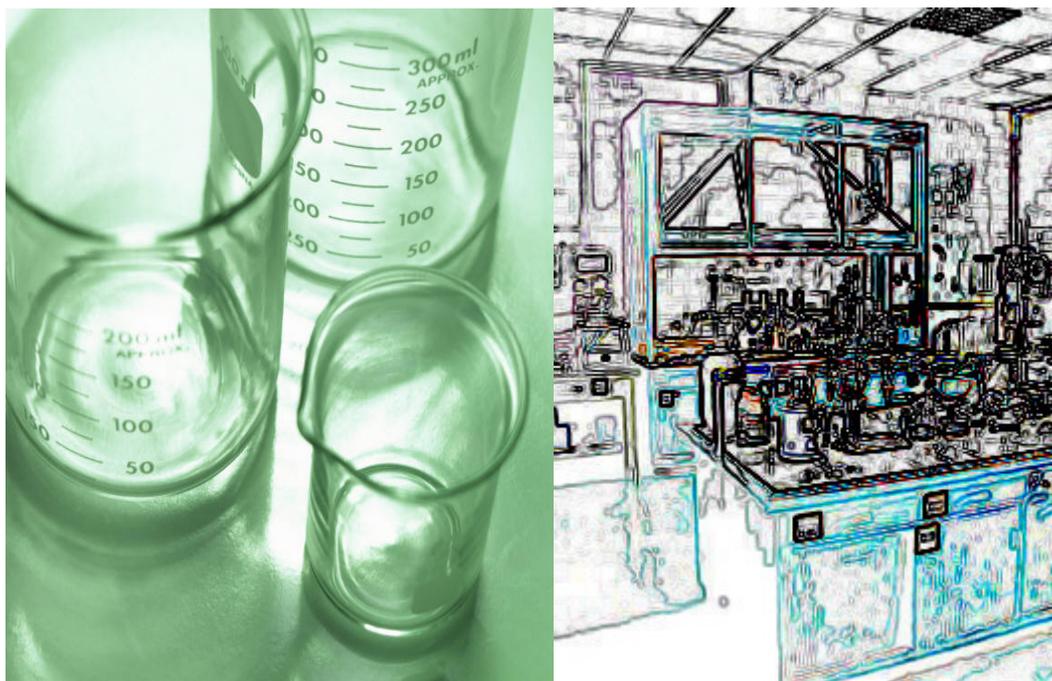


## Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia



PASSA

-----  
**Documento d'inquadramento per le cappe chimiche nei  
Dipartimenti Provinciali dell'ARPA Lombardia.**

=====  
**Misurazione della portata, rumorosità e lay-out  
impiantistico degli impianti di aspirazione**

## 1) INDIVIDUAZIONE DELLE CONDIZIONI OPERATIVE IN CUI EFFETTUARE LE VERIFICHE

Al fine della riproducibilità delle attività di effettuazione dei test (anche per riscontri su successivi test) si rende necessario che le prove siano effettuate con criteri stabili.

In particolare per l'effettuazione dello smoke test e della rilevazione della velocità frontale occorre che i test non siano influenzati da condizioni esterne del locale in cui è installata la cappa, per cui si dovrà verificare che ci sia una adeguata reimmissione della quantità di aria espulsa dalla cappa: o naturalmente attraverso le porte di accesso al locale, o da impianto di condizionamento.

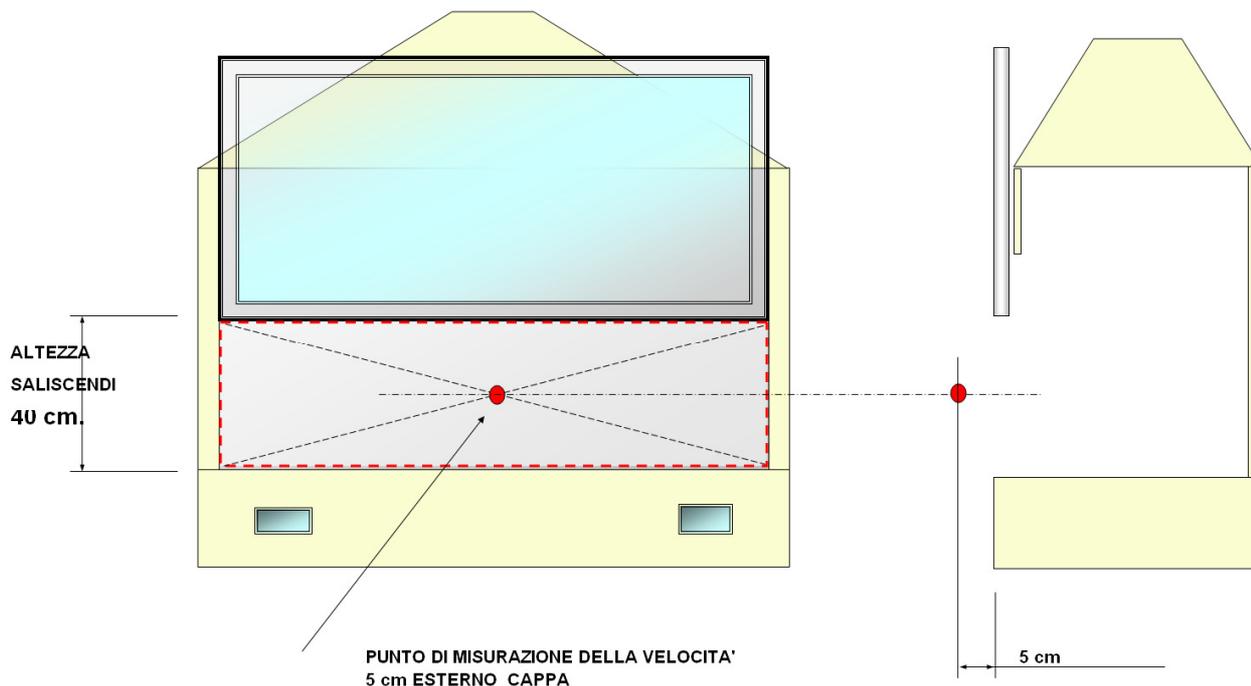
Per tale verifica si dovrà controllare che tutte le finestre siano chiuse. Normalmente basta verificare preliminarmente che la velocità sul fronte cappa non presenti significative variazioni (superiori al +/- 10%) per individuare eventuali scompensi conseguenti l'apertura o la chiusura degli accessi.

Nel caso si verificano scostamenti significativi nella velocità durante il test gli accessi dovranno essere tenuti aperti.

Nel caso che si manifesti la necessità di garantire la reimmissione mantenendo gli accessi aperti, tali condizioni dovranno essere riportate sul foglio di certificazione della cappa e dovranno essere assunte dal Responsabile del laboratorio come condizione operativa necessaria al buon funzionamento della cappa stessa, al fine del corretto funzionamento della cappa e della conseguente mantenimento della classe operativa.

La misurazione della velocità dovrà essere effettuata al centro della cappa, secondo lo schema sotto indicato, ed una distanza dal saliscendi (fronte cappa) di 5 cm all'esterno della cappa stessa.

Il vetro del saliscendi dovrà essere posizionato ad un'altezza di 40 cm. dal piano cappa.



### 1.1) Cappe con aspirazione singola e centralizzata

Unitamente alla velocità rilevata sul fronte cappa, è necessario effettuare anche una rilevazione della portata in un tratto idoneo (vedi successivi capitoli) il più possibile vicino al punto di espulsione.

