

La massa d'aria (Q) in una condotta, mossa da un ventilatore, può essere misurata e si conoscono la Densità (ρ), la Velocità (V), l'Area (S) della sezione del canale e il contenuto di Umidità e di altri gas

A rigore la Densità deve essere calcolata in funzione della Pressione (P) e della Temperatura (T), ma in applicazioni come la ventilazione o l'estrazione, si può considerare sufficiente l'approssimazione di 1,225 Kg/m³ che è il valore di Densità misurato 15 °C alla Pressione di 101.325 Pa.

La Portata volumetrica Q, spesso viene misurata in m³/h con la formula:

Formula 1Q

$$Q [m^3/h] = V [m/s] \times S [m^2] \times 3.600$$

Sotto l'ipotesi di densità costante, e supponendo nota l'eventuale presenza di altri gas o vapori, la portata dipende solo dalla Velocità dell'aria.

Uno dei sistemi per rilevare la Velocità si basa sulla misura della Pressione dinamica (Pd) per mezzo di Manometri.

La Velocità viene poi calcolata con la formula:

Formula 2V

$$V [m/s] = k \sqrt{Pd [Pa]}$$

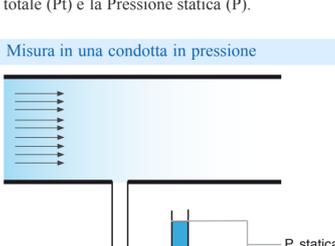
Legenda

Dove k è un coefficiente adimensionale

La Pressione dinamica si misura per differenza fra la Pressione totale (Pt) e la Pressione statica (P).

Figura_1

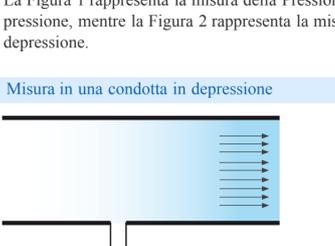
Misura in una condotta in pressione



La Figura 1 rappresenta la misura della Pressione statica in un condotto in pressione, mentre la Figura 2 rappresenta la misura in un condotto in depressione.

Figura_2

Misura in una condotta in depressione



Se la condotta è in aspirazione la Pressione statica assume un valore inferiore a quello della Pressione ambiente.

I valori assoluti delle pressioni, in mandata o in aspirazione, assumono valori diversi che dipendono dalle caratteristiche del ventilatore e del circuito.

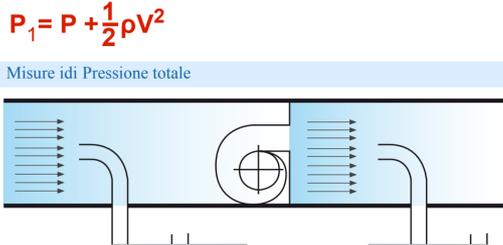
La Pressione totale è definita come:

Formula Pt

$$P_1 = P + \frac{1}{2} \rho V^2$$

Figura_3

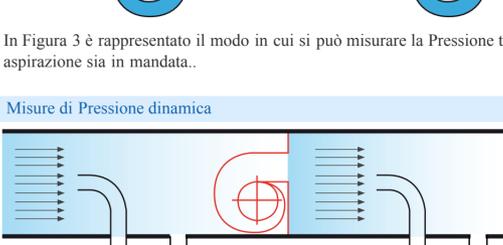
Misure di Pressione totale



In Figura 3 è rappresentato il modo in cui si può misurare la Pressione totale sia in aspirazione sia in mandata..

Figura_4

Misure di Pressione dinamica



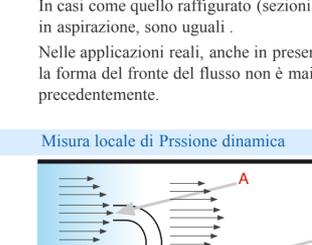
In Figura 4 è schematizzata la misura della sola Pressione dinamica, mediante "sottrazione" della statica dalla totale.

In casi come quello raffigurato (sezioni uguali) i valori di dinamica, in mandata e in aspirazione, sono uguali.

Nelle applicazioni reali, anche in presenza di flusso regolare e di basse Velocità, la forma del fronte del flusso non è mai uniforme come nei casi rappresentati precedentemente.

Figura_5

Misura locale di Pressione dinamica



La Pressione dinamica così misurata, si riferisce al punto centrale della condotta ed è utile solo a ricavare il valore di Velocità locale che è poco indicativo ai fini del calcolo della Portata.

In più, a rigore, nel caso in cui non fossero rispettate le condizioni di validità del teorema di Bernoulli per un fluido viscoso in regime incomprimibile (irrotazionalità e solenoidalità), non sarebbe corretto misurare statica e totale in punti diversi.

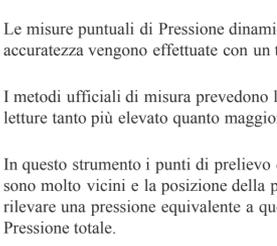
Le misure puntuali di Pressione dinamica che richiedono un buon grado di accuratezza vengono effettuate con un tubo di Pitot.

I metodi ufficiali di misura prevedono l'uso del tubo di Pitot e di un numero di letture tanto più elevato quanto maggiori sono le variazioni di velocità nel canale.

