mediante bagno di cromatura.  
Dimensioni del bagno:  $L = 1.80 \text{ m}$  ;  $W = 0.60 \text{ m}$   
Temperatura del bagno:  $T = 93 \text{ }^\circ \text{C}$ .  
Bagno in posizione centrale (lontano dal muro)  
Assenza di correnti d'aria trasversali.

### b) Determinazione del potenziale del rischio e classe di velocità di emissione.

Componenti: acido cromico  
TLV-TWA =  **$0.05 \text{ mg/m}^3$**  **A1 carcinogeno riconosciuto per l'uomo** (da tab. 1)  
Potenziale di rischio: **A** (da tab. 2).  
Punto di infiammabilità: non infiammabile.  
Classe della velocità di emissione: **1** (da tab. 3).  
Indice complessivo di caratterizzazione del bagno: **A-1**

### c) Scelta della cappa (v. scheda 1.1 e 1.2).

Si adotta una cappa con aspirazione bilaterale sui due lati maggiori non è stato possibile adottare una cabina come da Scheda 1.1 in quanto i pezzi vengono movimentati con carroponete  
Questa lavorazione deve essere comunque isolata.

### d) Determinazione della velocità di cattura necessaria.

Velocità di cattura:  $0.75 \text{ m/s}$  (da tab. 5).

### e) Determinazione della portata necessaria.

Calcolando il rapporto  $W/2L = 0.17$  (aspirazione sui due lati) e considerando la vasca in centro al locale risulta:

Portata specifica di aspirazione:  $Q' = 1.27 \text{ m}^3/\text{sm}^2$  (da grafico n. 4)

Portata complessiva necessaria:  
 $Q = Q' \cdot W \cdot L = 1.27 \text{ m}^3/\text{sm}^2 \cdot 0.60 \text{ m} \cdot 1.80 \text{ m} = 1.37 \text{ m}^3/\text{s} = 4950 \text{ m}^3/\text{h}$

### f) Dimensionamento della cappa e del plenum.

Si adotta una velocità nella fessura:  $V_f = 10 \text{ m/s}$   
Area della fessura:  $A = Q/2V_f = 1.37/(2 \cdot 10) = 0.069 \text{ m}^2$

Altezza della fessura:  $h_f = A/L = 0.069/1.80 = 0.038 \text{ m}$

Larghezza del plenum:  $b > 2 \cdot h_f = 2 \cdot 38 = 76 \text{ mm}$   
Si adotta  $b = 200 \text{ mm}$ .

Adottando una velocità nel plenum pari alla metà della velocità nella fessura  $V_f$  :

Superficie trasversale del plenum:  $S_p = a * b = (Q/2) * (2/V_f) = 0.137 \text{ m}^2$

Altezza del plenum:  $a = S_p/b = 0.137/0.2 = 0.69 \text{ m}$

**g) Dimensionamento condotto che raccoglie l'aria dai due plenum.**

Si adotta una velocità nel condotto:  $V_C = 15 \text{ m/s}$ .

Sezione del condotto:  $S_C = Q/V_C = 1.37/15 = 0.091 \text{ m}^2$

Viene scelto un condotto con diametro di 350 mm con una sezione di  $0.096 \text{ m}^2$ .

Velocità reale nel condotto:  $V_C = Q/S_C = 14.25 \text{ m/s}$ .

**h) Perdita di carico nella cappa.**

$Pd_{\text{fessura}} = 1.226 * 10^2/2 = 61.3 \text{ Pa}$ .

$Pd_{\text{condotto}} = 1.226 * 14.25^2/2 = 125.4 \text{ Pa}$ .

Perdite di carico nella cappa:  $= 1.78 * Pd_{\text{fessura}} + 0.25 * Pd_{\text{condotto}}$   
 $= 1.78 * 61.3 + 0.25 * 125.4$   
 $= 140 \text{ Pa}$

## BIBLIOGRAFIA

- 1) ACGIH - “VALORI LIMITE DI SOGLIA. INDICI BIOLOGICI DI ESPOSIZIONE 2004” in Supplemento al Giornale degli Igienisti Industriali - Vol. 30 - n. 1 - Gennaio 2005.
- 2) ACGIH - “INDUSTRIAL VENTILATION - A manual of recommended practice” XX ed. - 1988.
- 3) Cahiers de notes documentaires - n. 106 - 1° Trimestre 1982 - ND 1361-106-82.