Nel caso siano presenti più cappe collegate ad un unico sistema spirante, risulta necessario predisporre tutto il sistema alla misurazione sia della portata totale, sia delle singole velocità  $V_m$ .

Non essendoci una regola unificata per effettuare tali misurazioni e che consenta nel tempo la ripetibilità, si stabilisce quindi che tutte le cappe asservite ad un unico impianto abbiano il saliscendi posizionato a 40 cm. di altezza per l'effettuazione delle misurazioni.

Si ritiene che tale modalità operativa, sia una "media" delle possibili condizioni di funzionamento, in quanto ogni singola portata  $V_m$ , è influenzata dall'apertura/chiusura delle altre cappe.

Nella scheda di rilevazione delle caratteristiche operative della cappa dovrà essere evidenziato se la cappa è asservita ad un impianto centralizzato.

Successivamente alle rilevazioni di tutte le velocità e relative portate (singole e totale), sarà necessario il confronto di tali dati al fine dell'accertamento dell'effettiva capacità del sistema aspirante di garantire la "robustezza" del sistema con le modalità di seguito descritte.

## 2) MODALITA' DI EFFETTUAZIONE DELLO SMOKE TEST.

Lo smoke test verrà effettuato utilizzando adeguato fumogeno tracciante (ghiaccio secco o macchina produttrice di fumo).

La prova, di tipo visivo, dovrà essere effettuata al fine di verificare la completa e totale aspirazione e/o contenimento del tracciante, con saliscendi posizionato a 40 cm. dal piano di lavoro della cappa,

agendo sia esternamente che internamente, senza nessun ritorno verso l'ambiente di lavoro (esterno cappa).

Dovranno essere monitorati:

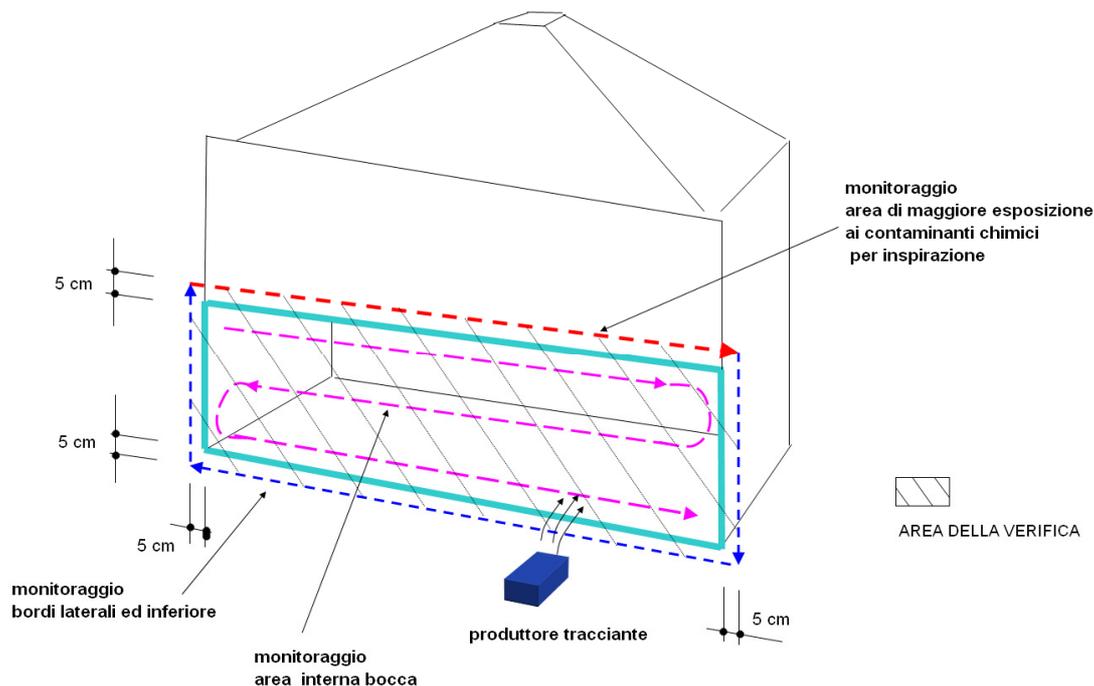
- a) i bordi esterni
- b) l'area frontale
- c) l'interno cappa (muovendo e/o posizionando il produttore di fumogeno sul piano di lavoro).

Particolare cura dovrà essere prestata nella verifica delle condizioni di aspirazione sui bordi della cappa, con particolare riferimento all'area appena sopra il bordo inferiore del saliscendi (presenza del volto del personale).

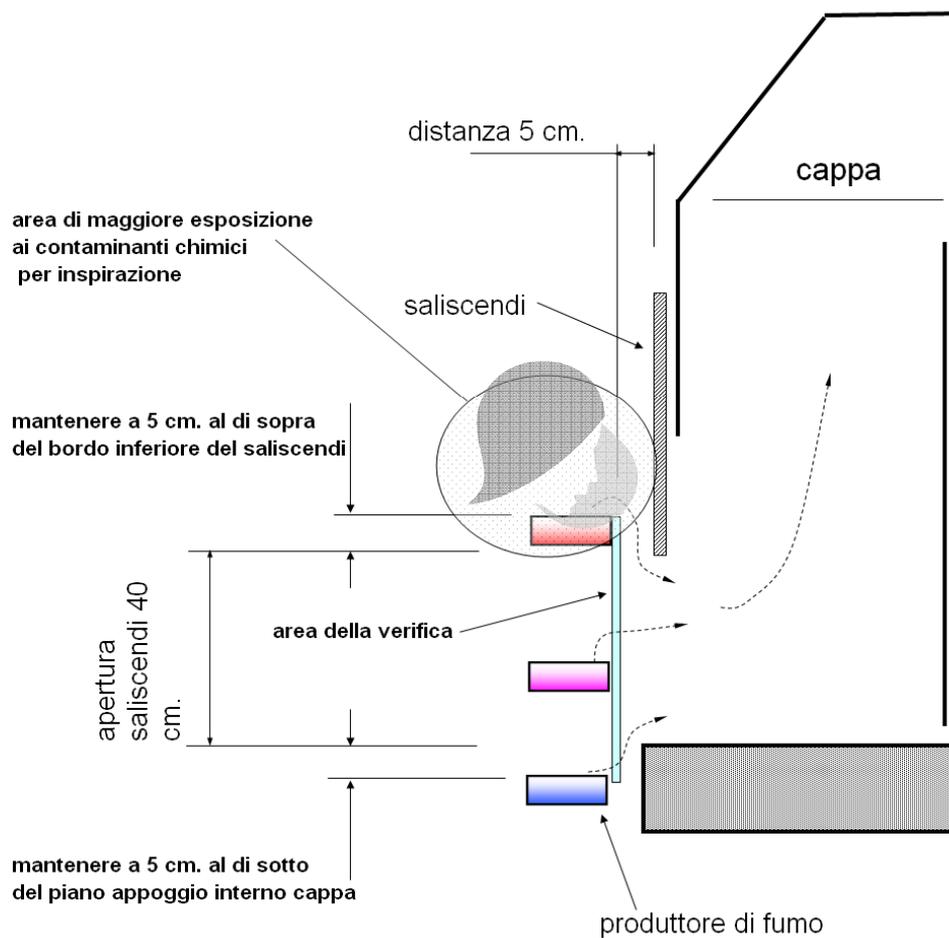
Il sistema produttore di fumo dovrà essere spostato con bassa ed uniforme velocità lungo tutto il perimetro dell'imbocco cappa, mantenendo l'emissione del tracciante all'esterno della bocca di aspirazione, su un'area planare verticale distante 5 cm. dal fronte cappa e che si estende lateralmente sempre per 5 cm.