In questo strumento i punti di prelievo della Pressione statica e di quella totale sono molto vicini e la posizione della presa di Pressione statica è studiata per rilevare una pressione equivalente a quella presente nel punto di misura della Pressione totale.

Figura_6

Misura con tubo di Pitot



È facile che nella realtà ci si trovi di fronte a profili di velocità irregolari e variabili.

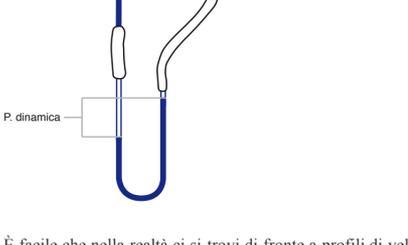
In questi casi il sistema di calcolo della Portata attraverso la Pressione dinamica richiede un gran numero di misure.

Esistono sonde concepite sul modello del tubo di Pitot con la caratteristica di essere poco sensibili all'angolo d'incidenza della corrente rispetto alla presa di Pressione totale.

È consigliabile usare questo tipo di strumento ogni volta che la direzione locale della vena sia conosciuta con una scarsa approssimazione.

Figura_7

Rappresentazione schematica del tubo di Pitot



Il tubo di Pitot è costituito da due tubi coassiali non in comunicazione fra loro.

Il tubo centrale, orientato verso la direzione del flusso d'aria, è sottoposto alla Pressione totale, mentre i fori radiali in comunicazione con il tubo esterno sono esposti alla Pressione statica.

I due tubi sono collegati per mezzo di raccordi di gomma alle prese di Pressione di un Manometro differenziale e con questo si rileva la differenza fra Pressione totale e Pressione statica

Le procedure di misura sono descritte in diverse Norme fra le quali il Metodo Unichim n° 422 (Manuale 122) e la Norma UNI 10162.

Nel caso di condotte a sezione circolare questi metodi prevedono che si misuri la Velocità in punti della sezione posti su corone circolari di aree equivalenti

Poiché i valori di velocità in punti diversi vengono registrati in momenti diversi si assume che le velocità medie locali durante il processo di misura siano costanti, ma non sempre questa condizione è rispettata.

Un ulteriore limite di un simile metodo consiste nel fatto che non si presta a rilievi in continuo, ma solo a misure saltuarie.

Altri sistemi, sebbene siano meno precisi, consentono misure in continuo.

Per questo scopo ad esempio si possono utilizzare dei tubi di Pitot multipunto.

Questi strumenti si presentano come delle aste che sono inserite nel canale di cui si deve misurare la portata.

Queste aste riportano una serie di prese di Pressione statica e totale opportuna e distribuite.

Un Manometro differenziale è deputato a leggere la differenza tra la Pressione alle prese di totale e quella alle prese di statica.

Il valore letto dal Manometro dipende solo dalla distribuzione di pressioni all'interno del canale.

La dipendenza dalla Velocità della Pressione differenziale così misurata non è lineare e quindi la misura di Pressione media non è semplice risalire alla Velocità media e alla Portata.

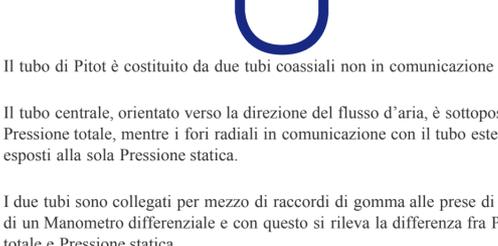
Una sonda di questo genere necessita di una taratura in loco che risulta valida per un intervallo ristretto di portate, per contro questi strumenti sono molto efficaci nello stabilire un valore di riferimento per sistemi di controllo in anello chiuso tramite la regolazione del numero di giri del ventilatore.

Un altro vantaggio di questo tipo di sonde consiste nella facilità d'installazione che richiede solo un foro nella condotta e non prevede variazioni di geometria delle tubazioni.

Come per il tubo di Pitot le condizioni di applicazione di questo strumento sono tanto più favorevoli quanto più è uniforme la distribuzione di velocità nel canale, per questo motivo è opportuno collocare la sonda lontano da variazioni di geometria della condotta sia a monte sia a valle della sezione di misura.

Figura_8

Schema della sonda Kflow in posizione



Con il tubo di Pitot i punti di prelievo della Pressione totale e di quella statica sono abbastanza vicini da permettere misure accurate e stabili.

In caso di flusso perturbato si devono effettuare più letture sulla circonferenza media di corone circolari di uguale area.

Il tubo di Pitot viene normalmente usato per controlli periodici ed è poco adatto alla misurazione in continuo.

Per questo scopo si utilizzano normalmente le flange tarate, costituite da un semplice anello oppure da dispositivi come quello rappresentato in Figura 9.

Questo Misuratore di Portata crea un restringimento della sezione provocando una differenza di Pressione che può essere misurata con un Manometro.

La differenza di Pressione è legata alla Portata dalla relazione:

Formula 3Q

$$Q = k \cdot \sqrt{\delta P}$$

Legenda

dove k è un coefficiente ricavato sperimentalmente.

Figura_9

Rappresentazione di una Flangia tarata