L'azione del personale addetto all'operazione del test, non dovrà influire in maniera determinante sull'esecuzione della prova.

Nel caso si manifestassero rigurgiti di tracciante occorrerà insistere con un'ulteriore verifica delle anomalie riscontrate, che in caso di ulteriore aspetto negativo dovranno essere documentate possibilmente mediante filmato.



## MODALITA' DI EFFETTUAZIONE VERIFICA SMOKE TEST



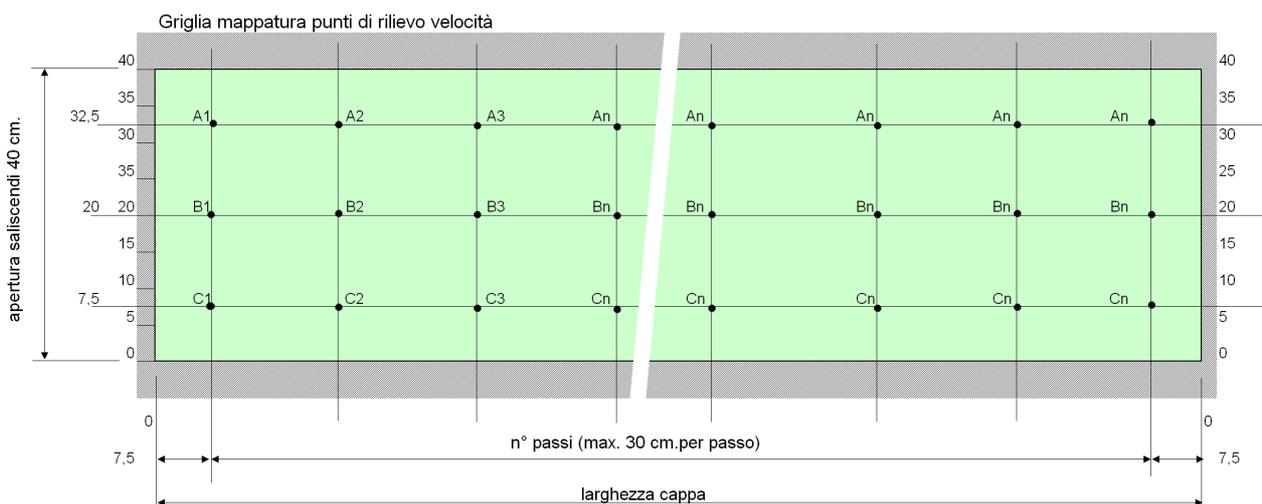
### 3) MODALITA' DI RILEVAZIONE DELLE VELOCITA' PUNTUALI E DETERMINAZIONE DELLA VELOCITA' MEDIA

Per una migliore gestione del controllo dell'efficienza delle cappe e della conseguente manutenzione, si è reso necessario uniformare il processo di rilevazione delle portate e in generale della procedura di monitoraggio del funzionamento delle stesse, anche al fine di poter ripetere in modo costante nel tempo i rilievi per un confronto dei dati di funzionamento.

Si è conseguentemente individuato una metodologia per l'individuazione della griglia di misurazione che trova come guida le norme British Standard BS7258 part. 1 e 3. Queste norme anche se superate dalla recente norma Europea (applicabile comunque solo per cappe di nuova installazione), permettono di avere un preciso riferimento per l'effettuazione dei test, in considerazione anche del fatto che tale metodologia si può applicare alle cappe di cui attualmente nella grande maggioranza dispone ARPA.

Per ognuno dei singoli punti di misurazione, il rilevamento sarà effettuato mediante anemometro a filo caldo le cui caratteristiche di precisione siano conformi a quanto descritto al punto 6.3.2.1 della norma UNI EN 14175.4.

Ogni misura dovrà avere una durata minima di 30 secondi, evitando l'interferenza di cause esterne nella lettura. Il valore di velocità calcolato automaticamente dall'apparecchiatura dovrà essere il valore medio della rilevazione effettuata in continuo.



larghezza cappa in cm.	n.° passi	n° punti rilevaz.	passo min in cm.	passo max. in cm.	n° punti totali rilevazione	n° punti totali area critica	n° punti totali area normale
< 70	2	3	--	27,5	9	7	2
>70 <100	3	4	18,3	28,3	12	8	4
>100 <130	4	5	21,3	28,8	15	9	6
>130 <160	5	6	23,0	29,0	18	10	8
>160 <190	6	7	24,2	29,2	21	11	10
>190 <220	7	8	25,0	29,3	24	12	12
>220 <250	8	9	25,6	29,4	27	13	14

Nella precedente figura viene individuata la griglia dei punti di misura (A1,A2,A3,B1,B2,B3, ecc.) da adottare per la rilevazione della velocità media Vm. Vengono riportate, riferite a varie misure di larghezza della cappa, la quantità delle misurazioni da effettuare.

La velocità media della cappa sarà calcolata con la seguente formula:

$$V_m = \frac{A_1+B_1+C_1+A_2+B_2+C_2+ A_n...+B_n...+C_n..}{\text{Totale punti di misura}}$$

**SCHEDA DI VERIFICA CONDIZIONI OPERATIVE CAPPE**

CAPPA  cod. inventario

DIPARTIMENTO

UBICAZIONE

VERIFICA CONDIZIONI OPERATIVE

IMPIANTO ASPIRAZIONE SINGOLO

CENTRALIZZATO

SMOK TEST

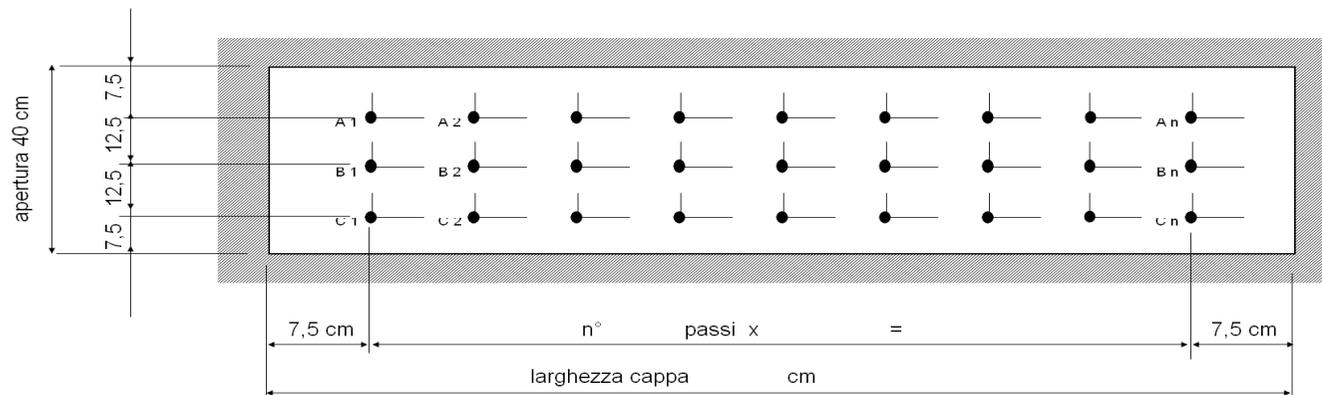
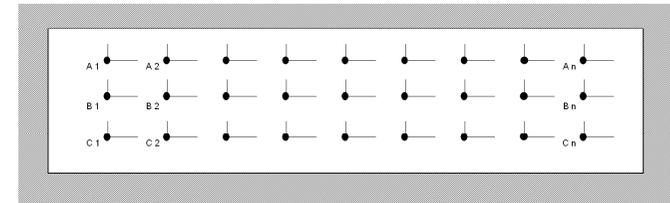
TIPOLOGIA TRACCIANTE: \_\_\_\_\_

ESITO: SUPERATO

NON SUPERATO

note: \_\_\_\_\_

NOTE: nel caso siano rilevate anomalie nella fase di verifica dello smoke test anche dovute per presenza di strumentazione sotto cappa, evidenziare tali aree nella sottostante area.



larghezza cappa in cm	n.° punti totali rilevazione
<70	9
>70 < 100	12
>100 < 130	15
>130 < 160	18
>160 < 190	21
>190 < 220	24
>220 < 250	27

velocità Min=  m/s

velocità Media Vm=  m/s

velocità Max=  m/s

DATA \_\_\_\_\_

TECNICO \_\_\_\_\_

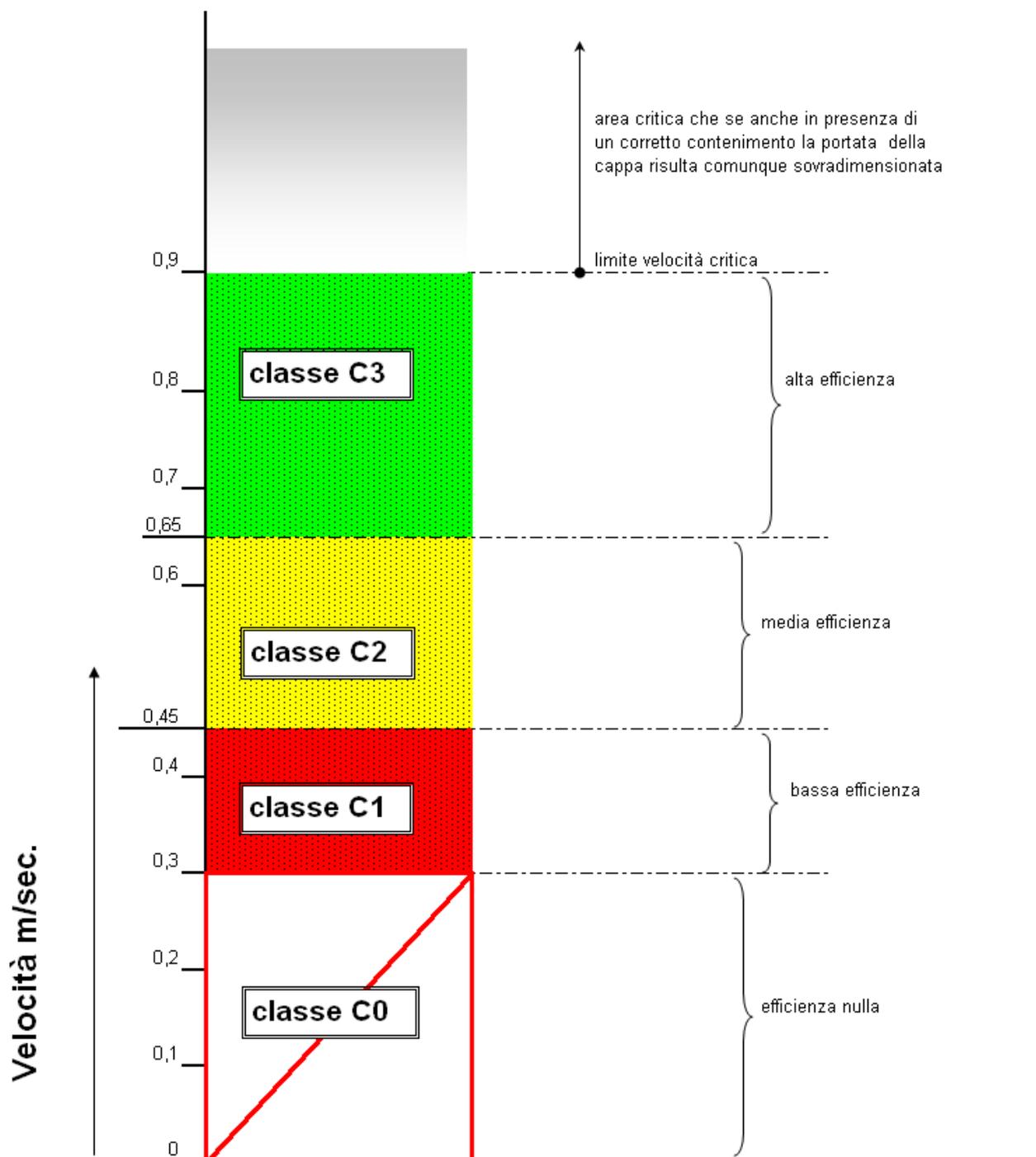
FIRMA \_\_\_\_\_

#### 4) DEFINIZIONE DELLE CLASSI OPERATIVE DELLE CAPPE CHIMICHE

Al termine delle operazioni di determinazione della  $V_m$ , verrà attribuita una classificazione in relazione alla robustezza della cappa, sulla base dei seguenti campi di velocità media frontale:

- Cappa in **classe C0**: velocità  $<0,30\text{m/s}$ ; Cappa avente una velocità frontale decisamente bassa, per cui non è possibile garantire una efficiente protezione e contenimento; Cappa da non utilizzare.
- Cappa in **classe C1**: velocità  $0,30 \leq V \leq 0,45\text{m/s}$ ; Cappa avente una velocità frontale bassa, alla quale deve essere associato un efficiente contenimento (Smoke test) e verificata la condizione operativa ideale (non essere influenzata da fattori esterni dovuti al passaggio di personale davanti alla cappa, all'apertura di porte e/o finestre, ecc.).
- Cappa in **classe C2**: velocità  $0,45 < V \leq 0,65\text{ m/s}$ ; Cappa avente una velocità frontale che può essere considerata sufficientemente "robusta" da poter garantire una buona funzionalità anche in condizioni operative non ottimali (es.: transitori dovuti al passaggio del personale davanti alla cappa, all'apertura di porte e/o finestre, ecc.).
- Cappa in **classe C3**: velocità  $0,65 < V \leq 0,90\text{ m/s}$ ; Cappa avente una velocità frontale che può garantire una ottima funzionalità anche in condizioni operative non ottimali (es.: transitori dovuti al passaggio del personale davanti alla cappa, all'apertura di porte e/o finestre, ecc.).
- Cappa con velocità  $V \geq 0,90\text{ m/s}$ .; Cappa avente una velocità frontale talmente alta che, a causa delle turbolenze generate, potrebbe non garantire una corretta funzionalità; cappa estremamente critica poiché anche le eventuali ottime caratteristiche in termini di contenimento potrebbero essere vanificate dalle turbolenze generate dall'eccessive velocità dei flussi in gioco.

Le classi operative di efficienza con frontale posto a 40 cm. di altezza è la seguente. :



Di seguito vengono riportati in forma tabellare i “range” di portata che sulla base della velocità media calcolata , delle classi operative e della grandezza costruttiva delle cappe occorre riscontrare nella misurazione di confronto eseguita per la verifica della portata stessa.

**Range delle portate orarie per classe operativa**

altezza saliscendi cm.	larghezza cappa cm.	area della bocca di aspirazione in m <sup>2</sup>	Classe C1		Classe C2		Classe C3	
			Vm. min. 0,3	Vm. max. 0,45	Vm. min. 0,45	Vm. max. 0,65	Vm. min. 0,65	Vm. max. 0,9
			m <sup>3</sup> /h					
40	70	0,28	302	454	454	655	655	907
40	75	0,30	324	486	486	702	702	972
40	80	0,32	346	518	518	749	749	1037
40	85	0,34	367	551	551	796	796	1102
40	90	0,36	389	583	583	842	842	1166
40	95	0,38	410	616	616	889	889	1231
40	100	0,40	432	648	648	936	936	1296
40	105	0,42	454	680	680	983	983	1361
40	110	0,44	475	713	713	1030	1030	1426
40	115	0,46	497	745	745	1076	1076	1490
40	120	0,48	518	778	778	1123	1123	1555
40	125	0,50	540	810	810	1170	1170	1620
40	130	0,52	562	842	842	1217	1217	1685
40	135	0,54	583	875	875	1264	1264	1750
40	140	0,56	605	907	907	1310	1310	1814
40	145	0,58	626	940	940	1357	1357	1879
40	150	0,60	648	972	972	1404	1404	1944
40	155	0,62	670	1004	1004	1451	1451	2009
40	160	0,64	691	1037	1037	1498	1498	2074
40	165	0,66	713	1069	1069	1544	1544	2138
40	170	0,68	734	1102	1102	1591	1591	2203
40	175	0,70	756	1134	1134	1638	1638	2268
40	180	0,72	778	1166	1166	1685	1685	2333
40	185	0,74	799	1199	1199	1732	1732	2398
40	190	0,76	821	1231	1231	1778	1778	2462
40	195	0,78	842	1264	1264	1825	1825	2527
40	200	0,80	864	1296	1296	1872	1872	2592
40	205	0,82	886	1328	1328	1919	1919	2657
40	210	0,84	907	1361	1361	1966	1966	2722
40	215	0,86	929	1393	1393	2012	2012	2786
40	220	0,88	950	1426	1426	2059	2059	2851
40	225	0,90	972	1458	1458	2106	2106	2916
40	230	0,92	994	1490	1490	2153	2153	2981
40	235	0,94	1015	1523	1523	2200	2200	3046
40	240	0,96	1037	1555	1555	2246	2246	3110
40	245	0,98	1058	1588	1588	2293	2293	3175
40	250	1,00	1080	1620	1620	2340	2340	3240

## 5) MISURAZIONE DEL LIVELLO SONORO EMESSO IN AMBIENTE

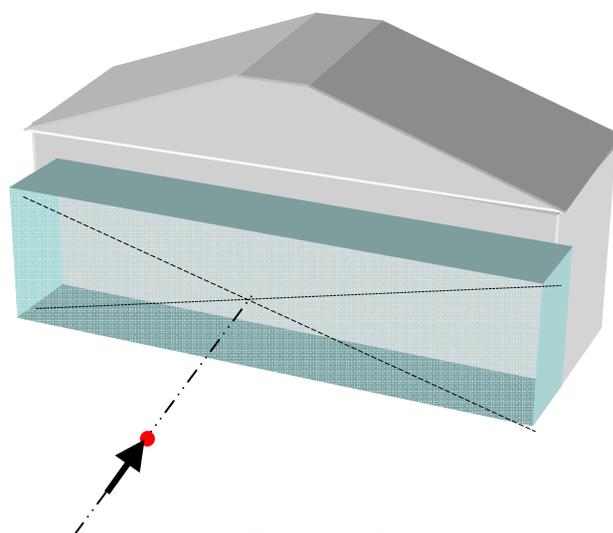
### 5.1) *Misurazione del livello sonoro prodotto dalla cappa*

La misurazione della velocità dovrà essere effettuata posizionando lo strumento al centro della cappa secondo lo schema sotto indicato ad una distanza dal saliscendi di 1 metro, all'esterno della cappa stessa.

Il saliscendi dovrà essere posizionato sempre a 40 cm di altezza.

Dovrà essere rilevata la caratterizzazione dello spettro con riconoscimento delle componenti tonali.

Durante la prova dovrà essere spenta qualsiasi altra fonte sonora.



Punto di misurazione a 1 metro.

### 5.2) *Misurazione del livello sonoro prodotto dall'impianto di aspirazione.*

Si prevede il monitoraggio della rumorosità prodotta dall'impianto di aspirazione, principalmente mediante un'indagine di tipo qualitativo, da effettuarsi preliminarmente con il personale ARPA utilizzatore della cappa o nel caso che si rilevassero velocità di aspirazione ( $V_m$ ) superiori al metro al secondo. L'elevata velocità di aspirazione sul fronte cappa è quasi sempre indice di impianto sovradimensionato o starato, che determina rumorosità nelle tubazioni, nel ventilatore di aspirazione e nel condotto finale di espulsione. L'elevata velocità innesca dei fenomeni di vibrazione acustica o meccanica (ma a volte tali inconvenienti si rilevano anche a velocità più basse) conseguenti anche a esecuzioni impiantistiche non eseguite a regola d'arte.

Tale esame qualitativo dovrà individuare situazioni anomale ove i fenomeni rumorosi/vibratori siano rilevanti. Il giudizio potrà essere integrato da una rilevazione puntuale delle rumorosità le cui modalità saranno da decidere di volta in volta.

## 6) INDIVIDUAZIONE LAY-OUT IMPIANTO E CALCOLO DELLA PORTATA

### 6.1) *Individuazione del lay-out impianto*

Come già emerso nei precedenti capitoli, il modulo cappa è solo una delle unità che compongono un impianto di aspirazione, più o meno complesso, posto a valle della cappa stessa.

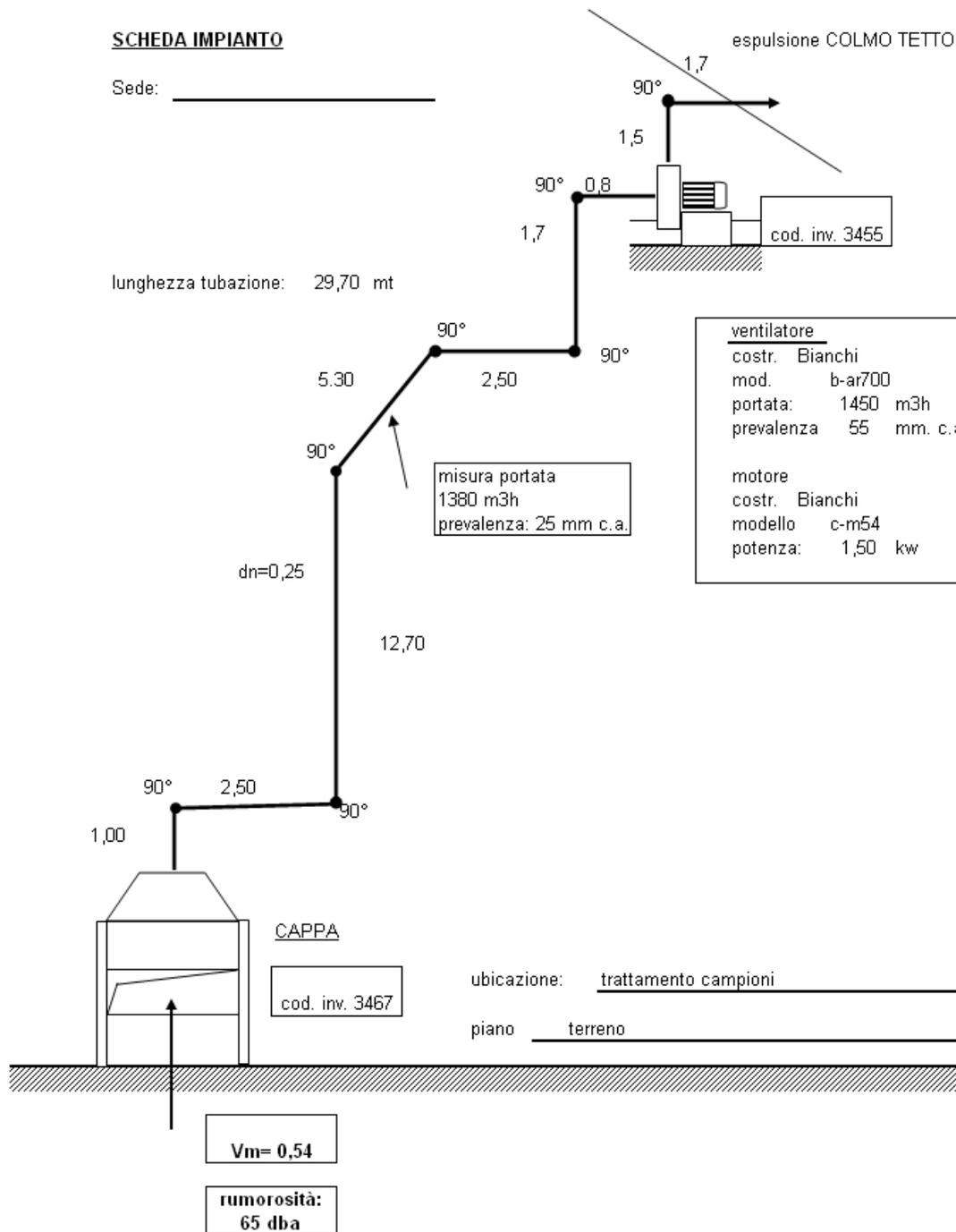
Pertanto è importante conoscere il lay-out dell'impianto di aspirazione e le sue caratteristiche operative, per consentire un corretto approccio sia sugli interventi manutentivi, per quanto riguarda le verifiche di portata, sia per una verifica puntuale dell'efficienza dell'intero impianto di aspirazione e per ogni possibile intervento di modifica dell'impianto stesso.

Risulta pertanto opportuna la realizzazione di schemi prospettici e riassuntivi delle caratteristiche dell'impianto al fine della corretta individuazione delle componenti.

**SCHEDA IMPIANTO**

Sede: \_\_\_\_\_

lunghezza tubazione: 29,70 mt

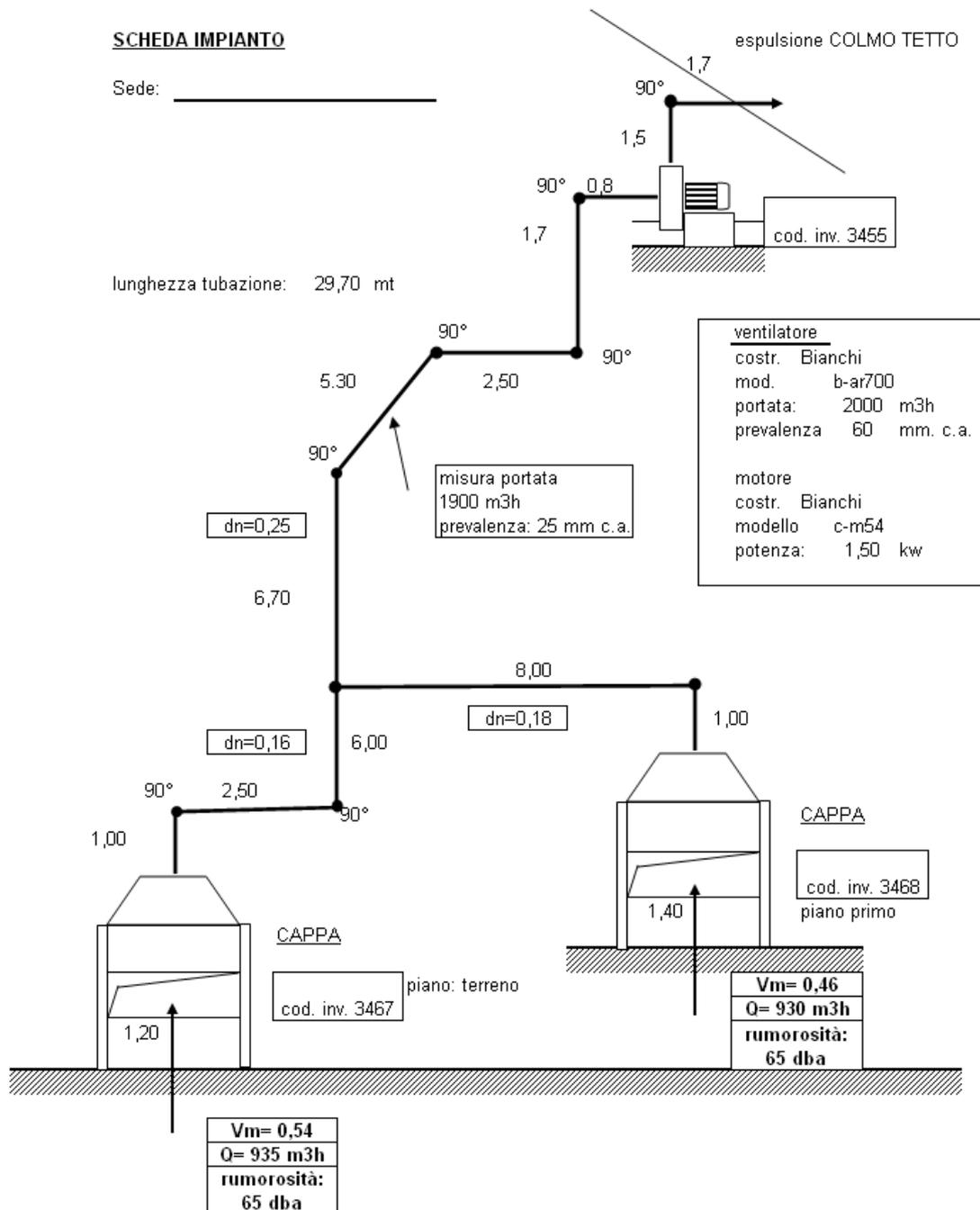


**Esempio di impianto mono cappa**

**SCHEDA IMPIANTO**

Sede: \_\_\_\_\_

lunghezza tubazione: 29,70 mt



**Esempio di Impianto multicappa**

## 6.2) Calcolo della portata dell'impianto e velocità delle tubazioni

La velocità frontale d'ingresso  $v$  è un valore caratteristico della cappa e dipende dalla sua area d'apertura frontale e dalla portata dell'elettroventilatore applicato. Tale valore è determinante per il suo funzionamento e per la sua idoneità nei confronti delle sostanze che vengono manipolate nel suo interno, in quanto il volume d'aria aspirato nell'unità di tempo è proporzionale all'area dell'apertura frontale e alla velocità di aspirazione o portata dell'elettroventilatore.

Per il calcolo della portata oraria, vale la relazione:

$$Q = S * V_m * 3600$$

dove:

$Q$  = quantità d'aria introdotta nella cappa, in  $m^3/h$ .

$S$  = Sezione d'ingresso dell'aria nella cappa, in  $m^2$

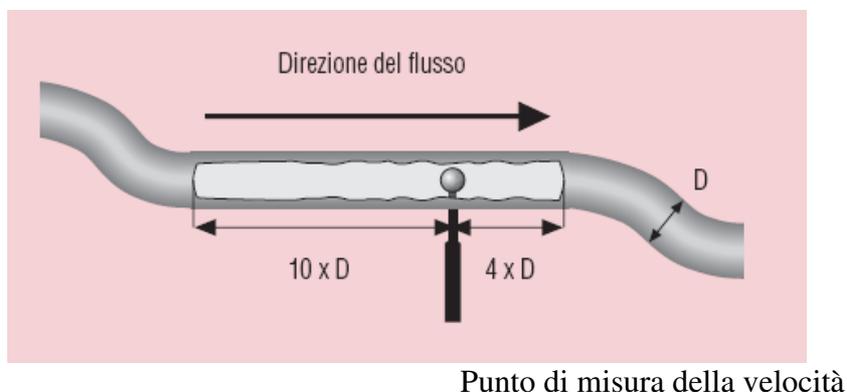
$V_m$  = velocità media d'ingresso dell'aria nella cappa in  $m/sec$ .

Come metodo di riscontro puntuale della portata  $Q$ , calcolata sulla base della  $V_m$ , si può effettuare una seconda lettura della portata di una cappa, misurando la portata direttamente sulla tubazione di aspirazione (o di espulsione).

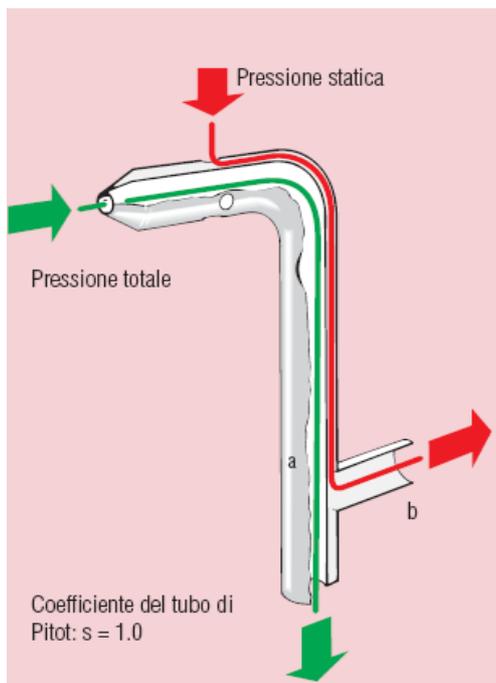
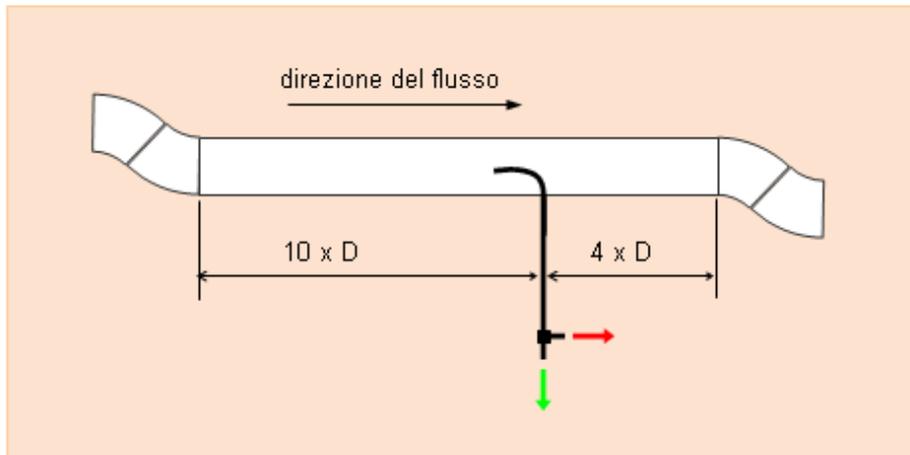
Il calcolo della portata dovrà essere effettuato mediante apparecchiatura di misura della velocità (tubo di Pitot o anemometro) adottando il seguente metodo di prelievo e calcolo:

- la misurazione, per consentire che il flusso transitante sia laminare e non presenti turbolenze, dovrà essere effettuata su un tratto di tubazione (possibilmente in prossimità del ventilatore) la cui lunghezza rettilinea (senza presenza di curve o deviazioni) dovrà essere pari a 14 diametri della tubazione su cui si effettua il prelievo. Il punto di prelievo, dovrà avere un tratto rettilineo a monte pari a 10 diametri e a valle pari a quattro diametri.

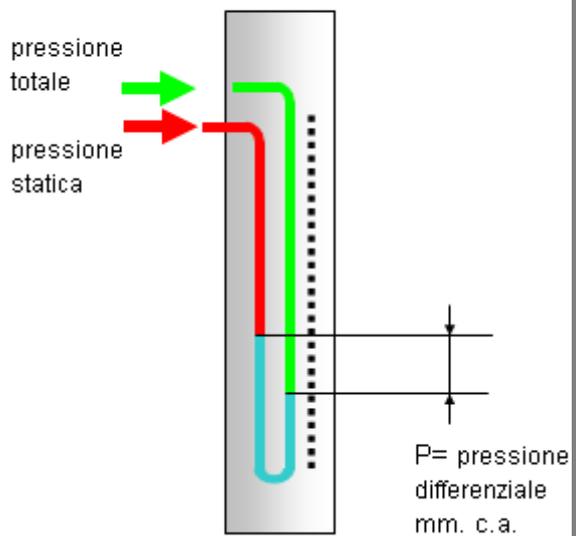
Misurazione della portata con anemometro.



Misurazione della portata con tubo di Pitot.



Manometro differenziale



Partendo dalla relazione  $p_d = \rho \cdot v^2 / 2g$

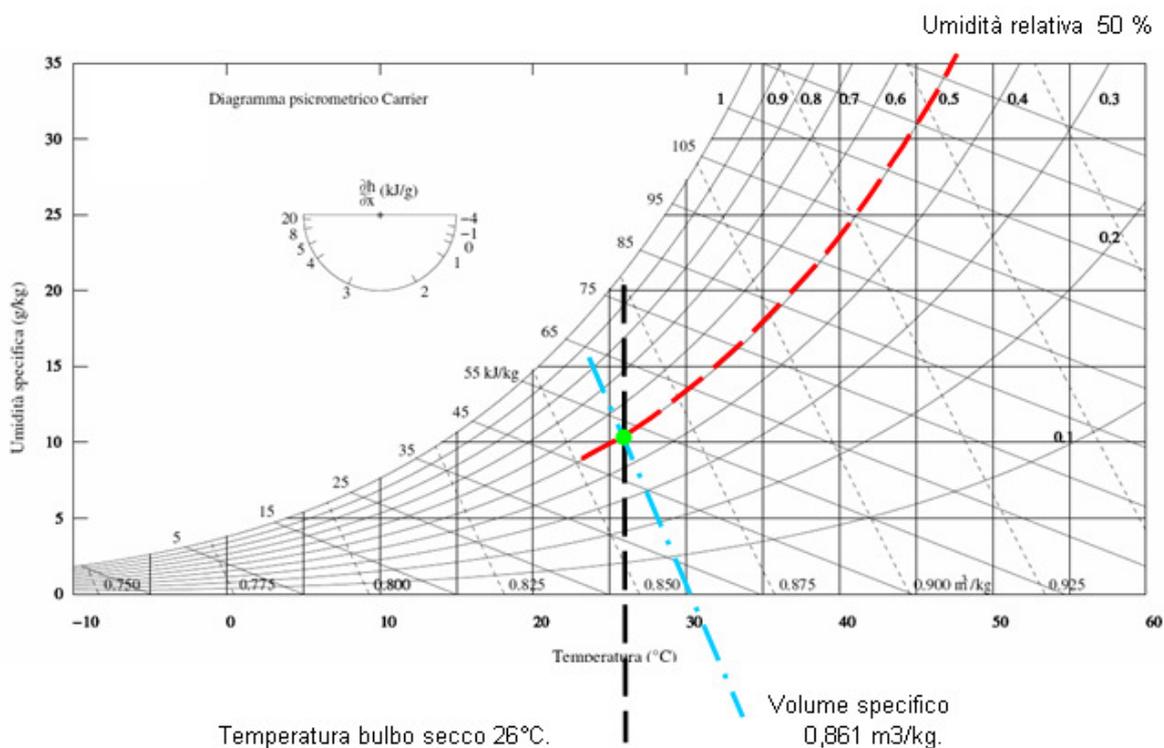
Calcolo della velocità con il tubo di Pitot:

$$V = S * \sqrt{\frac{2 * \Delta p}{\rho}}$$

Dove :  
 V = velocità in m/s.  
 S = coefficiente tubo di Pitot = 1  
 $\rho$  = densità dell'aria in kg/m<sup>3</sup>  
 $\Delta p$  = pressione differenziale misurata nel tubo (delta tra pressione totale e statica) in mm. H<sub>2</sub>O

$$\rho = \frac{1(kg)}{V.spec.(m^3)}$$

V. spec. = rapporto tra la temperatura del bulbo secco e l'umidità relativa ricavabile dal diagramma psicrometrico



Esempio di calcolo: dalla misura della portata effettuata su una tubazione del diametro di 200mm, si è ottenuto sul manometro differenziale un  $\Delta p$  di 13 mm di H<sub>2</sub>O. Avendo come riferimento una temperatura locale di 20° C. (sul bulbo secco di un termometro) e una umidità relativa del 50%, il volume specifico risulta essere 0,861 m<sup>3</sup>/kg

la velocità V risulta essere: 
$$V = 1 * \sqrt{\frac{2 * 13}{1}} = 4,73 \text{ m/s.}$$

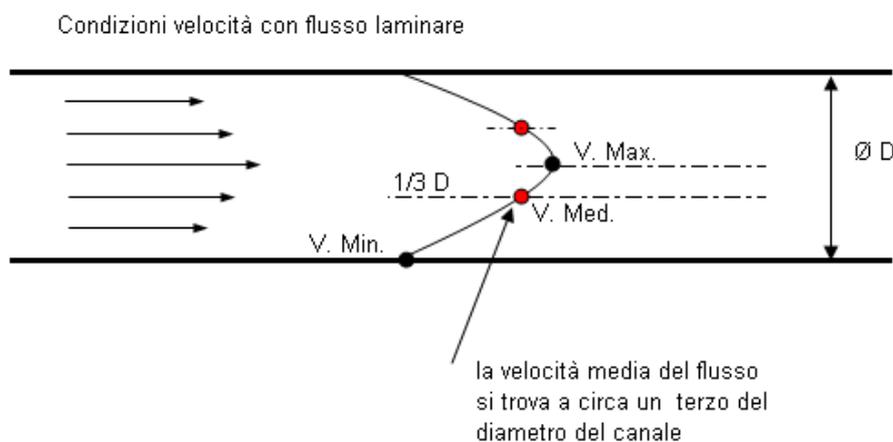
La portata nella tubazione da 200 mm. sarà:

$$Q = S * V * 3600$$

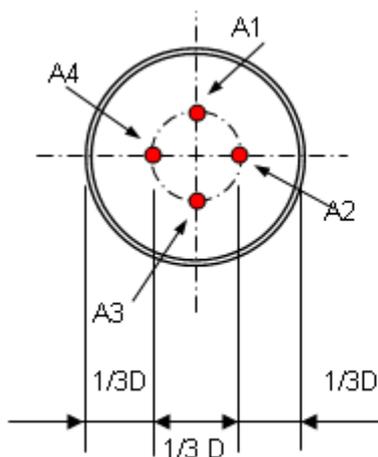
Dove S= sezione = 0,0314 m<sup>2</sup>  
V= velocità= 4,74 m/s.

$$Q = 0,0314 * 4,73 * 3600 = 534,7 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Come precedentemente anticipato, per una corretta misurazione del flusso (diretta della velocità o del  $\Delta p$ ) occorre sempre porsi nella condizione in cui il flusso risulti laminare (dopo un tratto rettilineo pari a 10 volte il diametro della tubazione). Da esperienze maturate in campo aeraulico, in tale condizione, si è riscontrato che nella tubazione è presente un flusso che ha il suo massimo al centro e tendente a velocità prossima allo zero verso le pareti, con un'andamento esprimibile con una parabola, che trova in un cerchio ideale pari ad 1/3 del diametro interno ( $\emptyset D$ ), il punto in cui è rilevabile con ottima approssimazione la V(media) del flusso.



Per effettuare una rilevazione, che consenta una bassa incertezza di errore, si dovranno effettuare una serie di misurazioni puntuali secondo la griglia di quattro punti, individuabile nella seguente figura.



Per ridurre gli errori di rilevazione della  $V_m$ , eseguire quattro singole letture lungo gli assi della tubazione

$$A_{media} = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}{4}$$

In funzione dello strumento utilizzato la  $A_{media}$  sarà:

- Con anemometro: la media di singole rilevazioni di velocità puntuali (che risultano comunque come media di velocità rilevate in un campionamento di 30 secondi)
- Con tubo di Pitot : la media di singole misurazioni di  $\Delta p$ .

Questa metodologia risulta essere un sistema semplificato (comunque adottato nell'uso corrente da tecnici) che presenta un margine di errore decisamente contenuto e applicabile ragionevolmente alle caratteristiche degli impianti di aspirazione al servizio delle cappe.

Nel caso si manifestasse la necessità di un maggiore approccio metodologico nelle misurazioni, fare riferimento alla normativa UNI EN 12599 -2001, in cui vengono individuate le procedure per la definizione della griglia di misura e per il calcolo della portata.